

BURKINA FASO

UNITE-PROGRES-JUSTICE

**MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ET
SUPERIEUR**

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



MEMOIRE

Présenté par

OUEDRAOGO Jean

Pour l'obtention du :

**Diplôme d'Etudes Approfondies en Gestion Intégrée des
Ressources Naturelles**

Option : Système de production végétale

Spécialité : Sciences du sol

Thème :

**Etude de l'impact de la macrofaune et des modes de
gestion de la fertilité du sol sur quelques caractéristiques
chimiques et microbiennes d'un sol ferrugineux tropical
lessivé sous climat semi-aride au Burkina Faso.**

Soutenu le 19 mars 2011, devant le jury composé de :

Président du jury

Pr N. Antoine SOME, Maître de Conférence/UPB

Membres du jury

Pr. Hassan Bismarck NACRO, Maître de Conférence/UPB

Dr Karim TRAORE, INERA

Dr Elisée OUEDRAOGO, CEAS-BF

TABLE DES MATIÈRES

<i>Dédicace</i>	i
<i>Remerciements</i>	ii
<i>Liste des tableaux</i>	iii
<i>Liste des figures</i>	v
<i>Sigles et abréviations</i>	vi
<i>Résumé</i>	vii
<i>Abstract</i>	viii
Introduction	1
Chapitre I : Généralités sur la gestion de la fertilité et la biologie des sols	3
I. Problématique de la gestion de la fertilité des sols.....	3
1.1. Définition du concept de fertilité des sols.....	3
1.2. Problématique de la gestion de la fertilité des sols.....	3
1.3. Modes de gestion de la fertilité des sols.....	4
1.3.1. Mesures de conservation des eaux et des sols.....	4
1.3.2. Engrais minéraux.....	5
1.3.3. Amendements organiques.....	5
II. Biologie des sols.....	6
II.1. Définition et rôles essentiels de la faune des sols.....	6
II.1.1. Définition.....	6
II.1.2. Rôles de la macrofaune du sol dans la décomposition de la matière organique et le recyclage des nutriments.....	7
II.1.2.1. <i>Décomposition de la matière organique</i>	7
II.1.2.2. <i>Recyclage des nutriments</i>	8
II.2. Respiration du sol.....	9
II.2.1. Définition de la respiration du sol.....	9
II.2.2. Facteurs influençant la respiration du sol.....	9
II.2.2.1. <i>Impact de la température et de l'humidité sur la respiration du sol</i>	9
II.2.2.2. <i>Effet de la matière organique sur la respiration du sol</i>	10
II.2.2.3. <i>Influence des éléments nutritifs et du pH sur la respiration du sol</i>	11
II.2.2.4. <i>Impact de la macrofaune sur la respiration du sol</i>	12
II.3. Impact des pratiques agricoles sur la faune du sol.....	12
<i>Conclusion</i>	13
Chapitre II : Méthodologie	14
I. Généralités sur la zone d'étude.....	14
1.1. Situation géographique.....	14
1.2. Climat de la zone.....	15

I.3. Géologie des sols.....	16
I.4. Hydrographie.....	16
I.5. Végétation	17
I.6. Population	17
I.7. Principales activités.....	17
II. Matériel et méthodes.....	18
II.1. Matériel	18
II.1.1. Matériel végétal	18
II.1.2. Fertilisants.....	18
II.1.3. Pesticides	19
II.1.4. Caractéristiques du sol du site expérimental.....	19
II.2. Méthodes d'étude.....	20
II.2.1. Dispositif expérimental.....	20
II.2.2. Conduite de l'expérimentation.....	22
II.2.2.1. Préparation du sol	22
II.2.2.2. Semis et démarrage.....	23
II.2.2.3. Traitements pesticides.....	23
II.2.2.4. Entretien de la culture	23
II.2.3. Estimation de la population de la macrofaune du sol	23
II.2.4. Méthodes d'échantillonnage du sol et des substrats utilisés dans la fertilisation	24
II.2.4.1. Prélèvement d'échantillons de compost et des tiges.....	24
II.2.4.2. Echantillonnage du sol	24
II.2.5. Analyses chimiques	24
II.2.6. Évaluation de l'activité biologique globale du sol.....	25
II.2.7. Détermination de la biomasse microbienne.....	26
II.2.8. Quotient métabolique (qCO ₂) ou respiration spécifique.....	26
II.2.9. Taux de Minéralisation Global (TMG).....	27
II.3. Analyses statistiques	27
Chapitre III : Résultats et discussion.....	28
I. Effets des modes de gestion de la fertilité sur la macrofaune du sol.....	28
I.1. Résultats	28
I.1.1. Impact des traitements pesticides sur la macrofaune du sol.....	28
I.1.2. Impact des modes de gestion de la fertilité sur la diversité et la densité de la macrofaune du sol.....	29
I.1.3. Composition taxonomique de la macrofaune du sol.....	31
I.1.4. Indice de diversité et d'équitabilité de la macrofaune du sol.....	31
I.1.5. Principales classes trophiques	32

I.2. Discussion	33
I.2.1. Impact des modes de gestion de la fertilité sur l'abondance numérique de la macrofaune	34
I.2.2. Impact des modes de gestion de la fertilité sur la Diversité spécifique	35
I.2.3. Impact des modes de gestion de la fertilité sur les principales classes trophiques	35
II. Effet des modes de gestion de la fertilité et de la macrofaune sur les caractéristiques chimiques du sol.....	36
II.1. Résultats.....	36
II.1.1. Carbone total du sol.....	36
II.1.1.1. Effet des modes de gestion de la fertilité sur le carbone total du sol.....	36
II.1.1.2. Effet de la macrofaune sur le carbone total du sol.....	37
II.1.2. Azote total du sol.....	38
II.1.2.1. Effet des modes de gestion de la fertilité sur l'azote total du sol.....	38
II.1.2.2. Effet de la macrofaune sur l'azote total du sol.....	40
II.1.3. Phosphore total du sol.....	41
II.1.3.1. Effet des modes de gestion de la fertilité sur le phosphore total du sol.....	41
II.1.3.2. Effet de la macrofaune sur le phosphore total du sol.....	42
II.1.4. pH_{Ca} du sol.....	44
II.1.4.1. Effet des modes de gestion de la fertilité sur le pH_{Ca} du sol.....	44
II.1.4.2. Effet de la macrofaune sur le pH_{Ca} du sol.....	45
II.1.5. pH_{KCl} du sol.....	46
II.1.5.1. Effet des modes de gestion de la fertilité sur le pH_{KCl} du sol.....	46
II.1.5.2. Effet de la macrofaune sur le pH_{KCl} du sol.....	46
II.2. Discussion.....	47
III. Impact des modes de gestion de la fertilité et de la macrofaune du sol sur l'activité respiratoire et la biomasse microbienne du sol.....	49
III.1. Résultats.....	49
III.1.1. Dégagement de C-CO ₂ en fonction du temps.....	49
III.1.2. Dégagement cumulé de C-CO ₂	51
III.1.2.1. Effet des modes de gestion de la fertilité sur l'activité microbienne.....	51
III.1.2.2. Effet de la macrofaune sur l'activité respiratoire du sol.....	52
III.1.3. Taux de minéralisation global.....	54
III.1.4. Biomasse microbienne du sol.....	55
III.1.4.1. Effet des modes de gestion de la fertilité sur la Biomasse microbienne du sol.....	55
III.1.4.2. Effet de la macrofaune sur la biomasse microbienne du sol.....	56
III.1.5. Quotient métabolique ou respiration spécifique.....	57
III.2. Discussion.....	58
III.2.1. Impact des modes de gestion de la fertilité sur l'activité microbienne.....	58
III.2.2. Impact de la macrofaune du sol sur l'activité microbienne.....	58

III.2.3. Impact des modes de gestion de la fertilité sur la biomasse microbienne et le quotient métabolique	59
III.2.4. Impact de la macrofaune du sol sur le quotient métabolique	60
Conclusion générale et perspectives.....	61
Bibliographie.....	63
ANNEXES.....	74

DEDICACE

↓ A mes parents

OUEDRAOGO Tiraogo et OUEDRAOGO Sibdou,

qui ne se lassent pas de me soutenir et de m'encourager

↓ A mes *sœurs et frères*

pour leur amour fraternel

↓ A Sandrine Aminata OUEDRAOGO

↓ A toute la famille OUEDRAOGO

Je dédie ce mémoire

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce à diverses contributions émanant de plusieurs personnes. Il nous est agréable de leur témoigner notre reconnaissance. Nos remerciements vont :

A **Monsieur Michaël YANOGO**, coordonnateur du CEAS-BF, qui nous a accepté comme stagiaire au sein de son institution ;

Au **Dr Elisée OUEDRAOGO**, notre maître de stage qui, malgré ses multiples occupations, s'est investi pour la réalisation de ce travail.

Au **Pr. Hassan Bismarck NACRO**, Directeur de l'IDR et responsable du laboratoire d'études et de recherche sur la fertilité des sols (LERF), notre directeur de mémoire, pour son suivi constant et l'intérêt qu'il a porté à notre étude ;

A **Monsieur Noé A. GOUBA**, pour ses conseils pratiques et ses multiples apports dans la collecte des données ;

Au **Dr Moussa OUEDRAOGO**, chercheur au CNRST, pour nous avoir accepté dans son laboratoire pour l'identification de la macrofaune du sol ;

Au **Dr Mamadou TRAORE** pour ses suggestions pour l'amélioration du document ;

A **Dr Salawu ASIMI** et son technicien **ILBOUDO Alassane** pour nous avoir permis de mener des travaux d'analyse de sol au sein du laboratoire microbiologie forestière ;

A tout le **personnel du CEAS** pour leurs soutiens multiformes ;

A toute **ma famille**, pour les encouragements pendant notre stage ;

A mon **cousin monsieur Pierre OUEDRAOGO et sa famille** pour l'accueil fraternel et chaleureux qu'ils nous ont réservé à Bobo Dioulasso ;

A la famille **Léonard OUEDRAOGO** pour leur hospitalité ;

A l'ingénieur **Abdoul Kader YARO**, à **M. Mathieu SIMPORE** et à **M. Nicolas OUEDRAOGO** pour leurs suggestions pour le perfectionnement du document ;

A tous les camarades de la promotion en particulier **ZIDA W. Arnaud, KABORE K. Hilaire, YAMEOGO P. Louis, SANON Sogo Bassirou, SAMA Karim, BLAGNA Seydou, SODRE Etienne, POUYA B. Mathias et OUEDRAOGO Manéré Paul** ;

A tous les travailleurs du jardin agro-écologique, en particulier **Monsieur Etienne OUEDRAOGO** pour son appui pendant la collecte des données.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Caractéristiques chimiques des tiges et du compost	19
Tableau II : Caractéristiques physico-chimiques du sol du site d'étude	20
Tableau III : Densité total (0-30 cm) de la macrofaune du sol dans les parcelles traitées et non traitées (individus / m ²).....	28
Tableau IV: ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur la densité de la macrofaune du sol au seuil de 5%.....	28
Tableau V : Diversité et abondance de la macrofaune du sol dans les parcelles non traitées (individus / m ²).....	30
Tableau VI : Indice de diversité et d'équitabilité de la macrofaune du sol dans les parcelles non traitées.....	31
Tableau VII : Principales classes trophiques de la macrofaune du sol dans les parcelles non traitées.....	33
Tableau VIII : Répartition des principales classes trophiques de la macrofaune du sol en fonction de la nature de leur action	33
Tableau IX: ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur le carbone total du sol au seuil de 5%	37
Tableau X : ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur l'azote total du sol au seuil de 5%.....	40
Tableau XI : Phosphore total du sol dans les parcelles avec et sans macrofaune du sol (ppm)	43
Tableau XII: ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur le phosphore total du sol au seuil de 5%	43
Tableau XIII: ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur le pH _{Ca} au seuil de 5%.....	45
Tableau XIV : pH _{KCl} dans les parcelles avec et sans macrofaune du sol	46
Tableau XV: ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur le pH _{KCl} au seuil de 5%.....	47
Tableau XVI : Dégagement de C-CO ₂ en fonction du temps d'incubation dans les parcelles avec et sans macrofaune (mg / 100 g de sol).....	50
Tableau XVII : ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur le dégagement de C-CO ₂ en fonction du temps d'incubation dans les parcelles avec et sans macrofaune (mg / 100 g de sol)	50
Tableau XVIII : Comparaison du C-CO ₂ total dégagé entre les parcelles avec et sans macrofaune (mg / 100 g de sol).....	52

Tableau XIX: ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur la respiration total du sol au seuil de 5%	53
Tableau XX : Taux de minéralisation global dans les parcelles avec et sans macrofaune du sol	54
Tableau XXI: ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur la biomasse microbienne du sol au seuil de 5%.....	57
Tableau XXII : Quotient métabolique dans les parcelles avec et sans macrofaune du sol (mg C-CO ₂ . g ⁻¹ C-Biomasse Microbienne. J ⁻¹).....	58

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la commune de Koubri	14
Figure 2 : Variabilité interannuelle de la pluviométrie des huit dernières années sur le site expérimental	15
Figure 3 : Hauteur d'eau enregistrée au cours de la campagne 2010 – 2011 sur le site expérimental	16
Figure 4 : Schéma du Dispositif expérimental	22
Figure 5 : Teneur en carbone total dans les parcelles sans macrofaune du sol	36
Figure 6 : Teneur en carbone total dans les parcelles avec macrofaune du sol	37
Figure 7 : Variation du taux de carbone total dans les parcelles avec et sans macrofaune du sol	38
Figure 8 : Teneur en azote total dans les parcelles sans macrofaune du sol	39
Figure 9 : Teneur en azote total dans les parcelles avec macrofaune du sol	39
Figure 10 : Corrélation entre la teneur en carbone et en azote du sol (A) : parcelles avec macrofaune ; (B) : parcelles sans macrofaune du sol	40
Figure 11 : Variation de la teneur en azote total dans les parcelles avec et sans macrofaune du sol	41
Figure 12 : Teneur en phosphore total dans les parcelles sans macrofaune du sol	42
Figure 13 : Teneur en phosphore total dans les parcelles avec macrofaune du sol	42
Figure 14 : pH_{eau} dans les parcelles sans macrofaune du sol	44
Figure 15 : pH_{eau} dans les parcelles avec macrofaune du sol	44
Figure 16 : Comparaison du pH_{eau} entre les parcelles avec et sans macrofaune du sol	45
Figure 17 : Évolution cumulée du C-CO ₂ dégagé dans les parcelles sans macrofaune du sol	51
Figure 18 : Évolution cumulée du C-CO ₂ dégagé dans les parcelles avec macrofaune du sol	52
Figure 19 : Corrélation entre la teneur en carbone et le C-CO ₂ dégagé (A) : parcelles avec macrofaune ; (B) : parcelles sans macrofaune du sol	54
Figure 20 : Biomasse microbienne dans les parcelles sans macrofaune du sol	55
Figure 21 : Biomasse microbienne dans les parcelles avec macrofaune du sol	56
Figure 22 : Comparaison de la biomasse microbienne entre les parcelles avec et sans macrofaune du sol	57

SIGLES ET ABREVIATIONS

AFNOR : Association Française de Normalisation

ANOVA : Analyse de Variance

BUNASOLS : Bureau National des Sols

C.I.R.A.D : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

C.N.R.S.T : Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique

CEAS : Centre Ecologique Albert Schweitzer

CL : Compost + Labour

CMK : Conseil Municipal de Koubri

CO₂ : Dioxyde de Carbone

CRAAQ : Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec

CRK : Commune Rurale de Koubri

CTA : Centre Technique de coopération Agricole et rurale

CUL : Compost + Urée + Labour

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

GRET : Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques

Ha : hectare

I.N.R.A : Institut National de Recherche Agronomique

ICRISAT: International Crop Research Institute in Semi-Arid Tropic

INERA : Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

INRAN: Institut National de Recherche Agronomique du Niger

IRD : Institut de Recherche pour le Développement

IRDA : Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement

ITAB : Institut Technique de l'Agriculture Biologique

JAS: Jours Après Semis

Kg : Kilogramme

MAE : Ministère des Affaires Etrangères

O.R.S.T.O.M: Institut Français de Recherche scientifique pour le Développement en Coopération

ONBAH : Office National des Barrages et des Aménagements Hydro-agricoles

TUL : Tiges + Urée + Labour

UL : Urée + Labour

RESUME

Afin de comprendre l'impact de la macrofaune et des modes de gestion de la fertilité des sols sur l'activité biologique et les caractéristiques chimiques du sol, un dispositif en Split-plot complètement randomisé à trois répétitions a été installé sur le site de Gomtoaga, en zone Nord-soudanienne du Burkina Faso sur un sol ferrugineux tropical lessivé à texture limono-sableuse en surface. Il comprend deux traitements principaux dont les parcelles avec macrofaune et les parcelles sans macrofaune du sol et cinq traitements secondaires : Urée + labour (UL), Compost + Urée + labour (CUL), Compost + labour (CL), Tiges + Urée + labour (TUL) et Témoin (To). Pour atteindre l'objectif de la présente étude, des mesures de la biomasse à l'aide de la méthode de fumigation-incubation, de la respiration microbienne, de la densité de la macrofaune (méthode USBF) et des paramètres chimiques de sols (Carbone, Azote, Phosphore, pH_{eau} et pH_{KCl}) ont été faites.

Les résultats montrent que la biomasse microbienne a été influencée significativement par les modes de gestion de la fertilité des sols. L'usage de la matière organique a augmenté la biomasse de 15% à 22% en présence de macrofaune et de 16 à 23% en absence de macrofaune par rapport à l'urée. La présence de la macrofaune a réduit significativement la respiration microbienne, mais elle n'a pas eu d'impact significatif sur la biomasse microbienne. Cette réduction atteint 24% sur les traitements CL et TUL. Cependant, elle a augmenté l'efficacité de l'utilisation de l'énergie par les microorganismes. Excepté le phosphore total, la macrofaune n'a pas eu d'impact significatif sur les caractéristiques chimiques testées du sol. La présence de la macrofaune a entraîné une augmentation du phosphore total de 7% sur le traitement CL à 54% sur le traitement UL. Quant aux modes de gestion de la fertilité des sols, ils n'ont influencé significativement que le pH du sol. L'usage exclusif de l'urée contribue à l'acidification des sols. Les résultats de l'inventaire de la macrofaune montrent que les termites constituent le groupe dominant de la macrofaune du sol et représente 71.25% des individus. Le traitement TUL enregistre la plus forte densité de macrofaune constituée essentiellement de détritivores. Cependant, l'usage du compost a été favorable à la diversité et l'équitabilité de la macrofaune du sol. La stimulation de l'activité de la macrofaune par des apports organiques permet de stimuler l'activité microbienne et d'améliorer la productivité des sols.

Mots clés : Fertilité des sols, macrofaune, microorganismes, Burkina Faso.

ABSTRACT

To assess the impact of soil macrofauna and fertility management on soil biological activity and chemical characteristics, a split-plot completely randomized design with three replications was carried out on a sandy loam leached tropical ferruginous soil in North-Sudanian zone of Burkina Faso. There are two main treatments whose plots with and plots without soil macrofauna. The sub-treatments consisted of: Urea + tillage (UL), urea + Compost + tillage (CUL), Compost + tillage (CL), straws + Urea + tillage (LUL) and Control (Co). To achieve the objective of this study, measures of microbial biomass using the fumigation-incubation method, microbial respiration, the density of soil macrofauna (TSBI method) and soils chemical parameters (Carbon, Nitrogen, Phosphorus, pH_{eau} and pH_{KCl}) were done.

The results show that microbial biomass was significantly influenced by soil fertility management. The use of organic matter increased the microbial biomass of 15% to 22% in the plots with soil macrofauna and from 16 to 23% in the plots without macrofauna compared to urea. The presence of macrofauna was significantly reduced microbial respiration, but had no significant impact on microbial biomass. This reduction amounted to 24% on LUL and CL treatments. However, it increased the efficiency of energy utilization by microorganisms. Except total phosphorus, soil macrofauna had no significant impact on soil chemistry. The presence of macrofauna has resulted in higher total phosphorus than 7% on the CL treatment to 54% on UL treatment. Soil fertility management has significantly influenced the soil pH. Exclusive use of urea contributes to soils acidification. The results of soil macrofauna inventory showed that termites are the dominant group of soil macrofauna and represents 71.25% of individuals. LUL treatment has the highest density of macrofauna. However, the use of compost has been supportive of diversity and evenness of soil macrofauna. Stimulation of soil macrofauna activity by organic inputs can stimulate microbial activity and improve soil productivity.

Keywords: Soil fertility, macrofauna, microorganisms, Burkina Faso.

INTRODUCTION

La médiocre qualité des ressources naturelles disponibles en Afrique de l'ouest est une contrainte de plus en plus sévère au développement rural vu la pression démographique croissante (Bremner, 1998). Aussi, sous les effets des mauvaises pratiques agricoles, on assiste à une dégradation accélérée de la fertilité physique, chimique et biologique des sols (Pieri, 1989). Le corollaire est la chute drastique de la production agricole, posant un problème de sécurité alimentaire. Ainsi, la nécessité d'accroître la production pour satisfaire les besoins grandissants de la population s'est traduite par des modifications dans l'utilisation des agrosystèmes (Masse, 2007). Au Burkina Faso comme partout en Afrique sub-saharienne, on a assisté à une augmentation des surfaces cultivées, avec un raccourcissement ou une disparition de la jachère (Roose et Sarraïlh, 1990 ; Van Reuler et Prins, 1993). Combinés à une agriculture minière (Bationo *et al.*, 1998), ces facteurs ont aggravé le déficit en nutriments des sols. Dans un tel contexte, l'intensification agricole se présente comme la seule voie à même d'améliorer les conditions de vie des populations et d'assurer l'autosuffisance alimentaire. Elle passe nécessairement d'une part par une fertilisation raisonnée à base de matières organiques et d'engrais minéraux (Zougmore, 2003) et d'autre part, par l'utilisation des pesticides pour combattre les ennemis des cultures. Cependant, le coût élevé des engrais minéraux limite leur utilisation par les paysans à faible revenu. L'utilisation de substrats organiques constitue alors la meilleure alternative pour faire face aux problèmes actuels de dégradation des terres. En effet, la matière organique en plus d'être une source d'éléments nutritifs pour les cultures, améliore les propriétés biologiques et physico-chimiques du sol (Misra *et al.*, 2005). Elle représente donc le paramètre fondamental de la fertilité des sols à court et long terme (Nacro, 1997). La vitesse de décomposition de la matière organique dépend de sa qualité, notamment de son rapport C/N, de sa teneur en lignine et en polyphénol (Fian *et al.*, 1997). Cette décomposition est assurée principalement par la macrofaune en association avec les microorganismes. Ces organismes fournissent un large éventail de services indispensables à la durabilité des écosystèmes et plus particulièrement celle des agro-écosystèmes. Ils sont les éléments clés de la fertilité des sols.

Par ailleurs, plusieurs études ont montré que la macrofaune affecte différemment la décomposition de la matière organique en fonction de sa qualité (Ouédraogo *et al.*, 2004 ; Bagnian, 2006 ; Ouédraogo, 2009). En effet, l'action de la macrofaune sur la matière

organique affecte l'activité des microorganismes (Scheu & Wolters, 1991 ; Mando, 1997 ; Konaté *et al.*, 2003 ; Doamba, 2009) responsables de la minéralisation et donc de la mise à disposition des nutriments aux plantes. Ainsi, les études de Doamba (2009) ont révélé une corrélation positive entre la diversité de la macrofaune et l'activité respiratoire du sol. Konaté *et al.* (2003) ont montré que la respiration du sol était significativement plus élevée dans le sol avec des chambres termitiques à champignon que dans les zones sans chambres à champignon. Doamba (2007) a montré que l'activité respiratoire du sol variait en fonction des genres de termites. En effet, les différents genres de termites ont un régime alimentaire diversifié et affectent donc différemment la matière organique.

C'est donc pour comprendre l'impact de l'interaction entre la macrofaune et les modes de gestion de la fertilité du sol sur les caractéristiques chimiques et microbiologiques du sol que la présente recherche dont le thème est « *Etude de l'impact de la macrofaune et des modes de gestion de la fertilité du sol sur quelques caractéristiques chimiques et microbiennes d'un sol ferrugineux tropical lessivé sous climat semi-aride au Burkina Faso* » a été initiée.

Plus spécifiquement, il s'agira :

- d'évaluer l'impact des modes de gestion de la fertilité, de la macrofaune du sol et leur interaction sur l'activité et la biomasse microbienne du sol ;
- d'évaluer l'impact des modes de gestion de la fertilité et de la macrofaune du sol sur les caractéristiques chimiques du sol ;
- d'évaluer l'effet des modes de gestion de la fertilité des sols sur la macrofaune du sol ;

Le présent mémoire comprend trois chapitres qui sont : la revue bibliographique, la méthodologie et les résultats et discussion.

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA GESTION DE LA FERTILITE ET LA BIOLOGIE DES SOLS

I. PROBLEMATIQUE DE LA GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS

I.1. Définition du concept de fertilité des sols

La fertilité du sol est un concept très complexe. Autrefois définie comme l'aptitude d'un sol à produire, la fertilité des sols a connu une évolution dans sa définition avec le temps (Pieri, 1989 ; Delville, 1996). En effet, Pichot (1995) définit le concept de fertilité comme étant l'aptitude d'un milieu à satisfaire durablement les besoins des populations rurales à travers les systèmes de production qu'elles mettent en œuvre. Cette définition appelle alors à une large appréciation de la notion de fertilité basée sur la confrontation entre les caractéristiques pédoclimatiques du milieu, les systèmes de production et les pratiques agricoles (Delville, 1996 ; Dugué *et al.*, 1998).

I.2. Problématique de la gestion de la fertilité des sols

Les terres de l'Afrique subsaharienne sont caractérisées par leur faible fertilité inhérente, leur faible teneur en matière organique, la nature de leur minéraux argileux (kaolinite), leur faible capacité d'échange cationique et leur susceptibilité à l'érosion (Breman, 1998). Ces terres font également face aux pertes de matière organique et d'éléments nutritifs liées aux systèmes de culture inappropriés et à l'impact des conditions climatiques (Ouédraogo, 2004). En plus, l'explosion démographique a entraîné une augmentation des besoins en terre cultivable, en zone de parcours et des besoins domestiques en produits végétaux. Cette pression foncière a eu pour conséquence la suppression ou la réduction du temps de jachère (Van Reuler et Prins, 1993 ; Berger, 1996), empêchant ainsi le renouvellement de la fertilité des sols. Tous ces facteurs compromettent la base des systèmes traditionnels de production agricole. L'amélioration de la qualité des sols dans ces zones est donc un devoir sur lequel dépend la durabilité des écosystèmes dans leur ensemble. En effet, plusieurs actions furent entreprises pour tenter d'enrayer la dégradation des sols et rétablir un niveau de production compatible à la satisfaction des besoins des populations. Cependant, la plupart de ces actions fondées sur

l'utilisation intensive d'engrais minéraux, l'expansion des surfaces cultivées et l'usage de matériels agricoles n'ont pas pu inverser la tendance du déclin de la fertilité des sols (Berger, 1996). L'usage intensif et exclusif d'engrais minéraux notamment azotés entraîne une acidification du sol à long terme (Sedogo, 1981 ; Pieri, 1989 ; Bationo et Mokwunye, 1991) et peut provoquer des dommages sur l'environnement par la pollution des nappes phréatiques (Dudal et Byrnes, 1993). L'amélioration de la fertilité des sols est réalisable si les meilleurs éléments de l'agriculture écologique sont utilisés pour optimiser l'utilisation des engrais chimiques (Breman, 1998).

1.3. Modes de gestion de la fertilité des sols

1.3.1. Mesures de conservation des eaux et des sols

La dégradation des ressources naturelles en général et des sols en particulier est un problème majeur en Afrique Subsaharienne. L'érosion des sols est un des principaux facteurs de dégradation. Elle entraîne des pertes de terre, de nutriments et de surface cultivable (Niang, 2006). La lutte contre l'érosion est donc primordiale pour maintenir et améliorer la fertilité des terres agricoles. A cet effet, différentes techniques ont été développées. Elles peuvent être appliquées individuellement ou en association afin d'agir efficacement et durablement sur le ruissellement, l'infiltration et l'érosion mais aussi, de maintenir, voire améliorer la fertilité des sols. Ainsi, les mesures physiques (cordons pierreux, diguettes en terre etc.), les mesures biologiques (jachère, mis en défens, bande enherbées, paillage) et des pratiques culturales de conservation des sols (fertilisation organique et / ou minérale, labour, billonnage cloisonné, scarifiage, sous-solage, etc.) sont utilisées pour lutter contre la dégradation des sols (Roose, 1994). Les études de Zougmore (2003) ont montré que l'usage de compost sur des parcelles aménagées en cordons pierreux était très efficace contre le ruissellement et l'érosion et permettait d'accroître les rendements. La matière organique permet d'améliorer aussi bien les propriétés physico-chimiques et biologiques que hydrodynamiques du sol (Dalzell *et al.*, 1988 ; Roose, 1994). Les amendements organiques (compost ou fumier) permettent d'augmenter le taux de matière organique et la capacité de rétention en eau du sol, d'améliorer la structure et la stabilité structurale du sol (Dalzell *et al.*, 1988 ; Roose, 1994).

1.3.2. Engrais minéraux

Les engrais minéraux solubles sont des substances immédiatement disponibles pour les plantes. Ils sont appliqués pour satisfaire les besoins des cultures. Ils contribuent à une minéralisation rapide de la matière organique (Sedogo, 1981), favorisant ainsi l'encroûtement du sol favorable au ruissellement. L'utilisation des engrais chimiques au Burkina Faso date seulement de la colonisation. Plusieurs études, dont celles de Sedogo (1981), montrent qu'une fertilisation exclusivement minérale ne peut pas assurer une production agricole durable. Pieri (1989) indique que le maintien de la fertilité des sols passe principalement par le maintien de leur statut organique, à cause des multiples rôles et fonctions joués par la matière organique.

1.3.3. Amendements organiques

La gestion de la fertilité des sols passe toujours par le maintien d'un horizon humifère (ou organique) en surface, le plus important possible. Selon Bationo et Mokwunye (1991), la nature des minéraux argileux des sols de l'Afrique Subsaharienne (kaolinite) rend la matière organique indispensable à l'utilisation efficace des nutriments. Les substrats organiques utilisés dans la fertilisation des sols sont de nature et de formes variées. Elles sont composées du compost, de fumier, de résidus de cultures, de déchets et d'engrais verts, etc. Suivant leur stade d'évolution, on distingue: les matières organiques libres fraîches, les produits transitoires et l'humus (Delville, 1996). Cependant, la disponibilité et la qualité des ressources organiques sont des contraintes à l'utilisation de la matière organique à grande échelle. En effet, les résidus de cultures font l'objet de plusieurs usages. La quantité de fumier produite est faible pour permettre son utilisation à grande échelle. Par ailleurs, il a été montré qu'il y a une complémentarité entre la matière organique et les engrais minéraux (Janssen, 1993). La gestion durable de la fertilité des sols implique donc l'utilisation de technologies appropriées aux conditions paysannes basées sur l'utilisation équilibrée des engrais minéraux et des ressources organiques. En effet, les études de Pieri (1989), Van Reuler et Prins (1993), Ouédraogo *et al.* (2007) ont montré que l'usage combiné de la matière organique et des engrais minéraux augmente les rendements tout en préservant le stock de matière organique du sol à un niveau acceptable. En effet, la matière organique améliore les propriétés biologiques et physico-chimiques du sol et constitue une source d'éléments nutritifs pour les cultures (Misra *et al.*, 2005). Elle

constitue également une source d'énergie pour les décomposeurs et permet d'améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau et des nutriments par les cultures (Ouedraogo, 2004).

La décomposition de la matière organique fraîche dépend de sa qualité notamment de son rapport C/N, de sa teneur en lignine et en polyphénol (Lian *et al.*, 1997). Les substrats de bonne qualité (C/N bas) se décomposent plus rapidement. L'incorporation au sol de matière organique de faible qualité entraîne une minéralisation excessive de la matière organique du sol ou une "faim" d'azote pour les cultures (Janssen, 1993).

II. BIOLOGIE DES SOLS

II.1. Définition et rôles essentiels de la faune des sols

II.1.1. Définition

La faune du sol représente l'ensemble des animaux qui passe toute ou une partie de leur cycle biologique dans le sol (faune endogée) ou sur sa surface immédiate (faune épigée), ceci incluant la litière (Bachelier, 1978 ; Gobat *et al.*, 1998). Elle est représentée par de nombreux taxons renfermant plusieurs espèces. La faune du sol peut être classée selon l'impact des organismes sur le système sol – plante (Brown *et al.*, 2002), en fonction de leur activité et leur effet au sein de l'écosystème naturel (Brussaard, 1998) ou de la taille des organismes vivants (Bachelier, 1978). Suivant cette dernière classification, on distingue quatre groupes :

✓ **la microfaune** dans laquelle les individus mesurent moins de 0,2 mm. Les Protozoaires et les Nématodes constituent l'essentiel de la microfaune, avec comme groupes secondaires : les Rotifères, les Tardigrades et certains petits Turbellariés.

✓ **la mésofaune** qui renferme des individus mesurant entre 0,2 et 4 mm. Les deux grands groupes de Microarthropodes que sont les Collemboles et les Acariens constituent l'essentiel de la mésofaune avec d'autres insectes aptérygotes de moindre importance : les Protoures, les Diploures et les Thysanoures. Les Enchytréides (petits vers oligochètes), les Symphyles (Myriapodes) et les plus petits insectes ou leurs larves sont également classés dans ce groupe.

✓ **la macrofaune** dans laquelle les individus mesurent entre 4 et 80 mm. Elle est constituée par les Vers de terre, les termites, les Myriapodes (Chilopodes et Diplopodes), de nombreux Arachnides, les Mollusques (Limaces, Escargots), quelques Crustacés (Isopodes ou Amphipodes), des larves d'insectes principalement de Diptères, de

Coléoptères, mais aussi de Lépidoptères et d'Hémiptères et quelques autres groupes fauniques d'importance secondaire.

✓ **la mégafaune** qui regroupe des individus mesurant plus de 80 mm. On trouve à la fois dans ce groupe des Crustacés, des Reptiles, des Batraciens, de nombreux insectivores (taupes, musaraignes) et des Rongeurs (rats, campagnols).

Brussaard quant à lui distingue (1998) :

- **la population de racines** (rhizosphère) qui est constituée d'organismes affectant positivement ou négativement la croissance des plantes au niveau des racines. On y distingue les mycorhizes, les bactéries, les nématodes et les rhizobiums.

- **les décomposeurs** qui renferment la microflore, la microfaune et la mésofaune. Dans ce groupe on trouve également certains représentants de la macrofaune qui broient et incorporent la matière organique au sol, sans une réelle modification physique.

- **les "ingénieurs" de l'écosystème** qui selon Jones *et al.* (1994), sont des organismes capables d'assurer la disponibilité des ressources et de créer des habitats pour d'autres organismes, par des modifications physiques du sol. Les vers de terre, les termites et les fourmis sont considérés comme les "ingénieurs" de l'écosystème les plus importants dans les sols tropicaux (Jones *et al.*, 1994).

L'activité, la répartition, l'abondance et la diversité de cette faune sont influencées par certains paramètres du milieu tels que l'humidité du sol, la porosité et l'atmosphère du sol ainsi que la température, le pH, la texture, la qualité des litières (Bachelier, 1978). La macrofaune du sol fournit des nombreux services nécessaires à l'équilibre de l'écosystème.

II.1.2. Rôles de la macrofaune du sol dans la décomposition de la matière organique et le recyclage des nutriments

II.1.2.1. Décomposition de la matière organique

Dans les cycles biogéochimiques, l'évolution et la dégradation des matières organiques est un processus majeur. Cette évolution est conditionnée par différents paramètres comme la nature biochimique des matières organiques, les conditions environnementales abiotiques (température, pH, humidité, aération...) et les organismes vivants du sol. Ces derniers sont responsables des processus biochimiques de la décomposition. La macrofaune notamment les termites et les vers de terre joue un rôle prépondérant dans la fragmentation de la matière organique. Ainsi, les travaux de

Ouédraogo *et al.* (2004) ont montré que la décomposition de la matière organique est lente en absence de la macrofaune. Ils ont observé après trois mois d'application que, seulement 19% de paille d'Andropogonées, 8% de bouse de vache et 5% de paille de maïs n'avaient pas été décomposées en présence de faune du sol alors que ces taux étaient respectivement de 96%, 70% et 34% en absence de faune. La matière organique ingérée par la macrofaune est fragmentée et digérée sous l'action des enzymes avant d'être livrée aux microorganismes et complètement dégradée (Bachelier, 1978).

Outre son action directe sur la matière organique, la macrofaune améliore les propriétés physico-chimiques des sols (aération, énergie, disponibilité en eau). Elle stimule ainsi indirectement l'activité de la microfaune et assure la présence d'une microflore cellulolitique très active (Boyer, 1971). Elle crée alors les conditions favorables à la dégradation de la matière organique et à l'humification. Les débris végétaux ingérés par la macrofaune sont aussi, au sein des excréments, chimiquement plus dégradés, imbibés de substances énergétiques facilement accessibles et plus riches en enzymes. Cela facilite encore l'attaque secondaire par la microflore qui a subi les conséquences de l'action faunique et se trouve modifiée (Bachelier, 1972). Zlotin (1971) cité par Bachelier (1978) a montré que la présence d'excréments d'invertébrés phytophages stimulait fortement les processus de minéralisation des diverses substances organiques. Cependant, les différences dans les propriétés chimiques des substrats organiques ont une influence sur la densité et la biomasse de la macrofaune du sol notamment les vers de terre (Ben Lerroy *et al.*, 2008).

II.1.2.2. Recyclage des nutriments

L'action de la macrofaune du sol sur le recyclage des nutriments est liée à son rôle dans la décomposition de la matière organique. L'activité de la macrofaune du sol contribue généralement à l'enrichissement du sol en éléments nutritifs grâce à la minéralisation de la matière organique. Les turricules de vers de terre et les termitières présentent une plus forte capacité d'échange de bases que les sols et s'avèrent chimiquement plus riches (Bachelier, 1971 ; Boyer, 1971 ; Duboisset et Seignobos, 2005). Cela est le résultat des produits de leur métabolisme, des remontées à la surface d'éléments minéraux encore peu décomposés. Les études de Ouédraogo *et al.* (2005), ont montré que les vers de terre pouvaient augmenter la disponibilité en phosphore assimilable surtout lorsque le Burkina Phosphate (BP) est appliqué avec du compost ou du fumier riche. Les

termites apportent également des éléments minéraux et des bases en solution, en récupérant les eaux de ruissellement et de lessivage oblique (Boyer, 1971). Par ailleurs, la macrofaune du sol constitue elle-même une source d'azote mobilisable à leur mort (Bachelier, 1978).

II.2. Respiration du sol

II.2.1. Définition de la respiration du sol

La respiration du sol correspond aux processus complexes de transformation de matière et d'énergie au cours du métabolisme des êtres vivants du sol. Ce métabolisme aboutit à la production du gaz carbonique qui représente le stade final de l'oxydation des substrats organiques. Longtemps considérée comme un processus strictement hétérotrophique, dépendant de la température et de l'humidité (Ryan et Law, 2005), la respiration du sol résulte d'une part de la respiration racinaire (composante autotrophe) et d'autre part de l'activité des organismes décomposeurs de la litière (composante hétérotrophe) (Jensen *et al.*, 1996 ; Ryan et Law, 2005). Ce phénomène respiratoire entraîne ainsi la libération de grandes quantités de carbone sous forme de CO₂. La respiration du sol est alors la principale voie du flux de carbone de l'écosystème terrestre (Perrin *et al.*, 2004), jouant ainsi un rôle important dans le cycle globale du carbone (Siyan *et al.*, 2004).

II.2.2. Facteurs influençant la respiration du sol

Le flux du CO₂ du sol est sensible aux variables environnementales telles que la température du sol, l'humidité (Raich et Schlesinger, 1992 ; Perrin *et al.*, 2004 ; Siyan *et al.*, 2004 ; Ryan et Law, 2005 ; Sandor, 2010), mais aussi d'autres facteurs tels que la texture, le pH, le carbone total et l'azote total (Ryan et Law, 2005 ; Wang *et al.*, 2006 ; Traoré *et al.*, 2007 ; Gnankambary *et al.*, 2008).

II.2.2.1. Impact de la température et de l'humidité sur la respiration du sol

L'impact de la température sur le flux du CO₂ a été étudié par plusieurs auteurs. Ainsi, Blanke (1996) a montré qu'au lever du soleil la respiration du sol qui est de 2,8 à 5,4 mol CO₂ m⁻² s⁻¹ augmente à 8,4 mol CO₂ m⁻² s⁻¹ à 15 h pour chuter à 4,2 m⁻² s⁻¹ dans la nuit. Selon Perrin *et al.* (2004), la température à 4,5 cm du sol explique plus de 86% du flux de respiration du sol. Flahaut (2006) conclut que la respiration du sol est une fonction

exponentielle de la température. Elle atteint son maximum vers 45°C – 50°C (Luo et Zhou, 2004, cités par Sandor, 2010). Cet impact de la température sur la respiration du sol est lié à son influence sur la croissance racinaire et l'activité enzymatique du sol (Sandor, 2010).

L'humidité du sol conditionne l'activité des microorganismes telluriques. Elle influence les processus physiologiques des racines et des cellules bactériennes du sol (Sandor, 2010). La respiration du sol est limitée pour les faibles et les forts taux d'humidité du sol (Perrin *et al.*, 2004). En effet, une étude conduite par l'ardoux *et al.* (2000) montre que les échantillons de sol humidifiés à 5% de leur capacité au champ ont une biomasse microbienne très faible et presque nulle comparativement aux échantillons humidifiés à 100% et à 300%.

11.2.2.2. Effet de la matière organique sur la respiration du sol

La décomposition de la matière organique du sol par de nombreux organismes vivants hétérotrophes constitue une composante importante de la respiration du sol. La matière organique du sol est constituée de la litière, de l'humus du sol ou de corps microbiens. La respiration du sol dépend de la qualité et de la quantité des matières organiques du sol (Ryan et Law, 2005). Les études de Chaussod *et al.* (1986), de Nacro (1997), de Bilgo *et al.* (2007) ainsi que ceux de Traoré *et al.* (2007) ont montré que la biomasse et la respiration microbienne du sol sont positivement corrélées à la teneur en matière organique. En effet, Chaussod *et al.* (1986) ont trouvé que la biomasse microbienne était en moyenne de 0,2 g C.kg⁻¹ dans les sols sableux pauvres en matières organiques et pouvait atteindre 0,9 g C.kg⁻¹ dans les sols riches (teneurs en C supérieures à 40 g kg⁻¹). Bilgo *et al.* (2007) ont montré que l'augmentation de la teneur en carbone organique et en azote dans les sols de jachère de courte durée (5 – 7 ans), sont respectivement de 64% et 35% par rapport au sol cultivé. Concomitamment, ils ont observé une augmentation de la biomasse microbienne de 76% et de la respiration microbienne de 141% dans les sols de jachère. La contribution hétérotrophique à la respiration du sol correspond à plus de la moitié des flux respiratoires (Flahaut, 2006). Moeskops *et al.* (2010) en comparant l'impact de l'agriculture biologique et conventionnelle sur les microorganismes ont observé une amélioration globale de la biomasse microbienne et de l'activité enzymatique en agriculture biologique liée à l'amélioration de la qualité du sol. Cependant, Annabi *et al.* (2009) ont montré que la respiration du sol est plus faible sur des sols de forêts plus riches en matière organique que

sur les sols cultivés qui sont pourtant pauvres en matière organique. Ce résultat s'explique par la plus grande stabilité de la matière organique dans les sols de forêt.

Par ailleurs, les racines ont une influence marquée sur la respiration du sol. En effet, Li *et al.* (2004), dans une expérimentation sur une plantation et forêt secondaire concluent que l'exclusion des racines de la litière réduit sensiblement le flux de CO₂ à la surface du sol. Ils ont ainsi observé une réduction de la biomasse microbienne de 59% après exclusion des racines sous une forêt secondaire et de 31% sous plantation. Flahaut (2006) a aussi montré en milieu alpin que la respiration rhizosphérique représente environ 10 à 20% de la respiration totale du sol. Les études de Wang *et al.* (2006) ont montré que la contribution des racines à la respiration du sol durant la saison de croissance varie entre 38% et 76% de la respiration totale.

II.2.2.3. Influence des éléments nutritifs et du pH sur la respiration du sol

Plusieurs études menées au laboratoire ont montré que l'insuffisance d'éléments minéraux affecte la respiration du sol. En effet, Nordgren (1992) remarque la dégradation du glucose et de l'acide glutamique au laboratoire est plus rapide en présence d'azote et du phosphore. L'addition d'une petite quantité de MgSO₄ (0.32 à 1.6 mg de sulfure/100g de sol) augmente sensiblement le taux d'oxydation du glucose (Stotzky *et al.*, 1961 cités par Nordgren, 1992). Les études de Diarra (2009) ont montré que l'addition de divers substrats (C, N et P) permet une augmentation considérable de la vitesse initiale de dégagement de CO₂ avec des pics apparaissant à des temps et amplitudes différents.

Cependant, la limitation de ces éléments minéraux à la respiration du sol est fonction du type de sol c'est-à-dire de sa composition chimique initiale. Teklay *et al.* (2006) en mesurant la respiration du sol au Sud de l'Ethiopie concluent que l'activité des microorganismes est plus limitée par la disponibilité de l'azote. Traoré *et al.* (2007) ont ainsi montré que la biomasse et la respiration microbienne sont plus importantes sous *Acacia* spp. dont le sol est plus riche en carbone et en azote par rapport au témoin. Dans le cas des sols tropicaux, le phosphore s'est avéré être l'élément le plus indispensable à l'efficacité de l'activité microbienne du sol (Ilstedt *et al.*, 2003; Ilstedt et Singh, 2005 ; Gnankambary *et al.*, 2008 ; Diarra, 2009). Ce constat s'explique par la pauvreté en phosphore de la plupart des sols tropicaux (Battono *et al.*, 2004 cités par Diarra, 2009).

Le pH influence la taille de la biomasse et la diversité des populations microbiennes. Plus le sol est acide, moins la biomasse microbienne est importante (IFAB, 2002).

II.2.2.4. Impact de la macrofaune sur la respiration du sol

La macrofaune du sol régule l'activité, l'abondance des microorganismes, la transformation et le recyclage de la matière organique et des nutriments ainsi que la stabilisation de la structure (Lavelle, 1997). La macrofaune, par ses excréments et ses cadavres, détermine localement des pH basiques et accroît fortement l'activité biologique du milieu, ce qui peut, selon la microflore et l'évolution naturelle des équilibres pédologiques, aussi bien favoriser les processus d'humification que les processus de déshumification (Bachelier, 1972). Zhang *et al.* (2000) ont montré que le dégagement de CO₂ est plus intense dans les turricules de vers de terre comparativement au sol. Selon Deprince (2003), les micropredateurs qui consomment la microflore ont un rôle de régulation des populations, mais aussi de stimulation.

Cependant la macrofaune peut réduire la respiration du sol en réduisant la quantité de matière organique labile dans le sol.

II.3. Impact des pratiques agricoles sur la faune du sol

La mise en culture des terres entraîne une modification des populations microbiennes, de la macrofaune et de leurs activités (Chaussod *et al.*, 1992 ; Brown *et al.*, 2002 ; Bilgo *et al.*, 2007). Elle entraîne une diminution considérable de la densité, de la biomasse et de la diversité des macroinvertébrés du sol, qui chutent respectivement de 2831 individus / m², 2 1,28 g / m² et 26 unités taxinomiques dans la savane naturelle à 378 individus / m², 4,6 g / m² et 10 unités taxinomiques dans les plantations mécanisées de canne à sucre (Mboukou-Kimbatsa, 1997).

En effet, l'utilisation des pesticides contribue à la réduction de la vie dans les sols (Kumar, 1991) et peuvent éliminer jusqu'à 90% de la population de la macrofaune (Lavelle, 2000). Les prédateurs à grosse biomasse se trouvent alors remplacés par des acariens (Bachelier, 1978). Ainsi, on assiste à un changement de la structure de la chaîne alimentaire au profit des niveaux trophiques les plus bas. Le corollaire est la détérioration des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol. Cependant, l'impact des

pesticides sur l'activité et la biomasse microbienne est variable selon le pesticide et la dose utilisés (Coulibaly, 2006 ; Lompo, 2007).

Le labour quant à lui, non seulement chasse la macrofaune, mais l'expose aussi aux prédateurs ou aux rayons destructeurs du soleil. Par ailleurs, en favorisant la décomposition rapide de la matière organique (Pieri, 1989), le labour contribue à une réduction de la diversité biologique des sols. Par contre, l'apport de matière organique est très favorable à la macrofaune du sol ; en effet, la matière organique améliore d'une part, les propriétés physico-chimiques du sol et constitue d'autre part, une source d'énergie et d'azote pour les organismes du sol. Toutefois, l'effet des engrais varie selon leur nature, les conditions d'emploi et les caractéristiques chimiques du sol (Bachelier, 1978).

Conclusion

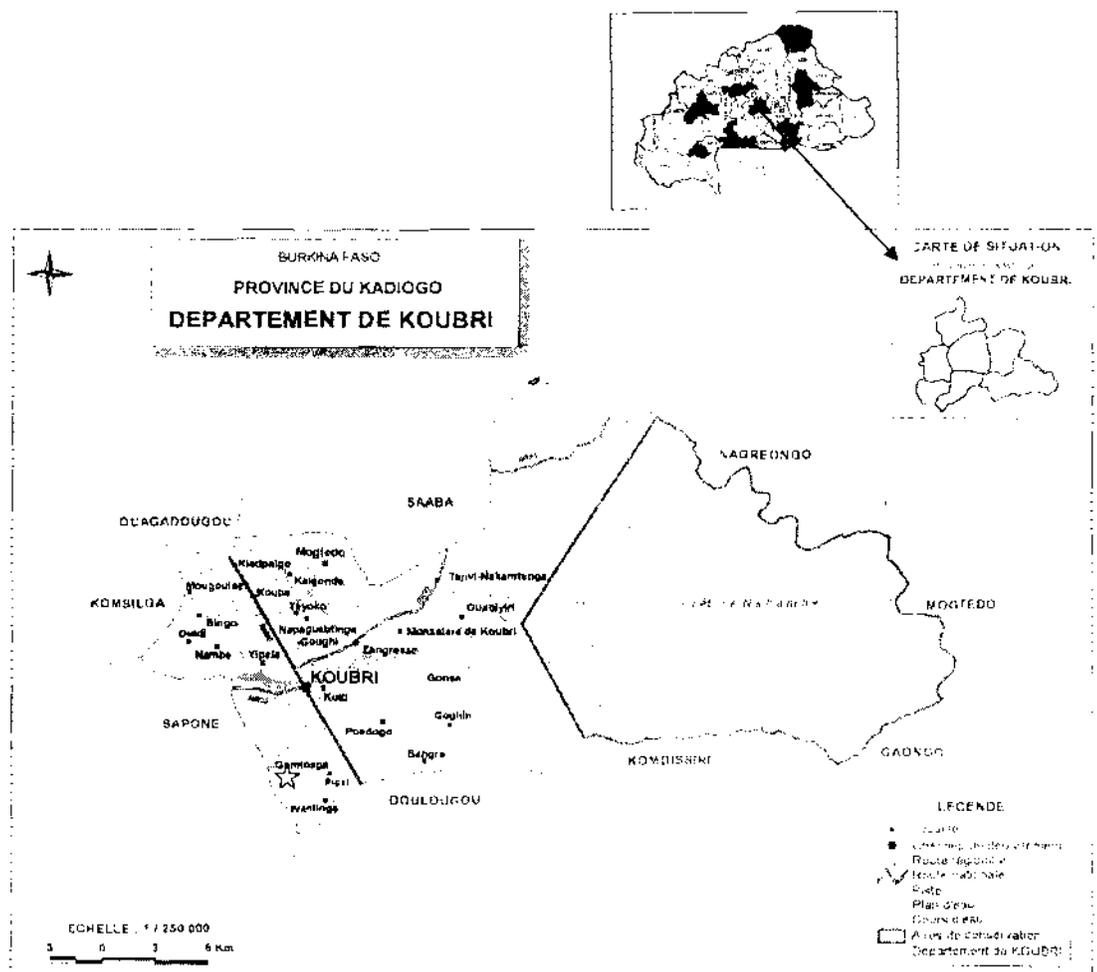
Cette synthèse bibliographique montre que face au problème de la baisse généralisée du niveau de fertilité des sols, de nombreuses techniques ont été mises au point. L'utilisation de la matière organique dans des ouvrages antiérosifs semble être la meilleure option pour une gestion durable de la fertilité des terres. La matière organique du sol améliore ainsi les propriétés physico-chimiques et stimule la macrofaune du sol qui joue un rôle indispensable dans la décomposition de la matière organique fraîche. La macrofaune, notamment les "*ingénieurs*" de l'écosystème occupent une position clé au sein de l'écosystème en influençant la diversité et l'activité des autres groupes fonctionnels et des microorganismes, et donc le recyclage des nutriments. Cependant, l'utilisation généralisée des pesticides chimiques de synthèses (Herbicides, Insecticides) menace la diversité et l'abondance de la macrofaune du sol. Cette situation peut avoir des impacts sur la séquestration du carbone qui est pourtant importante dans un contexte de changement climatique où le stockage du carbone dans le sol est une bonne alternative pour réduire les teneurs du CO₂ dans l'atmosphère. La présente étude s'inscrit dans ce cadre, avec pour ambition d'évaluer l'impact de la macrofaune du sol et des modes de gestion de la fertilité sur quelques caractéristiques microbienne et chimiques du sol.

CHAPITRE II : METHODOLOGIE

I. GENERALITES SUR LA ZONE D'ETUDE

I.1. Situation géographique

Le jardin agro-écologique du CEAS est situé sur l'axe Ouagadougou - Kombissiri à 35 km au Sud-est de Ouagadougou dans le village de Gontoaga de la commune rurale de Koubri. Ses coordonnées géographiques sont : 12° 08' 02" de latitude Nord et 1° 24' 54" de longitude Ouest (Figure 1). Il couvre une superficie de 4,68 ha (CEAS, 2004).



☆ Localisation de Gontoaga

Figure 1: Localisation de la commune de Koubri

Source : Institut Géographique du Burkina (2008)

1.2. Climat de la zone

Le climat de la zone est de type nord soudanien (Guinko, 1984) caractérisé par deux (02) saisons contrastées : une saison sèche allant de mi-novembre à mi-avril fortement influencée par les vents d'harmattan et une saison pluvieuse de mai à octobre sous l'influence des vents de mousson. La pluviométrie moyenne des huit dernières années sur le site expérimental est de 754,45 mm. Les données pluviométriques des huit dernières années montrent une très faible variabilité interannuelle de la pluviosité de la zone (Figure 2). La plus faible hauteur d'eau tombée a été enregistrée en 2003 avec 584,2 mm et la plus forte en 2010 avec 891,5 mm. Pour la campagne 2010 / 2011, une pluviosité totale de 891,5 mm répartie en 45 jours a été mesurée. Elle montre un pic pour le mois d'août avec 286,6 mm d'eau (Figure 3).

Des températures maximales se situant entre 34 et 41° C et des valeurs extrêmes de l'évapotranspiration potentielle soit 208 mm en mai et 128 mm en septembre (Direction Générale de l'Aviation Civile et de la Météorologie, 2008), auxquelles s'ajoutent les irrégularités pluviométriques, offrent des conditions d'un déficit hydrique pour les besoins de la culture.

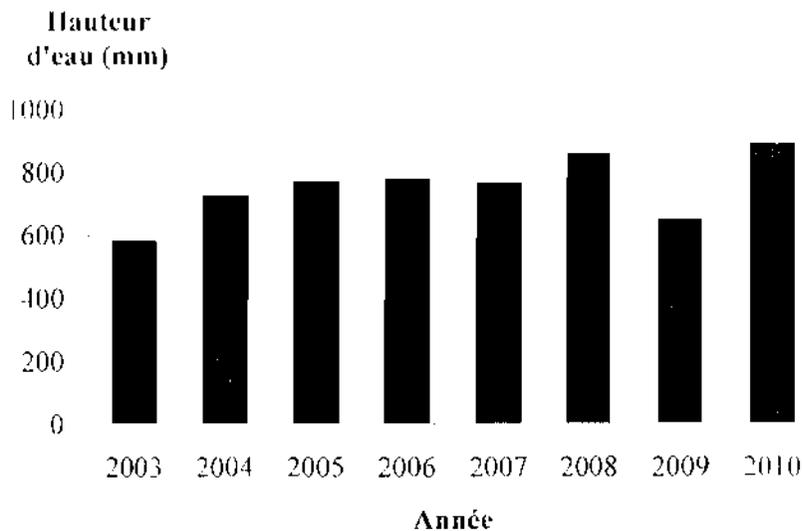


Figure 2 : Variabilité interannuelle de la pluviométrie des huit dernières années sur le site expérimental

Source : Données CEAS-BF (2010)



Figure 3 : Hauteur d'eau enregistrée au cours de la campagne 2010 – 2011 sur le site expérimental.

Source : Données CEAS-BF (2010)

1.3. Géologie des sols

La zone d'étude fait partie du socle précambrien à migmatites et granites indifférenciés avec par endroits des filons de roches diverses. Selon les études du BUNASOLS (1990 : 1991) citées par CEAS (2004), les sols de la zone d'après la classification française, appartiennent en général au groupe des sols ferrugineux tropicaux lessivés. Ces sols sont en majorité pauvres en calcium, en potassium, en phosphore et en matière organique (CEAS, 2004).

1.4. Hydrographie

Le site est situé dans le bassin versant d'un affluent du Nariarlé lui-même affluent du Nakambé. Un barrage agro - pastoral et piscicole (Barrage de Wedbila) d'une capacité de 2 000 000 m³ y a été construit en 1962 avec une superficie aménageable de 25 ha en aval (ONBAI, 1987) cité par (CEAS, 2004).

I.5. Végétation

La végétation est caractéristique de celle de la zone Nord Soudanienne. Elle est constituée de savane arborée et arbustive ainsi que des parcs à *Vitellaria paradoxa* Gaertn. (CEAS, 2004). Deux types de formations végétales se distinguent dans la zone :

- une formation végétale primaire aux abords du barrage plus dense où les essences dominantes sont : *Acacia* spp., *Vitellaria paradoxa* Gaertn., *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth., *Pteleopsis suberosa* Engl. et Diels.

- et une formation végétale secondaire sujette à la dégradation anthropique. Elle est beaucoup plus clairsemée avec des rejets dominés par : *Combretum* spp., *Anogeissus leiocarpus* (DC.) G. et Perr., *Lannea microcarpa* Engl. et Kr., *Zyziphus mauritiana* Lam., *Piliostigma thoningii* (Sch.) Miln. Redch. et *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst.

Des herbacées telles que *Andropogon gayanus* Kunth., *Andropogon ascinodis* C.B.CI., *Loudetia togoensis* Hubb., *Pennissetum pedicelatum* Trin. et *Pennissetum polystachyon* Schult. y sont également très répandues.

I.6. Population

Selon le recensement général de la population et de l'habitat de 2006, le village de Gomtoaga a une population de 387 habitants. Les projections faites par CRK (2010) à partir de ces résultats montrent que le village de Gomtoaga a une population de 406 habitants en 2010. Elle est composée en majorité de Mossi.

I.7. Principales activités

L'agriculture et l'élevage constituent la base des activités socio-économiques de la population de la zone. A l'échelle provinciale, la production céréalière domine au niveau de l'agriculture. Au niveau communal, le sorgho occupe la première place tant du point de vue de la superficie que de la production avec 7762 ha pour une production de 3881 tonnes en 2008-2009 (CRK, 2010). Il est suivi du mil et du maïs. La structure agraire de la zone d'après Marchal (1983) cité par CEAS (2004) indique qu'elle se caractérise par une occupation continue et dense.

La production maraîchère occupe une place de choix dans l'économie de la commune. Selon le Plan Communal de Développement de Koubri, la superficie emblavée est passée de 172 ha en 2005 à 536 ha en 2008. La production maraîchère est estimée à

11 985 tonnes en 2008 (CMK, 2008). Cependant, cette agriculture fait face à la dégradation des sols liée à la surexploitation et aux mauvaises pratiques agricoles. Le faible accès au crédit agricole, la faible disponibilité des intrants agricoles (engrais, semences améliorées, produits phytosanitaires) et l'absence d'équipement de transformation et de conservation sont des contraintes au développement des activités agricoles.

Dans le village de Gontoaga, l'élevage extensif est pratiqué. Par ordre d'importance numérique, il se compose de volaille, d'ovins, de caprins, de porcins et d'asins. Par ailleurs, on note la présence d'une ferme pratiquant l'élevage semi-intensif des bovins.

La production piscicole se développe au niveau du barrage de Wedbila. La pisciculture de repeuplement y est pratiquée. Les tilapias, les silures et les crevettes sont les espèces produites.

II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Matériel

II.1.1. Matériel végétal

La variété K VX 61-1 de niébé a été utilisée. C'est une variété très bien adaptée à la zone nord soudanienne dont le cycle semis - maturité dure 70 jours. Son rendement moyen en station est de 1500 Kg / ha. Cependant, son rendement graine moyen en milieu paysan est de 800 Kg / ha (Annexe 1).

II.1.2. Fertilisants

Le compost, la paille et l'urée sont les fertilisants utilisés au cours de l'expérimentation.

- **Le compost**

Le compost utilisé a été produit au jardin agro-écologique du CEAS à partir de la litière. Le compost a été produit selon la technique du compostage en fosse avec retournement périodique de 1 mois pendant 5 mois.

- **Les pailles**

Les pailles sont constituées de tiges de sorgho de la campagne 2008-2009. Elles ont été utilisées pour l'enfouissement.

Les caractéristiques des substrats organiques utilisés figurent dans le Tableau I.

- **L'urée**

L'urée a été utilisée dans l'expérimentation comme source d'azote minéral. Elle dose 46% d'azote.

Tableau I : Caractéristiques chimiques des tiges et du compost

Paramètres mesurés	Compost	Tiges
Matière organique totale %	19,80 ± 5,02	96,25 ± 0,35
Carbone total %	11,49 ± 2,91	55,83 ± 0,21
Azote total %	0,54 ± 0,03	0,20 ± 0,05
C/N	21	278
Phosphore total % (P ₂ O ₅)	0,39 ± 0,03	0,01 ± 0,00
Potassium total % (K ₂ O)	0,32 ± 0,02	0,68 ± 0,15
pH _{eau}	7,26 ± 0,18	6,18 ± 0,64

Source : Résultats d'analyse des échantillons de tiges et de compost au BUNASOLS (CEAS, 2010)

II.1.3. Pesticides

Afin d'établir des parcelles sans macrofaune du sol, des pesticides de synthèse ont été utilisés. Deux matières actives dont un organophosphoré et un organochloré ont été employés. Il s'agit du Chlorpyrifos-éthyl et de l'Endosulfan. Pour se faire :

- o le pesticide connu sous le nom commercial DADYRSBAN 4 E, un insecticide organophosphoré contenant 480 g de Chlorpyrifos-éthyl / litre a été utilisé ;
- o le pesticide connu sous le nom commercial CALLIFAN 500 EC, un insecticide organochloré formulé et distribué par Callivoire a été utilisé. Il contient 500 g d'Endosulfan / litre.

II.1.4. Caractéristiques du sol du site expérimental

Le dispositif expérimental a été installé sur un sol du type ferrugineux tropical lessivé profond (BUNASOLS, 1990 ; 1991 ; cités par CEAS, 2004). Les paramètres physico-chimiques sont résumés dans le tableau II. Il s'agit d'un sol à texture limono

sableuse en surface (0 - 40 cm), limono-argileuse en profondeur (40 - 60 cm) et argileux entre 60 - 100 cm. Le sol est acide et pauvre en matière organique (moins de 1%). Le taux de saturation du complexe absorbant est moyen et augmente légèrement avec la profondeur à partir de 40 cm.

Tableau II : Caractéristiques physico-chimiques du sol du site d'étude

Paramètres mesurés	Horizon			
	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	60-100 cm
Argile (%)	8,67	17,08	33,92	40,08
Limons fins (%)	6,33	6,75	7,25	9,58
Limons grossiers (%)	25,58	21,63	19,30	17,52
Sables fins (%)	20,80	15,28	10,20	9,46
Sables grossiers (%)	38,62	38,26	29,33	23,35
Texture	Limono-sableux	Limono-sableux	Limono-argileux	argileux
Matière organique totale (%)	0,84	0,73	0,62	0,49
Carbone total (%)	0,49	0,42	0,36	0,29
Azote total (%)	0,04	0,04	0,04	0,03
C / N	11,67	11,33	10,33	9,33
Phosphore total (ppm)	85,00	81,33	54,00	73,67
Potassium total (ppm)	465,67	868,33	1390,67	1510,33
Potassium disponible (ppm)	82,27	34,17	40,93	62,03
Calcium (Ca ²⁺) (mEq / 100 g)	0,89	1,18	2,02	2,19
Magnésium (Mg ²⁺) (mEq / 100 g)	0,47	0,77	1,33	1,48
Potassium (K ⁺) (mEq / 100 g)	0,06	0,08	0,11	0,14
Sodium (Na ⁺) (mEq / 100 g)	0,10	0,11	0,12	0,11
Somme des bases (S) (mEq / 100 g)	1,52	2,14	3,58	3,92
Capacité d'échange (T) (mEq / 100 g)	2,36	3,40	5,32	5,74
Taux de saturation (S / T) (%)	64,00	62,33	67,67	68,67
pH eau	6,06	5,97	5,94	6,09
pH KCl	5,12	4,95	4,92	5,18

Source : Résultats d'analyse de sol (CEAS, 2008)

II.2. Méthodes d'étude

II.2.1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental a été installé depuis la campagne 2007 - 2008 en zone nord soudanienne du Burkina Faso. C'est un dispositif en Split-plot en blocs complètement

randomisés à trois répétitions. Il comprend deux (02) traitements principaux et huit (08) traitements secondaires.

Les traitements principaux consistent en la destruction de la macrofaune du sol (parcelles sans macrofaune) et en la préservation de la macrofaune du sol (parcelles avec macrofaune). La destruction de la macrofaune a été réalisée par application au sol de pesticides chimiques de synthèse.

Les traitements secondaires sont les différents modes de gestion de la fertilité du sol qui sont :

UL : Urée + Labour

CUL : Compost + Urée + Labour

CL : Compost + Labour

TUL : Tiges + Urée + Labour

To : Témoin (parcelle non amendée, ni labourée)

TM : Tiges mulch

TUM : Tiges + Urée mulch

J : Jachère

La matière organique (compost et tiges de sorgho) a été appliquée à la dose de 4 tonnes de matières sèches/ha et l'urée à la dose de 30 kg N/ha. Le dispositif comprend au total 48 parcelles élémentaires de 50 m² chacun (5 m x 10 m). Une allée principale de 10 m sépare deux blocs consécutifs. Dans chaque bloc, les traitements principaux sont séparés entre eux par des allées secondaires de 5 m et les traitements secondaires par des allées de 3 m.

Exceptée la jachère, toutes les parcelles ont été aménagées en bas de pente par des cordons pierreux de type pierres alignées. Le sorgho (SARIASO 14) avait été produit la campagne précédente.

Pour la présente étude, les traitements UL, CUL, CL, TUL et To ont été retenus.

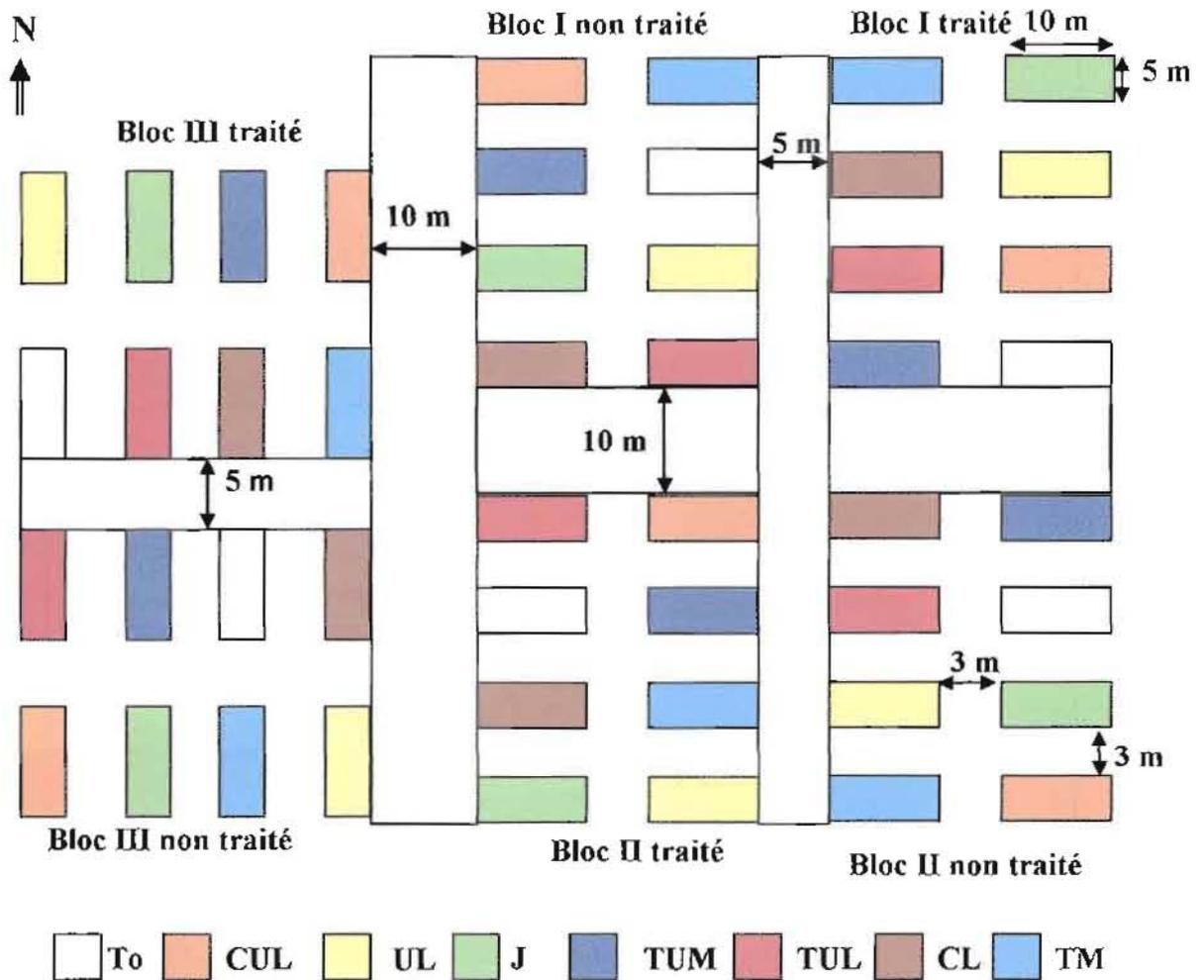


Figure 4 : Schéma du Dispositif expérimental

II.2.2. Conduite de l'expérimentation

II.2.2.1. Préparation du sol

Le semis a été précédé d'un labour à la charrue bovine qui a permis d'enfourer aussi bien les substrats organiques que minéraux pour les parcelles UL, CL, CUL, TUL et d'un désherbage très superficiel des parcelles témoins.

Le compost a été appliqué sur les parcelles CL et CUL selon la dose de 4 t / ha de matières sèches, soit 4,4 tonnes / ha de compost d'un taux d'humidité de 9,1 %. Chaque parcelle élémentaire a reçu 22 kg de compost.

Les pailles ont été appliquées selon la dose de 4 tonnes / ha de matières sèches, soit 4,04 tonnes / ha de pailles d'un taux d'humidité de 1 % sur les parcelles TUL. Chaque parcelle élémentaire a reçu 20,200 kg de pailles.

L'urée a été appliquée selon la dose de 30 kg N/ha, soit 65, 22 kg d'urée par ha. Dans les parcelles UL, CUL et TUL, elle a été enfouie. Chaque parcelle élémentaire a reçu 326 g d'urée.

II.2.2.2. Semis et démarrage.

La variété K VX 61 - 1 de niébé a été semée à raison de 3 à 4 graines par poquet. Un démarrage pour ajuster le nombre de plants par poquet à deux a été effectué treize jours après semis (JAS).

II.2.2.3. Traitements pesticides

L'Endosulfan et le Chlorpyrifos-éthyl ont été appliqués au semis, à 23 JAS et à 54 JAS à la dose de 1,25 g d'Endosulfan et 1,2 g de Chlorpyrifos-éthyl par parcelle élémentaire. Pour se faire, un mélange contenant 2,5 ml des pesticides CALIBAN 500 EC et DADYRSBAN 4 E a alors été dilué dans 15 litres d'eau, puis appliqué au sol à l'aide d'un pulvérisateur à dos et à pression soutenue sur chaque parcelle élémentaire.

II.2.2.4. Entretien de la culture

L'entretien des cultures a consisté essentiellement au sarclage dans les parcelles labourées et au désherbage manuel dans les parcelles témoins. Deux sarclages ont été réalisés : le premier est intervenu 11 JAS et le second 33 JAS. A ces mêmes périodes, des désherbages superficiels ont été effectués sur les parcelles témoins.

II.2.3. Estimation de la population de la macrofaune du sol

Pour étudier l'impact des traitements sur la macrofaune du sol, la méthode *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF) préconisée par Anderson et Ingram (1993), a été utilisée. Ainsi, un cadre métallique de dimensions 25 cm x 25 cm x 30 cm a été rapidement enfoncé dans le sol. Puis, une tranchée a été creusée pour dégager la terre afin de prélever les monolithes. Ils ont été fractionnés et émiettés à la main selon les horizons 0-10 cm et 10-30 cm. La macrofaune récoltée à l'aide de pinces fines a été conservée dans des bocaux contenant de l'alcool à 70%. L'inventaire a été effectué 60 JAS. Il a duré trois (03) jours et se faisait le matin jusqu'à 10 h.

La macrofaune soigneusement récoltée a été identifiée au laboratoire à l'aide d'une loupe binoculaire. La détermination du groupe, de la famille ou du genre a été faite à l'aide

de clés de détermination (Bland et Jaques, 1947; Bachelier, 1978 ; Villiers, 1979 ; Grassé, 1986 ; Delware et Aberlenc, 1989). Après cette identification, le nombre des individus de chaque groupe a été déterminé.

II.2.4. Méthodes d'échantillonnage du sol et des substrats utilisés dans la fertilisation

Pour caractériser les substrats utilisés comme fertilisants et afin de suivre les paramètres chimiques du sol, des échantillons de tiges, de compost et de sol ont été collectés.

II.2.4.1. Prélèvement d'échantillons de compost et des tiges

Trois (03) échantillons composites ont été constitués au moment de l'application des substrats à partir de 03 échantillons élémentaires pour le compost et les tiges de sorgho. Ces échantillons ont été envoyés au laboratoire du BUNASOLS pour la détermination de la teneur en Azote (N) total, en Phosphore (P) total, en Potassium (K) total, en Carbone total et le pH_{eau} .

II.2.4.2. Echantillonnage du sol

Les échantillons ont été prélevés à 60 JAS, au moment de l'inventaire de la macrofaune du sol qui correspond à la période de formation des gousses de niébé. Dans l'aire utile de chaque parcelle élémentaire, un échantillon composite a été constitué à partir de cinq (05) prélèvements élémentaires dans l'horizon 0-20 cm à l'aide d'une tarière. Les échantillons ont d'abord été séchés à l'ombre puis tamisés à l'aide d'un tamis de 2 mm. Ces échantillons ont servis aux différentes analyses.

II.2.5. Analyses chimiques

Afin de déterminer l'impact des différents traitements et de la macrofaune du sol sur les caractéristiques chimiques du sol, les échantillons prélevés ont été envoyés au laboratoire du Bureau National des Sols (BUNASOLS) pour la détermination du carbone total et de l'azote total, du phosphore total, pH_{eau} et du pH_{KCl} . Excepté le pH_{KCl} , tous ces paramètres ont été déterminés pour les amendements organiques (tiges de sorgho et compost). Sur les amendements, le potassium total (K) a été déterminé.

- Pour le carbone total, la méthode Walkley-Black (Walkley et Black, 1934) a été utilisée. L'échantillon est d'abord oxydé par du bichromate de potassium en milieu sulfurique, puis l'excès de bichromate est mesuré au spectrophotomètre à 650 nm.

- L'azote total et le phosphore total ont été déterminés après une minéralisation préalable de l'échantillon selon la méthode Kjeldahl (Hillebrand et *al.*, 1953). L'azote total est déterminé à l'auto-analyseur (SKALAR) en utilisant le nessler comme indicateur. Pour le phosphore total, le molybdate d'ammonium a été utilisé en présence d'acide ascorbique.

- La détermination du potassium total s'est faite selon le même procédé que celui de l'azote et du phosphore total. Mais le potassium total a été déterminé au photomètre à flamme CORNING 400.

- Le pH_{eau} et le pH_{KCl} ont été déterminés à l'aide d'un pH-mètre électronique selon les normes AFNOR (1981) (rapport sol / solution de 1 / 2.5). Pour le pH_{eau} , la détermination a été faite dans une suspension de l'échantillon avec de l'eau distillée. Quant au pH_{KCl} , elle a été réalisée dans une suspension de l'échantillon dans une solution molaire de KCl.

II.2.6. Évaluation de l'activité biologique globale du sol.

L'activité biologique globale (C-CO₂ dégagé) du sol a été évaluée par la méthode du test respirométrique sur les différents traitements. Les échantillons de sols de l'horizon de surface (0-20 cm) ont été séchés à l'air libre et à l'ombre, puis tamisés à 2 mm. Par la suite 100 g de sol humidifiés au deux tiers de la capacité au champ ont été placés dans des bocaux d'un litre hermétiquement fermés et contenant un piège à CO₂ constitué de 20 ml de soude 0.1 N et un flacon d'eau distillée (10 ml) pour humidifier le milieu. Un témoin par répétition constitué uniquement d'un flacon contenant la même quantité de soude et d'un autre contenant de l'eau distillée a été placé dans les mêmes conditions pour tenir compte de la carbonisation initiale de la soude dans le bocal. Pour maintenir la température identique pendant la durée de l'incubation, les bocaux ont été maintenus dans une étuve à 28±2 ° C. Le CO₂ piégé par la soude est précipité par 3 ml d'une solution de chlorure de baryum BaCl₂ (3%) et est dosé avec de l'acide chlorhydrique 0.1 N en présence de phénolphtaléine (indicateur coloré). Les dosages ont été faits quotidiennement durant la première semaine d'incubation et tous les deux jours à partir du 8^{ème} jour jusqu'au 21^{ème} jour. La solution de soude est renouvelée après chaque dosage. La quantité (Q) de C-CO₂ dégagée par jour est obtenue par la formule suivante (Dommergues, 1960):

$$Q \text{ (mg / 100 g de sol)} = [V_{\text{HCl}} \text{ (blancs)} - V_{\text{HCl}} \text{ (traitement)}] \times 2.2$$

Avec : V_{HCl} (blancs) et V_{HCl} (traitement) étant respectivement les volumes moyens d'acide chlorhydrique utilisés pour le témoin et le traitement; le coefficient 2.2 signifie que à 2,2 mg de CO_2 correspond 1 ml de HCl 0,1N (Dommergues, 1960; Segda, 2006).

II.2.7. Détermination de la biomasse microbienne

La détermination a été faite selon la méthode fumigation-incubation de Jenkinson et Powlson (1976). La fumigation a consisté, à déposer 100 g de sol dans un dessiccateur contenant du chloroforme qui a été débarrassé de l'éthanol après plusieurs lavages à l'eau. A l'aide d'une pompe à vide, on crée un vide dans le dessiccateur en vue de saturer l'atmosphère par les vapeurs de chloroforme. Après 24 heures de fumigation, les vapeurs de chloroforme sont évacuées. La fumigation tue les microorganismes et libère les composés organiques contenus dans leurs parois. Les échantillons de sol fumigés sont incubés à la température de $28 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 14 jours et le CO_2 dégagé a été mesurée au 7^e et au 14^e jour.

La biomasse microbienne a été estimée à l'aide de la formule utilisée par Fardoux *et al.* (2000):

$$\text{BM (mg)} = (F_{0-7} - F_{8-14}) / Kc$$

F_{0-7} est le CO_2 dégagé entre 0^{ème} et 7^{ème} jours par les échantillons fumigés;

F_{8-14} le CO_2 dégagé entre 8^{ème} et 14^{ème} jours par les échantillons fumigés;

Kc est égale 0,41 est le coefficient de proportionnalité représentant la fraction minéralisable de carbone en CO_2 proposé par Nicolardot *et al.* (1984).

II.2.8. Quotient métabolique ($q\text{CO}_2$) ou respiration spécifique

Le quotient respiratoire est la quantité de carbone minéralisé par gramme de biomasse microbienne et par jour. Elle a été déterminée en utilisant la formule suivante (Chaussod *et al.*, 1992) :

$$q\text{CO}_2 = C_m (14) / (14 \times C\text{-BM}) \text{ où :}$$

- $C_m (14)$ est le carbone minéralisé pendant 14 jours d'incubation
- C-BM est la biomasse microbienne
- 14 est le nombre de jours d'incubation

II.2.9. Taux de Minéralisation Global (TMG)

Le taux de minéralisation global est le rapport entre C-CO₂ dégagé cumulé et la teneur en carbone total dans le traitement considéré. Il exprime la vitesse de minéralisation de la matière organique (Dommergues, 1968) et permet d'estimer l'évolution temporelle des substrats organiques. Il est calculé en utilisant la formule suivante (Pallo *et al.*, 2006) :

$$\text{TMG (\%)} = (\text{C-CO}_2 / \text{C}_{\text{total}}) \times 100 \text{ où}$$

C-CO₂ est la quantité de CO₂ dégagé et C_{total} est le carbone total du sol.

II.3. Analyses statistiques

Les données ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA). Le logiciel Genstat version 6.1 a été utilisé. La séparation des moyennes a été effectuée par le test de Fisher (la plus petite différence significative) au seuil de 5%.

Les données sur la macrofaune ont servi au calcul des paramètres suivants : la densité (nombre moyen d'individus / m²), la diversité et l'équitabilité.

La diversité a été évaluée à partir de l'indice Shannon Weaver (H'). Cet indice prend en compte le nombre de groupes rencontrés (s). Sa valeur calculée est obtenue par la formule :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \times \log_2(p_i) \text{ avec}$$

p_i = probabilité de rencontre d'un taxon i sur une parcelle (nombre d'individus du taxon / nombre total d'individus récolté dans la parcelle) et s = nombre total des taxons rencontrés sur la parcelle.

Cet indice est nul quand il n'y a qu'un taxon et sa valeur est maximale quand tous les taxons ont la même abondance (Frontier et Pichod-Viale, 1998).

L'équitabilité (E) encore appelée régularité mesure la répartition équitable des taxons. Elle permet de comparer des peuplements comportant des nombres de taxons différents avec comme objectif d'observer l'équilibre des populations présentes. Elle est égale au rapport entre la diversité réelle calculée et la diversité théorique maximum.

$$E = H' / \log_2(s)$$

E tend vers 0 lorsqu'un taxon domine largement un peuplement et est égale à 1 lorsque tous les taxons ont la même abondance.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

I. EFFETS DES MODES DE GESTION DE LA FERTILITE SUR LA MACROFAUNE DU SOL

I.1. Résultats

I.1.1. Impact des traitements pesticides sur la macrofaune du sol

Les résultats de l'inventaire de la macrofaune ont montré qu'un total de 2 859 individus / m² a été récolté dans les parcelles non traitées avec les pesticides contre un total de 59 individus dans les parcelles ayant reçu les pesticides (Tableau III). Les traitements pesticides ont permis d'éliminer 97,98% de la macrofaune dans les parcelles traitées. L'analyse de variance des facteurs principaux montre que les pesticides ont eu un effet significatif ($p = 0,002$) sur la densité de la macrofaune du sol (Tableau IV).

Tableau III : Densité total (0–30 cm) de la macrofaune du sol dans les parcelles traitées et non traitées (individus / m²)

Traitements	Parcelles traitées	Parcelles non traitées
UL	0 ^a	192 ^a
CUL	32 ^a	480 ^b
CL	0 ^a	763 ^b
TUL	0 ^a	1285 ^b
To	27 ^a	139 ^a
Lsd pour comparer les parcelles traitées aux parcelles non traitées		332,7

Les moyennes suivies de la même lettre sur la même ligne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% : Lsd : la plus petite différence significative ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin

Tableau IV: ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur la densité de la macrofaune du sol au seuil de 5%

Facteurs	ddl	Valeur de F	Probabilité	Signification
Pesticides	1	12,51	0,002	S
Modes de gestion de la fertilité	4	1,71	0,191	NS
Pesticides x Modes de gestion de la fertilité	4	1,83	0,168	NS

ddl : degré de liberté ; S : significative ; NS : non significative.

1.1.2. Impact des modes de gestion de la fertilité sur la diversité et la densité de la macrofaune du sol

Dans les parcelles non traitées avec des pesticides, un total de 2 859 individus / m² sur une profondeur de 30 cm a été récolté sur l'ensemble des parcelles. Ils sont regroupés en cinq (05) classes, dix (10) Ordres et quatorze (14) familles, et sont surtout rencontrés dans les parcelles soumises au traitement TUL (44,96% de la population recensée) et CI (26,68% de la population recensée). La macrofaune est très peu présente dans les autres traitements : 16,79% sur le traitement CUL, 6,72% sur le traitement UL et 4,85% sur le témoin (Tableau V).

Les termites constituent le groupe majoritaire. Ils représentent 71,25% des individus et sont plus abondants sur le traitement TUL avec une densité de 867 individus / m². Les fourmis constituent le deuxième groupe majoritaire et représentent 17,14% des individus. La plus forte densité de fourmis a été observée sur le traitement TUL avec 432 individus / m². Les myriapodes sont plus abondants sur le traitement UL (149 individus / m²). Le témoin a enregistré la plus forte densité de coléoptères avec 21 individus / m². Quant aux vers de terre, ils sont plus abondants sur les traitements CI avec une densité de 16 individus / m² (Tableau V).

Dans les parcelles traitées avec des pesticides, 59 individus / m² sur une profondeur de 30 cm ont été dénombrés sur l'ensemble des parcelles.

Tableau V : Diversité et abondance de la macrofaune du sol dans les parcelles non traitées (individus / m²)

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	UL	CUL	CL	TUL	To	Pourcentage de chaque groupe	
Arthropodes	Insectes	Isoptères	<i>Termitidae</i>	16	432	693	827	69	71,25%	
			<i>Elateridae</i>	0	0	0	0	5	0,17%	
		Coléoptères	<i>Staphylinidae</i>	0	0	0	5	11	0,56%	
			<i>Carabidae</i>	11	0	0	0	0	0,38%	
			<i>Tenebrionidae</i>	0	0	0	0	5	0,17%	
			<i>Formicidae</i>	11	37	5	432	5	17,14%	
		Divers insectes	Divers insectes	6	6	6	0	6	0,84%	
		Myriapodes	Diplopodes	<i>Iulidae</i>	0	0	27	6	6	1,36%
				Polydesmides	0	0	0	0	16	0,56%
			Chilopodes	<i>Scolopendrellidae</i>	148	0	0	0	0	5,18%
	Arachnides	Araneae	<i>Agelenidae</i>	0	0	0	5	0	0,17%	
			Solifuges	0	5	0	0	0	0,17%	
			Acariens	<i>Trombididae</i>	0	0	5	0	5	0,35%
Annélides	Annélides oligochètes	<i>Lumbricina</i>	<i>Lumbricidae</i>	0	0	16	5	11	1,12%	
Mollusques	Gastéropodes	Stylommatophores	Limaces	0	0	11	5	0	0,56%	
Densité total (individus / m²)				192	480	763	1285	139	99,98%	
Pourcentage par traitement				6,72%	16,79%	26,68%	44,96%	4,85%	100%	

UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin

1.1.3. Composition taxonomique de la macrofaune du sol

Dans les parcelles non traitées avec des pesticides, les espèces inventoriées appartiennent à trois embranchements, regroupant cinq classes et dix ordres de macrofaune bien représentés et divers ordres d'insectes (Tableau V). L'embranchement des Arthropodes représente 98,30% des individus. Au sein de cet embranchement, la classe des Insectes est majoritaire (90,51%) et regroupe l'ordre des Isoptères (71,25%) représenté par les termites ; l'ordre des Hyménoptères (17,14%) représenté par les fourmis ; l'ordre des Coléoptères (1,28%) composés de *Staphilinidae*, d'*Elateridae*, de *Cerabidae* et de *Tenebrionidae* et divers ordres d'insectes (Diptères, Dermaptères, Lépidoptères, Protoures) représentant 0,84% des individus. La classe des Arachnides (0,69%) regroupe les Acariens (0,35%), les Solifuges (0,17%) et les Araignées (0,17%) ; la classe des Myriapodes (7,10%) est constituée de Chilopodes (5,18%) représentés par les Scolopendres et de Diplopedes (1,92%) dont la famille des *Iulidae* et des *Polydesmides*. L'embranchement des annélides est représenté par la classe des Annélides Oligochètes (vers de terre) et renferme 1,12% des individus. Le troisième embranchement est celui des Mollusques avec 0,56% des individus représentés par la classe des Gastéropodes. Tous les individus récoltés de cet embranchement appartiennent à l'ordre des Stylommatophores.

1.1.4. Indice de diversité et d'équitabilité de la macrofaune du sol

La famille a été le niveau de classification retenu pour le calcul des indices de diversité de Shannon Weaver et d'équitabilité. Ces deux indices sont plus élevés sur le témoin avec respectivement 1,81 et 0,55 suivi du traitement CL. Les plus faibles indices de diversité et d'équitabilité sont observés sur le traitement TUL. (Tableau VI). La combinaison de la matière organique à l'urée a entraîné un développement sélectif de la macrofaune. Cette situation est plus marquée lorsque l'urée est combinée aux tiges.

Tableau VI : Indice de diversité et d'équitabilité de la macrofaune du sol dans les parcelles non traitées

Traitements	UL	CUL	CL	TUL	To
Richesse taxonomique	5	4	7	7	10
Indice de diversité	0,74	0,55	1,02	0,48	1,81
Indice d'équitabilité	0,32	0,28	0,36	0,17	0,55

UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin

1.1.5. Principales classes trophiques

Les différents groupes représentés ont été classés sur la base de leur fonction trophique dans leur écosystème. Les trois (3) classes obtenues sont les détritiphages, les prédateurs et les phytophages (Tableau VII). Ce classement reste approximatif dans la mesure où le régime alimentaire ou les activités peuvent être très différentes entre espèces d'une même famille, voire entre stade de développement ou statut physiologique d'une même espèce. Dans notre classement, les détritiphages contribueront à la restitution de la matière organique dans le sol. Ils fragmentent la matière organique fraîche, facilitant ainsi sa décomposition. Aussi, ils contribuent à la formation des complexes argilo-humiques améliorant ainsi la structure du sol. Les prédateurs seront un indicateur de l'équilibre biologique du système. L'action de ces deux classes trophiques s'avère potentiellement bénéfiques pour le fonctionnement de l'agro-écosystème. Les phytophages auront quant à eux un caractère défavorable pour l'état sanitaire de la culture. Certaines espèces comme les *Elateridae* et les *Jules* s'attaquent aux racines des plantes alors que d'autres sont défoliatrices comme les Lépidoptères. Les résultats de l'inventaire de la macrofaune montrent qu'une grande proportion de la macrofaune récoltée a une action bénéfique pour le fonctionnement de l'agro-écosystème (Tableau VIII). Les détritiphages regroupent sept (07) familles appartenant à six (06) ordres, trois (03) classes et deux (02) embranchements. Les termites constituent avec les fourmis, les principaux groupes de détritiphages et sont plus abondants sur le traitement TUL. Ils sont plus abondants que les prédateurs qui appartiennent tous à l'embranchement des Arthropodes. Les *Araneae*, les *Formicidae* et les *Scolopendrellidae* dominent la population des prédateurs. Le plus fort taux de phytophages est enregistré sur le témoin avec 12,23%.

Tableau VII : Principales classes trophiques de la macrofaune du sol dans les parcelles non traitées

Action	Fonction	Embranchement	Classe	Ordre	Famille		
Bénéfique	Détritiphages	Arthropodes	Insectes	Hyménoptères	<i>Formicidae</i>		
				Coléoptères	<i>Tenebrionidae</i>		
				Isoptères	<i>Termitidae</i>		
				Diptères	<i>Tipulidae</i> <i>Bibionidae</i>		
				Myriapodes	<i>Diplopodes</i> <i>Polydesmidae</i>		
	Prédateurs	Arthropodes	Arachnides	Myriapodes	Annélides	<i>Lumbricina</i> <i>Lumbricidae</i>	
					oligochètes		
					Insectes	Coléoptères	<i>Staphylinidae</i> <i>Carabidae</i>
					Hyménoptères	<i>Formicidae</i>	
					Acariens	<i>Agelenidae</i> <i>Trombididae</i>	
Nuisible	Phytophages	Arthropodes	Insectes	Solifuges	Divers Solifuges		
				Myriapodes	Chilopodes	<i>Scotopendrellidae</i>	
				Mollusques	Coléoptères	<i>Elateridae</i>	
					Gastéropodes	Lépidoptères	<i>Lépidoptères</i> (larves)
			Diplopodes	<i>Iulidae</i>			
			Stylommatophores	Divers Stylommatophores			

Tableau VIII : Répartition des principales classes trophiques de la macrofaune du sol en fonction de la nature de leur action

Traitements	UL	CUL	CL	TUL	To
Action bénéfique	96,88%	98,75%	94,23%	99,14%	87,77%
Action nuisible	3,13%	1,25%	5,77%	0,86%	12,23%

UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin

1.2. Discussion

La macrofaune du sol joue au sein de l'écosystème des rôles essentiels pour le maintien de la qualité des sols. Les résultats montrent que les traitements pesticides ont été efficaces et ont permis d'éliminer 97,98% des individus. L'analyse de variance des facteurs principaux montre que les pesticides ont eu un effet significatif ($p = 0,002$) sur la densité de la macrofaune du sol (Tableau IV). Les parcelles traitées peuvent alors être qualifiées de parcelles sans macrofaune du sol et celles non traitées de parcelles avec macrofaune du sol.

I.2.1. Impact des modes de gestion de la fertilité sur l'abondance numérique de la macrofaune

Les résultats montrent que les modes de gestion de la fertilité n'ont pas eu d'effet significatif sur la densité de la macrofaune du sol. Toutefois, le nombre moyen d'individus par m² varie suivant les traitements. En effet, la qualité et l'abondance de la matière organique sont des facteurs contrôlant la macrofaune (Lavelle, 2000 ; Ouédraogo *et al.*, 2004). L'usage de la matière organique a induit de forte densité par rapport à l'usage d'urée. Ce résultat s'explique par le fait que la matière organique constitue une source d'énergie pour la macrofaune du sol. Le traitement TUL enregistre la plus forte densité de macrofaune. On note dans ce traitement une forte densité des termites. Cependant, les résultats montrent que l'ajout d'urée au compost entraîne une diminution de la densité de la macrofaune du sol. La forte densité de la macrofaune sur le traitement à base de tiges s'explique donc par la présence des tiges de sorgho. Ces résultats corroborent ceux de Ouédraogo *et al.* (2004), de Bagnian (2006) et de Ouédraogo (2009), qui ont montré que la densité des termites était corrélée à la nature de la matière organique apportée. Ces derniers préfèrent la matière organique riche en lignine et en cellulose.

Les termites constituent le groupe dominant de la macrofaune du sol. Ces résultats corroborent ceux de Lavelle *et al.* (1991), de Bagnian (2006), Ouédraogo (2009). La forte densité de termites s'explique par la faible pluviosité de la zone. En effet, Lavelle *et al.* (1991) ont montré que dans les zones où la pluviosité est inférieure à 1000 mm, les termites dominent la population de la macrofaune du sol. Les faibles densités de vers de terre observées seraient liées d'une part à la faible pluviométrie de la zone (Lavelle *et al.*, 1991) et d'autre part à la texture limono-sableuse de l'horizon 0 - 40 cm (Bachelier, 1978 ; Lapiéd *et al.*, 2009). Le traitement CL a la plus forte densité de vers de terre. Les mêmes observations ont été faites sur le même site (Ouédraogo, 2009). Ces résultats confirment les observations de Bachelier (1971) et de Ben Leroy *et al.* (2008) qui avaient montré que les vers de terre préféraient les litières tendres, les composts ou les fumiers. Lapiéd *et al.* (2009) ont également montré que la densité de vers de terre était plus élevée sur les parcelles ayant reçu du compost par rapport aux parcelles traitées à l'urée.

1.2.2. Impact des modes de gestion de la fertilité sur la Diversité spécifique

L'évaluation de la diversité de la macrofaune a été faite à travers l'indice de Shannon Weaver. Les résultats indiquent dans l'ensemble une faible diversité de la macrofaune du sol. Les plus forts indices de diversité et d'équitabilité sont observés sur le témoin avec respectivement 1,81 et 0,55. Les perturbations liées au labour ou l'apport des fertilisants influencent la diversité de la macrofaune du sol. Ces résultats sont en accord avec ceux de Mboukou-Kimbatsa (1997) qui ont montré que le labour et la fertilisation minérale réduit la diversité de la macrofaune du sol. L'apport de matière organique de pauvre qualité (Tiges) favorise le développement sélectif des termites. Cependant, l'apport de compost seul est favorable à un développement plus équilibré de la macrofaune du sol.

1.2.3. Impact des modes de gestion de la fertilité sur les principales classes trophiques

La classification des macro-invertébrés sur la base de leurs régimes alimentaires laisse apparaître une influence des modes de gestion des sols sur la répartition des différents groupes trophiques. Brown *et al.* (2002) distingue la macrofaune bénéfique (détritiphages et prédateurs) et nuisible (phytophages). Les résultats montrent que la majorité de la macrofaune recensée dans les différents modes de gestion de la fertilité des sols (87,77% à 99,14%) ont des actions bénéfiques au fonctionnement de l'agro-écosystème. Les détritiphages constituent le groupe trophique dominant. L'application de la matière organique augmente la densité des détritiphages par rapport à l'urée. Ce résultat s'expliquerait par la disponibilité de la matière dans les traitements à base de tiges ou de compost. La forte proportion de détritiphages dans le traitement TUL serait liée à la nature de la matière organique disponible. En effet, l'enfouissement des tiges entraîne la prolifération de nombreux macro-invertébrés notamment les termites (Ouédraogo *et al.*, 2004). Sur le traitement UL, les prédateurs sont les plus abondants. La faible proportion de détritiphages par rapport aux prédateurs dans ce traitement s'explique par les faibles teneurs en matière organique. Dans le témoin, on note 12,23% de phytophages. La fertilisation organique et / ou minérale, en favorisant le développement de la communauté de détritiphages et de prédateurs permettrait de réduire la proportion de phytophages dans le sol. En effet, les Araignées des prédateurs des Lépidoptères (notamment les larves) et sont de ce fait très importants dans la protection intégrée des cultures.

II. EFFET DES MODES DE GESTION DE LA FERTILITE ET DE LA MACROFAUNE SUR LES CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DU SOL

II.1. Résultats

II.1.1. Carbone total du sol

II.1.1.1. Effet des modes de gestion de la fertilité sur le carbone total du sol

Dans les parcelles sans macrofaune du sol, les résultats présentés dans la Figure 5 montrent que le traitement CL enregistre la plus forte teneur en carbone total (0.584%). La plus faible teneur en carbone total a été enregistrée sur le traitement UL (0.451%). L'urée a réduit la teneur en carbone du sol de 8% à 23% par rapport à la matière organique.

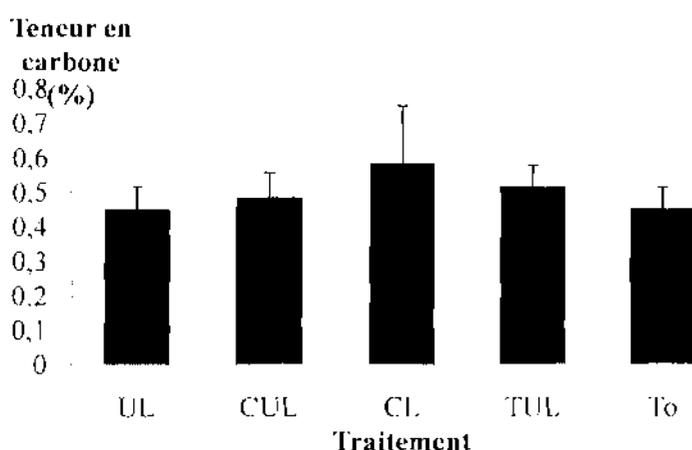


Figure 5 : Teneur en carbone total dans les parcelles sans macrofaune du sol

Les barres représentent les écarts types : UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin.

Dans les parcelles avec macrofaune du sol, les résultats (Figure 6) montrent que la teneur en carbone total du sol est plus élevée dans le traitement CUL (0.556%) suivi du traitement CL avec 0,547%. En présence de la macrofaune du sol, le traitement UL qui contient 0,453% a eu un impact négatif sur la teneur en carbone par rapport au témoin. Ce traitement a induit une baisse de la teneur en carbone total de 5% à 19% par rapport à la matière organique et de 8% par rapport au témoin.

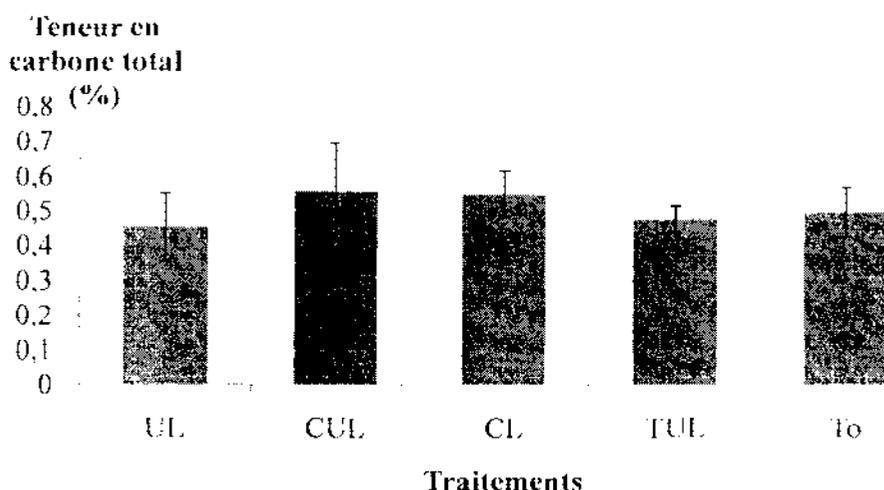


Figure 6 : Teneur en carbone total dans les parcelles avec macrofaune du sol

Les barres représentent les écarts types ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin.

II.1.1.2. Effet de la macrofaune sur le carbone total du sol

La comparaison des moyennes arithmétiques (Figure 7) montre que l'effet de la macrofaune sur le carbone total varie d'un traitement à l'autre. Il a été observé une faible teneur en carbone dans les parcelles CL et TUL en présence de la macrofaune du sol. Sur ces traitements, la présence de la macrofaune a réduit la teneur en carbone total de 2%. Cependant, on note une augmentation de la teneur en carbone total dans les traitements UL, témoin et CUL, en présence de la macrofaune du sol respectivement de 0,09%, 2% et 4%.

L'ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur le carbone total ne révèle pas de différence significative entre les modes de gestion de la fertilité au seuil de 5%. Aussi, elle n'a pas révélé de différence significative entre les parcelles avec macrofaune du sol et les parcelles sans macrofaune du sol. L'interaction entre les modes de gestion de la fertilité et la macrofaune n'a pas eu d'impact significatif sur le carbone total du sol (Tableau IX).

Tableau IX: ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur le carbone total du sol au seuil de 5%

Facteurs	ddl	Valeur de F	Probabilité	Signification
Macrofaune	1	0,04	0,852	NS
Modes de gestion de la fertilité	4	1,61	0,214	NS
Macrofaune x Modes de gestion de la fertilité	4	0,48	0,748	NS

ddl : degré de liberté ; NS : non significative.

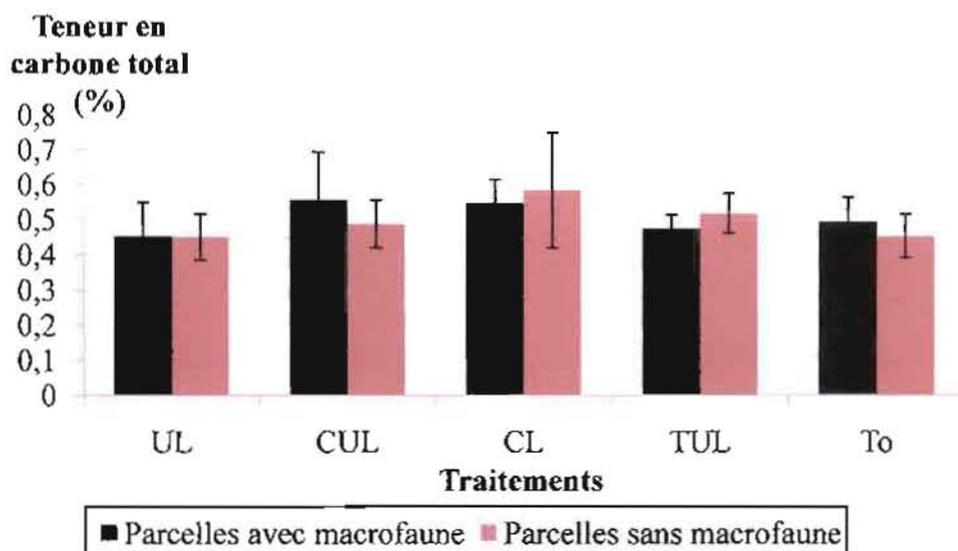


Figure 7 : Variation du taux de carbone total dans les parcelles avec et sans macrofaune du sol

Les barres représentent les écarts types ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin

II.1.2. Azote total du sol

II.1.2.1. Effet des modes de gestion de la fertilité sur l'azote total du sol

Les teneurs en azote total dans les parcelles sans macrofaune du sol sont présentées dans la Figure 8. L'examen des résultats révèle que la teneur la plus élevée est enregistrée pour le traitement CL (0,0447%). L'ajout d'urée au compost a réduit la teneur en azote du sol. La plus faible teneur en azote est observée sur le traitement UL (0,0347%). En considérant la teneur en azote total, les traitements peuvent être classés de la façon suivante : CL > TUL > CUL > To > UL.

En présence de la macrofaune du sol (Figure 9), les résultats montrent que la teneur en azote total du sol est plus élevée dans le traitement CL (0,0443%) suivi du traitement CUL (0,040%). La plus faible teneur en azote total est observée sur les traitements TUL (0,0347%).

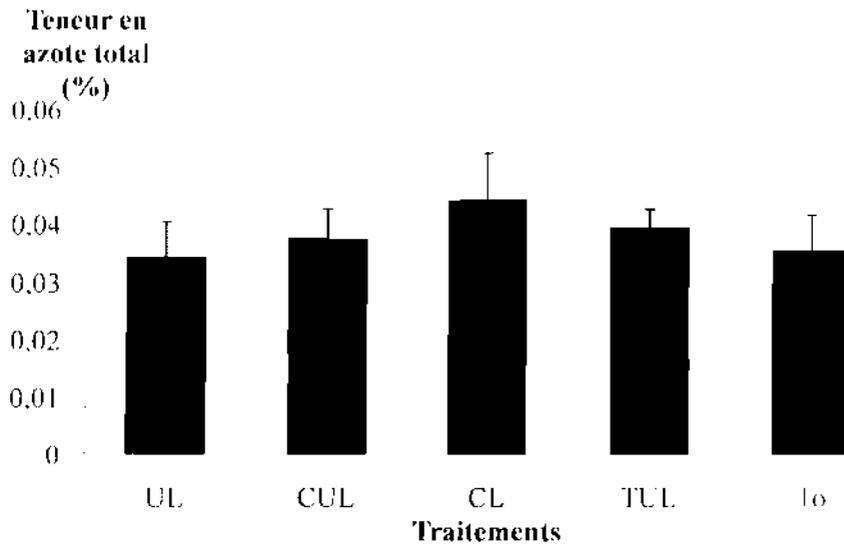


Figure 8 : Teneur en azote total dans les parcelles sans macrofaune du sol

Les barres représentent les écarts types ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin.

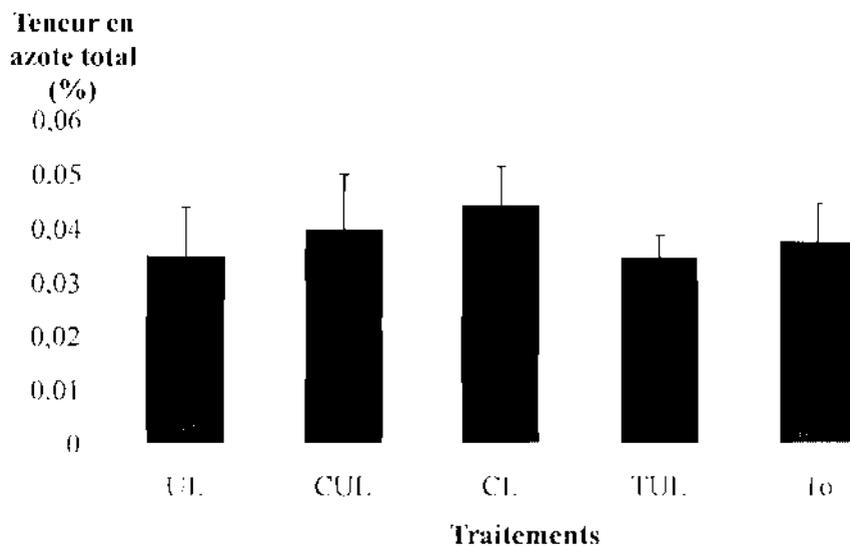


Figure 9 : Teneur en azote total dans les parcelles avec macrofaune du sol

Les barres représentent les écarts types ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin.

II.1.2.2. Effet de la macrofaune sur l'azote total du sol

L'impact de la macrofaune sur la teneur en azote varie suivant les traitements (Figure 11). La macrofaune a eu un effet positif sur la teneur en azote dans les traitements CUI, et To. Par contre, elle a eu un impact négatif sur l'azote du sol dans les traitements CL et TUI. Une forte corrélation linéaire positive entre les teneurs en azote et en carbone a été mise en évidence en présence de la macrofaune ($R^2 = 0,77$) et en absence de la macrofaune ($R^2 = 0,99$) (Figure 10).

L'analyse de variance des facteurs principaux (Tableau X) ne révèle aucune différence significative entre la teneur en azote total des traitements. Aussi, elle a montré que la macrofaune ainsi que son interaction avec les modes de gestion de la fertilité n'ont pas eu d'impact significatif sur la teneur en azote total du sol.

Tableau X : ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur l'azote total du sol au seuil de 5%

Facteurs	ddl	Valeur de F	Probabilité	Signification
Macrofaune	1	0,02	0,892	NS
Modes de gestion de la fertilité	4	1,83	0,167	NS
Macrofaune x modes de gestion de la fertilité	4	0,30	0,877	NS

ddl : degré de liberté ; NS : non significative.

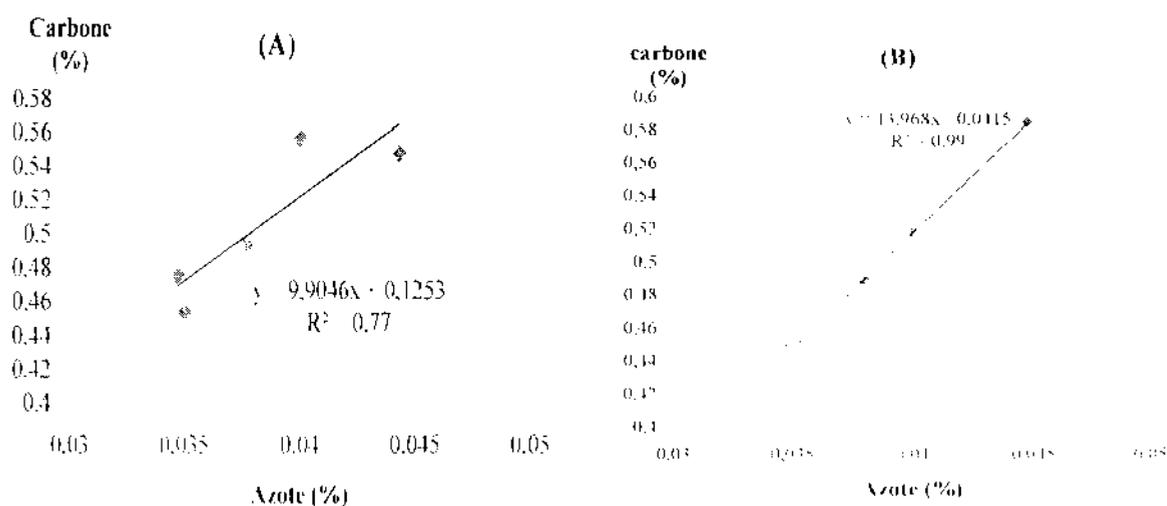


Figure 10 : Corrélation entre la teneur en carbone et en azote du sol (A) : parcelles avec macrofaune ; (B) : parcelles sans macrofaune du sol

R^2 : coefficient de corrélation linéaire

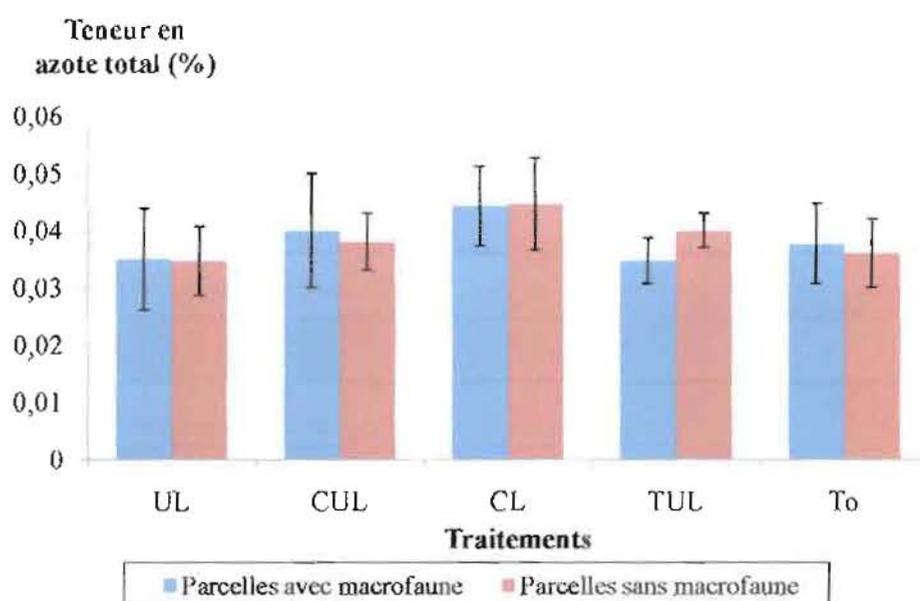


Figure 11 : Variation de la teneur en azote total dans les parcelles avec et sans macrofaune du sol

Les barres représentent les écarts types ; UL : urée + labour , CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée : labour ; To : témoin.

II.1.3. Phosphore total du sol

II.1.3.1. Effet des modes de gestion de la fertilité sur le phosphore total du sol

Dans les parcelles sans macrofaune du sol, la comparaison des moyennes (Figure 12) montre une plus forte teneur en phosphore total du sol dans les traitements CL et témoin (69,8 ppm). La plus faible teneur en phosphore total du sol est observée dans le traitement UL (54,9 ppm).

Dans les parcelles avec macrofaune du sol (Figure 13), la teneur en phosphore total est plus élevée dans le traitement TUL (89,8 ppm). La plus faible teneur en phosphore total est observée dans le traitement CL (74,8 ppm).

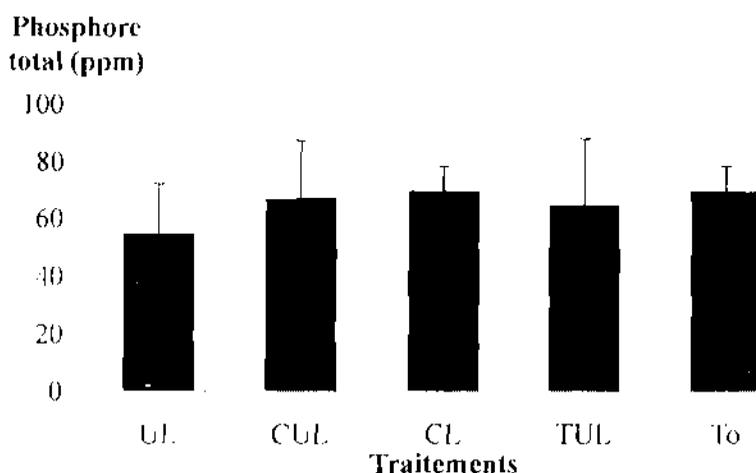


Figure 12 : Teneur en phosphore total dans les parcelles sans macrofaune du sol

Les barres représentent les écarts types ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin.

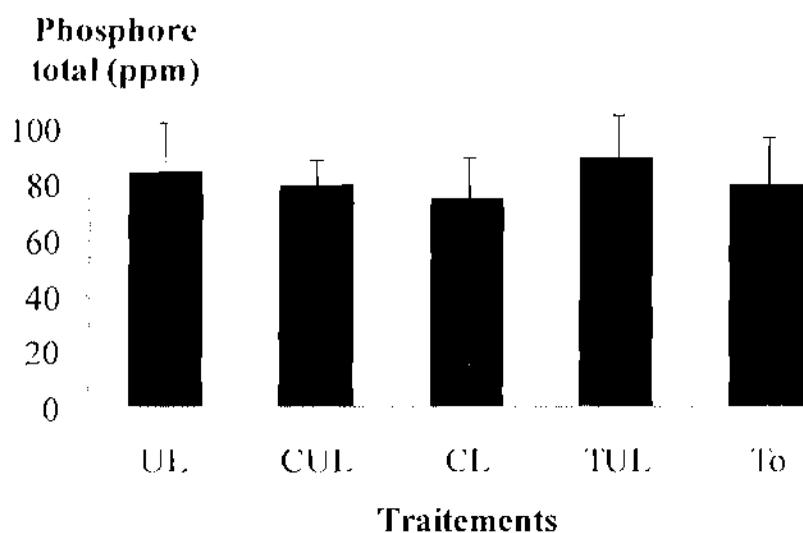


Figure 13 : Teneur en phosphore total dans les parcelles avec macrofaune du sol

Les barres représentent les écarts types ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin.

11.1.3.2. Effet de la macrofaune sur le phosphore total du sol

Le tableau XI présente les résultats concernant la variation de la teneur du sol en phosphore, en fonction de l'absence ou de la présence de la macrofaune du sol.

Tableau XI : Phosphore total du sol dans les parcelles avec et sans macrofaune du sol (ppm)

Traitements	Parcelles sans macrofaune	Parcelles avec macrofaune
UL	54,9 ^b	84,8 ^d
CUL	67,4 ^b	79,8 ^d
CL	69,8 ^a	74,8 ^d
TUL	64,9 ^b	89,8 ^d
To	69,8 ^a	79,8 ^d
Lsd pour comparer les parcelles sans macrofaune aux parcelles avec macrofaune		11,75

Les moyennes suivies de la même lettre sur la même ligne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% ; Lsd : la plus petite différence significative ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin

Dans tous les traitements, la présence de la macrofaune a entraîné une augmentation de la teneur en phosphore total du sol. Cette augmentation de la teneur en phosphore total est de l'ordre de 7% à 54%. Le traitement UL enregistre la plus forte augmentation. La séparation des moyennes montre que la présence de macrofaune n'a pas d'impact significatif sur la teneur en phosphore total dans les traitements CL et To. Dans les autres traitements, la présence de la macrofaune a entraîné une augmentation significative de la teneur en phosphore du sol (Tableau XI).

L'analyse de variance des facteurs principaux n'a pas révélé de différence entre la teneur en phosphore dans les différents modes de gestion de la fertilité. Cependant, elle révèle un impact significatif de la macrofaune sur la teneur en phosphore total du sol. Par ailleurs, l'interaction entre la macrofaune et les modes de gestion de la fertilité n'a pas eu d'impact significatif sur la teneur en phosphore total du sol (Tableau XII).

Tableau XII: ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur le phosphore total du sol au seuil de 5%

Facteurs	ddl	Valeur de F	Probabilité	Signification
Macrofaune	1	8,67	0,009	S
Modes de gestion de la fertilité	4	0,20	0,935	NS
Macrofaune x modes de gestion de la fertilité	4	0,71	0,597	NS

ddl : degré de liberté ; S : significatif ; NS : non significative.

II.1.4. pH_{eau} du sol

II.1.4.1. Effet des modes de gestion de la fertilité sur le pH_{eau} du sol

Dans les parcelles sans macrofaune du sol, les résultats (Figure 14) montrent que le pH_{eau} du sol est plus élevé sur le témoin. Il diffère significativement des autres traitements. La plus faible valeur de pH_{eau} est observée sur les traitements CUL et UL (6,047). Aucune différence n'a été révélée entre ces traitements et le traitement CL. Cependant, le traitement TUL a un pH_{eau} significativement plus élevé que ces deux traitements.

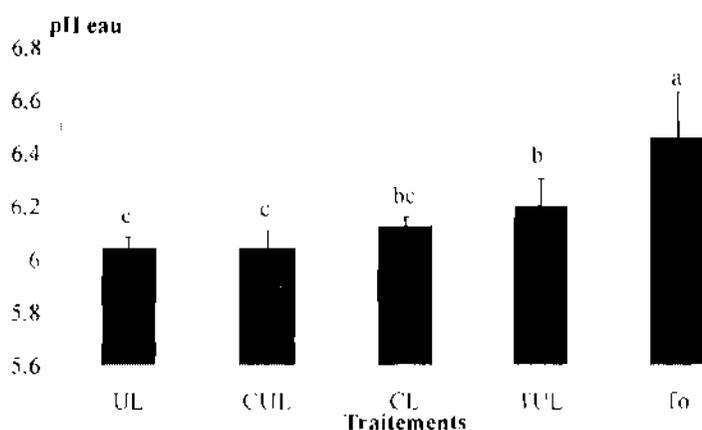


Figure 14 : pH_{eau} dans les parcelles sans macrofaune du sol

Les barres représentent les écarts types ; les histogrammes portant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% : UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin.

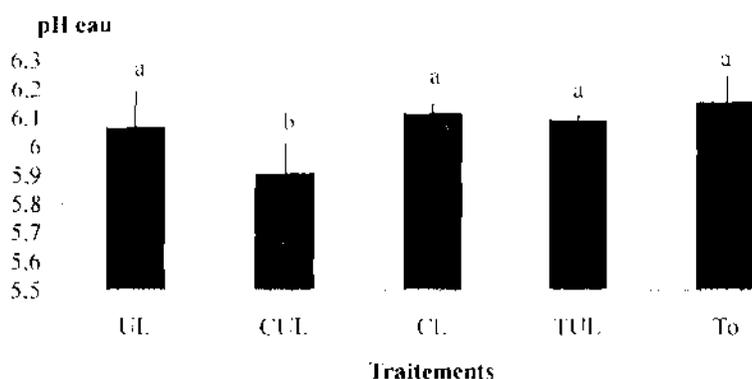


Figure 15 : pH_{eau} dans les parcelles avec macrofaune du sol

Les barres représentent les écarts types ; les histogrammes portant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% : UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin.

En présence de la macrofaune du sol, la plus faible valeur de pH_{eau} est observée sur le traitement CUL. La séparation des moyennes au test de Fisher révèle une différence significative entre le traitement CUL et les autres traitements (Figure 15). Aucune différence significative n'a été révélée entre les autres traitements.

II.1.4.2. Effet de la macrofaune sur le pH_{eau} du sol

La comparaison des parcelles avec macrofaune aux parcelles sans macrofaune montre que la présence de la macrofaune a entraîné une très légère acidification du sol dans tous les traitements sauf sur le traitement UL (Figure 16).

L'analyse de variance des facteurs principaux montre que les modes de gestion de la fertilité ont eu un effet significatif sur le pH_{eau} du sol (Tableau XIII). Par ailleurs, elle n'a pas révélé d'effet significatif de la macrofaune ainsi que son interaction avec les modes de gestion de la fertilité sur le pH_{eau} du sol.

Tableau XIII: ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur le pH_{eau} au seuil de 5%

Facteurs		Valeur de F	Probabilité	Signification
Macrofaune	1	3,55	0,076	NS
Modes de gestion de la fertilité	4	4,61	0,010	S
Macrofaune x Modes de gestion de la fertilité	4	1,89	0,157	NS

ddl : degré de liberté ; S : significative ; NS : non significative.

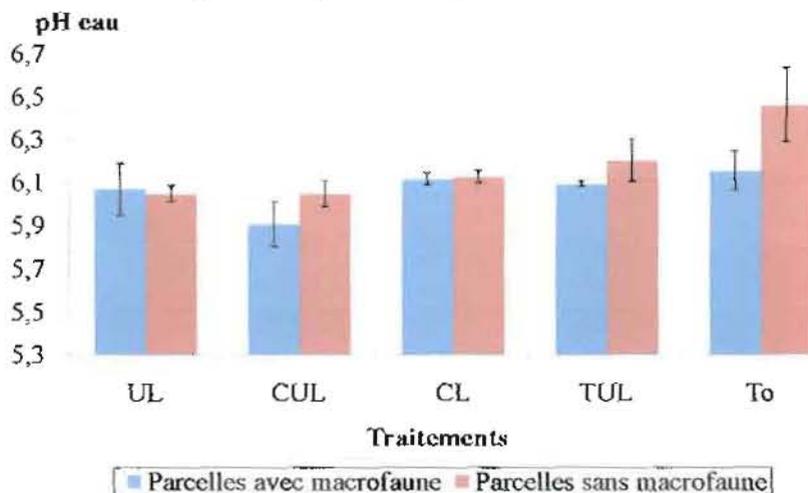


Figure 16 : Comparaison du pH_{eau} entre les parcelles avec et sans macrofaune du sol

Les barres représentent les écarts types ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : liges + urée + labour ; To : témoin.

II.1.5. pH_{KCl} du sol

II.1.5.1. Effet des modes de gestion de la fertilité sur le pH_{KCl} du sol

Les résultats de l'impact de la macrofaune et des modes de gestion de la fertilité sur le pH_{KCl} sont présentés dans le tableau XIV.

Tableau XIV : pH_{KCl} dans les parcelles avec et sans macrofaune du sol

Traitements	Parcelles sans macrofaune	Parcelles avec macrofaune
UL	4,993 ^b	4,973 ^c
CUL	4,897 ^b	5,103 ^{bc}
CL	5,287 ^a	5,260 ^{ab}
TUL	5,350 ^a	5,157 ^{bc}
To	5,253 ^a	5,410 ^a
Lsd pour comparer les modes de gestion de la fertilité		0,2451

Les moyennes suivies de la même lettre dans la même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% ; Lsd : la plus petite différence significative ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin

Dans les parcelles sans macrofaune du sol, la comparaison des moyennes arithmétiques (Tableau XIV), montre que le pH_{KCl} du sol est plus élevé sur le traitement TUL suivi du traitement CL. L'analyse de variance n'a pas révélé de différence significative entre ces traitements et le témoin. Aucune différence significative n'a été révélée entre les traitements UL et CUL qui enregistre les plus faible pH_{KCl} .

L'examen des résultats (Tableau XIV) montre qu'en présence de la macrofaune du sol, le pH_{KCl} du sol est plus élevé sur le témoin suivi du traitement CL. La séparation des moyennes n'a pas révélé de différence significative entre ces deux traitements. Cependant, le témoin a un pH_{KCl} significativement plus élevé par rapport aux traitements TUL, CUL et UL. Aucune différence significative n'a été révélée entre ces trois traitements.

II.1.5.2. Effet de la macrofaune sur le pH_{KCl} du sol

La comparaison entre les parcelles avec macrofaune et leurs homologues sans macrofaune (Tableau XIV) montre que la présence de la macrofaune a entraîné une réduction du pH_{KCl} du sol dans les traitements UL, CL et TUL. Par contre, elle a entraîné une augmentation du pH_{KCl} dans le traitement CUL et le témoin.

L'analyse de variance de l'impact des facteurs principaux sur le pH_{KCl} a révélé des différences significatives entre les modes de gestion de la fertilité. Par contre, elle n'a pas révélé d'effet significatif de la macrofaune sur le pH_{KCl} du sol. L'interaction entre les modes de gestion de la fertilité et la macrofaune n'a pas eu d'impact significatif sur le pH_{KCl} du sol (Tableau XV).

Tableau XV: ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur le pH_{KCl} au seuil de 5%

Facteurs	ddl	Valeur de F	Probabilité	Signification
Macrofaune	1	0,11	0,742	NS
Modes de gestion de la fertilité	4	3,95	0,018	S
Macrofaune x Modes de gestion de la fertilité	4	0,94	0,462	NS

ddl : degré de liberté ; S : significative ; NS : non significative.

II.2. Discussion

Les résultats montrent que les modes de gestion de la fertilité n'ont pas eu d'impact significatif sur le carbone total, l'azote total et le phosphore total du sol. Cependant, ils ont eu un effet significatif sur le pH_{eau} et pH_{KCl} du sol.

Les résultats montrent que les sols sont pauvres en carbone organique (moins de 1% de carbone) et en azote. Les modes de gestion de la fertilité ainsi que la macrofaune n'ont pas eu d'impact significatif sur ces paramètres. Ces résultats s'expliquent par l'évolution rapide de la matière organique en zone tropicale notamment dans les sols à texture grossière (Nacro *et al.*, 1996). Dans les traitements Compost + labour et tiges + urée + labour, la présence de la macrofaune a réduit le carbone total du sol. Ces résultats mettent en évidence le rôle primordial de la macrofaune dans la décomposition de la matière organique. En effet, en remaniant la matière organique, et en améliorant les conditions du sol (aération, infiltration de l'eau, etc.), la macrofaune tellurique crée les conditions pour un fonctionnement optimal des microorganismes. Il s'en suit une intensification de la minéralisation des composés organiques, et donc une baisse de la teneur du sol en carbone organique. En absence de macrofaune, la décomposition de la matière organique est lente comme l'ont montré les travaux de Ouédraogo *et al.* (2004). Le traitement TUL enregistre de faible taux de carbone et d'azote total par rapport au compost. Ce résultat s'explique par le fait que l'enfouissement des tiges stimule la macrofaune du sol et les microorganismes responsables de la minéralisation (Delville,

1996 ; MAF, 2002). Il en résulte une diminution des teneurs en carbone et azote du sol. Les plus faibles teneurs en carbone total sont observées sur le traitement à base d'urée. En satisfaisant la faim d'azote des microorganismes, l'urée entraîne une augmentation du taux de minéralisation de la matière organique et par conséquent, une baisse de la teneur en matière organique comme l'ont montré de nombreux travaux (Sedogo, 1981 ; Pieri, 1989 ; Mando *et al.*, 2005 ; Ouédraogo *et al.*, 2007)

D'une manière générale, les sols sont acides, mais le degré d'acidité dépend des modes de gestion de la fertilité des sols. Tous les traitements à base de matière organique ont un pH plus élevé par rapport aux traitements à base d'urée. Ces résultats s'expliquent par l'effet tampon de la matière organique sur le pH du sol (Delville, 1996). En présence comme en absence de la macrofaune du sol, les traitements CUL et UL enregistrent les plus faibles valeurs de pH. Ces résultats confirment ceux de plusieurs auteurs qui ont montré le caractère acidifiant de l'urée sur le sol (Sedogo, 1981 ; Pieri, 1989 ; Delville, 1996). En effet, l'urée augmente le lessivage des bases et abaisse de ce fait le pH. Cependant, le traitement TUL a un pH_{eau} significativement plus élevé par rapport au traitement CUL.

La présence de la macrofaune a entraîné une augmentation significative de la teneur en phosphore total du sol. On sait que le ruissellement et l'érosion des sols sont des facteurs importants de transport du phosphore (CRAAQ, 2008), expliquant jusqu'à 60% des exportations du phosphore. Les travaux de Ouédraogo (2009) ont également montré que la macrofaune réduit le ruissellement et par conséquent le transport des nutriments et des éléments fins hors de la parcelle. Les fortes teneurs en phosphore dans les parcelles avec macrofaune du sol s'expliqueraient par l'impact positif de la macrofaune dans la réduction du ruissellement et de l'érosion. Toutefois, d'autres investigations sont nécessaires pour mieux expliquer ce phénomène notamment l'influence des champignons mycorhiziens.

III. IMPACT DES MODES DE GESTION DE LA FERTILITE ET DE LA MACROFAUNE DU SOL SUR L'ACTIVITE RESPIRATOIRE ET LA BIOMASSE MICROBIENNE DU SOL.

III.1. Résultats

III.1.1. Dégagement de C-CO₂ en fonction du temps

Les résultats montrent que le dégagement de C-CO₂ diminue avec le temps dans tous les traitements (Tableau XVI). En absence de la macrofaune du sol, le dégagement cumulé de C-CO₂ est plus important sur le traitement CL durant la première et la deuxième semaine avec respectivement 13,96 mg / 100 g de sol et 7,15 mg / 100 g de sol. Cependant, le dégagement cumulé de C-CO₂ de la troisième semaine est plus élevé sur le traitement TUL (6,05 mg / 100 g de sol). Les plus faibles dégagements de C-CO₂ ont été enregistrés sur le traitement UL. En présence de la macrofaune du sol, le dégagement cumulé de C-CO₂ est plus élevé sur le traitement CUL pendant la première et la deuxième semaine avec respectivement 12,45 mg / 100 g de sol et 6,40 mg / 100 g de sol. Par contre, le dégagement cumulé de C-CO₂ pendant la troisième semaine montre que le traitement CL présente la plus forte valeur (4,62 mg / 100 g de sol). Les plus faibles dégagements de C-CO₂ ont été observés sur le traitement UL.

L'analyse de variance de l'impact des facteurs sur le dégagement cumulé de C-CO₂ en fonction du temps n'a pas révélé de différence significative entre les traitements dans l'intervalle 0 - 7 jours. Cependant, la macrofaune a eu un impact significatif sur le C-CO₂ cumulé entre 8 - 14 jours et 15 - 21 jours (Tableau XVII). Dans tous les cas, les modes de gestion de la fertilité ainsi que leur interaction avec la macrofaune n'ont pas eu d'impact significatif sur le dégagement de C-CO₂. Dans l'intervalle 8 - 14 jours, la séparation des moyennes montrent que la réduction du dégagement de C-CO₂ n'a été significative que sur les traitements CL et TUL. Cependant, dans l'intervalle 15 - 21 jours, excepté le traitement UL, la présence de la macrofaune a réduit significativement le dégagement de C-CO₂ dans toutes les autres parcelles (Tableau XVI).

Tableau XVI : Dégagement de C-CO₂ en fonction du temps d'incubation dans les parcelles avec et sans macrofaune (mg / 100 g de sol)

Traitements	0 – 7 jours		8 – 14 jours		15 -21 jours	
	Parcelles sans macrofaune	Parcelles avec macrofaune	Parcelles sans macrofaune	Parcelles avec macrofaune	Parcelles sans macrofaune	Parcelles avec macrofaune
UL	10.63	9,08	5.37 ^a	5,10 ^a	4.34 ^a	3.70 ^a
CUL	12.16	12.45	6.86 ^a	6.40 ^a	5.46 ^a	4.53 ^b
CL	13.96	10.88	7.15 ^a	5.06 ^b	5.83 ^a	4.62 ^b
TUL	12.49	10.36	7.11 ^a	5.32 ^b	6.05 ^a	3.85 ^b
To	9.37	9,63	5.48 ^a	5.43 ^a	5.19 ^a	4.33 ^b
Lsd pour comparer les parcelles avec macrofaune aux parcelles sans macrofaune	1,60		0,87		0,75	

Les moyennes suivies de la même lettre dans chaque intervalle de temps sur la même ligne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% ; Lsd : la plus petite différence significative ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin

Tableau XVII : ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur le dégagement de C-CO₂ en fonction du temps d'incubation dans les parcelles avec et sans macrofaune (mg / 100 g de sol)

Facteurs	ddl	0 – 7 jours			8 – 14 jours			15 -21 jours		
		Valeur de F	Probabilité	Signification	Valeur de F	Probabilité	Signification	Valeur de F	Probabilité	Signification
Macrofaune	1	2,66	0,120	NS	5,13	0,036	S	10,86	0,004	S
Modes de gestion de la fertilité	4	2,55	0,075	NS	1,54	0,234	NS	1,34	0,293	NS
Macrofaune x Modes de gestion de la fertilité	4	0,76	0,562	NS	1,03	0,419	NS	0,59	0,673	NS

ddl : degré de liberté ; S : significative ; NS : non significative.

III.1.2. Dégagement cumulé de C-CO₂

III.1.2.1. Effet des modes de gestion de la fertilité sur l'activité microbienne

L'observation des résultats (Figure 17) montre un dégagement plus intense de C-CO₂ dans le traitement CL (26,94 mg C-CO₂ / 100 g de sol) suivi du traitement TUL (25,65 mg C-CO₂ / 100 g de sol). Les plus faibles dégagements de C-CO₂ ont été enregistrés sur le traitement UL (20,35 mg C-CO₂ / 100 g de sol) et le témoin (20,04 mg C-CO₂ / 100 g de sol).

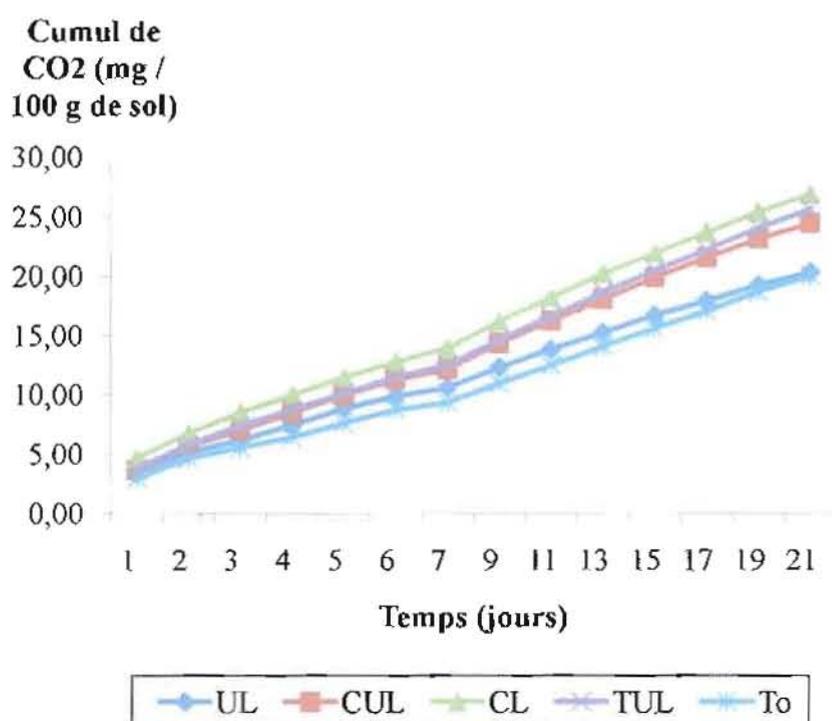


Figure 17 : Evolution cumulée du C-CO₂ dégagé dans les parcelles sans macrofaune du sol

UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin

Dans les parcelles avec macrofaune du sol (Figure 18), les résultats révèlent un dégagement plus important de C-CO₂ sur le traitement CUL (23,38 mg C-CO₂ / 100 g de sol). Le plus faible dégagement de C-CO₂ a été enregistré sur le traitement UL (17,88 mg C-CO₂ / 100 g de sol). En présence de la macrofaune du sol, l'ajout d'urée au compost augmente le dégagement de C-CO₂.

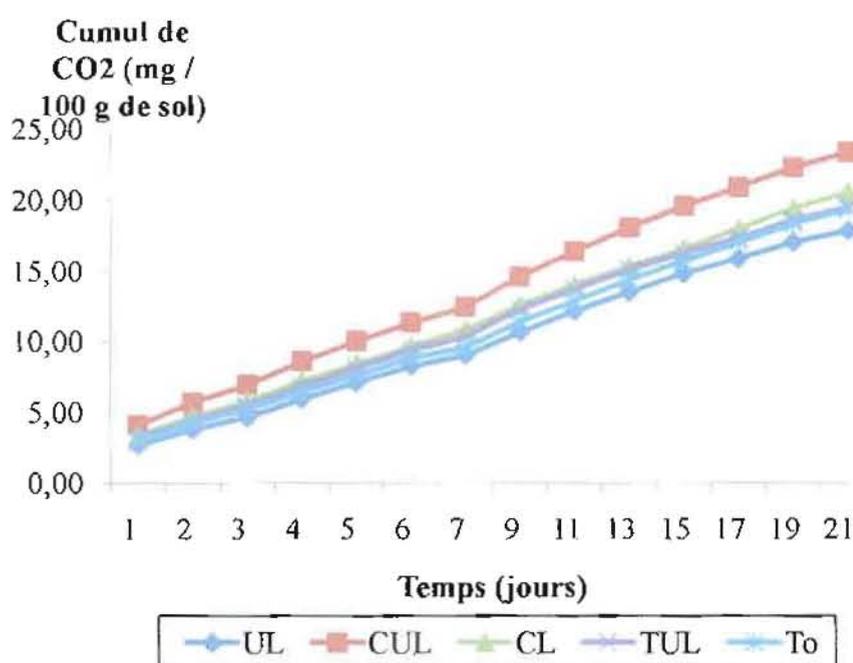


Figure 18 : Evolution cumulée du C-CO₂ dégagé dans les parcelles avec macrofaune du sol

UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin

III.1.2.2. Effet de la macrofaune sur l'activité respiratoire du sol

Le tableau XVIII présente les résultats concernant l'effet de la macrofaune sur l'activité microbienne du sol.

Tableau XVIII : Comparaison du C-CO₂ total dégagé entre les parcelles avec et sans macrofaune (mg / 100 g de sol)

Traitements	Parcelles sans macrofaune	Parcelles avec macrofaune
UL	20,35 ^a	17,88 ^a
CUL	24,48 ^a	23,38 ^a
CL	26,94 ^a	20,56 ^b
TUL	25,65 ^a	19,53 ^b
To	20,04 ^a	19,38 ^a
Lsd pour comparer les parcelles avec macrofaune aux parcelles sans macrofaune		2,858

Les moyennes suivies de la même lettre sur la même ligne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% ;

Lsd : la plus petite différence significative ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin

Les résultats montrent que la quantité totale de C-CO₂ dégagé est plus élevée sur les parcelles sans macrofaune du sol (Tableau XVIII). La présence de la macrofaune a réduit le dégagement de C-CO₂ de 3% sur le témoin à 24% sur les traitements CL et TUL. La comparaison des moyennes arithmétiques montre que le C-CO₂ total dégagé en 21 jours d'incubation est significativement plus élevé les parcelles CL et TUL sans macrofaune du sol (Tableau XVIII). Aucune différence significative n'a été révélée entre les parcelles UL, CUL et To sans macrofaune et avec macrofaune du sol.

Une forte corrélation linéaire positive (Figure 19) a été mise en évidence entre le dégagement cumulé de C-CO₂ et le carbone total du sol en présence de la macrofaune du sol ($R^2 = 0.79$) et en absence de la macrofaune ($R^2 = 0.84$).

L'analyse de variance des facteurs principaux a révélé un impact significatif de la macrofaune sur la respiration du sol. Par ailleurs, elle n'a pas révélé d'impact significatif des modes de gestion de la fertilité ainsi que leur interaction avec la macrofaune sur l'activité respiratoire du sol (Tableau XIX).

Tableau XIX: ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur la respiration total du sol au seuil de 5%

Facteurs	ddl	Valeur de F	Probabilité	Signification
Macrofaune	1	6,05	0,024	S
Modes de gestion de la fertilité	4	2,22	0,108	NS
Macrofaune x Modes de gestion de la fertilité	4	0,81	0,535	NS

ddl : degré de liberté ; S : significative ; NS : non significative.

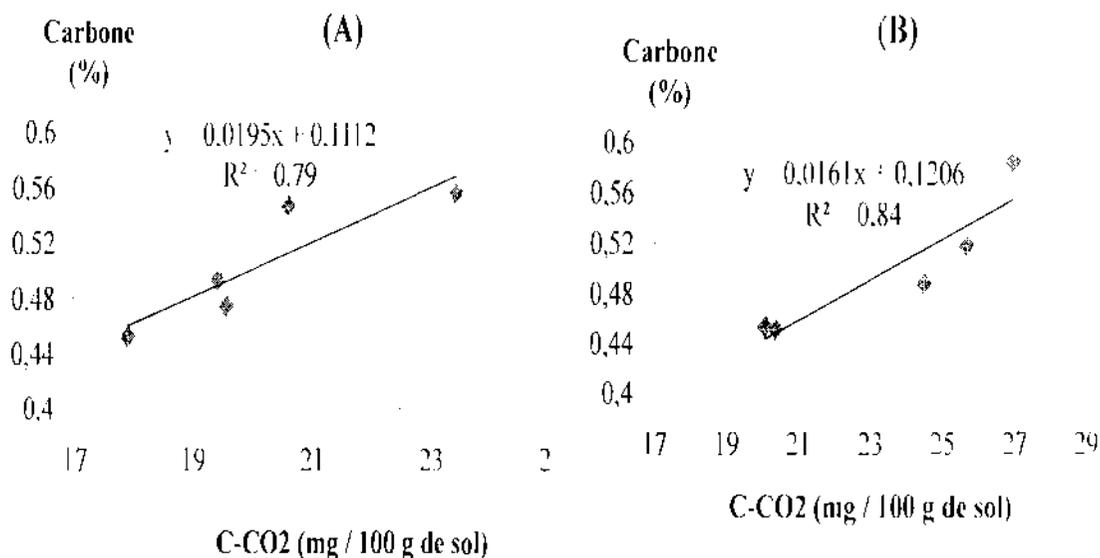


Figure 19 : Corrélation entre la teneur en carbone et le C-CO₂ dégagé (A) : parcelles avec macrofaune ; (B) : parcelles sans macrofaune du sol

R² : coefficient de corrélation linéaire

III.1.3. Taux de minéralisation global

Les résultats montrent qu'en 21 jours d'incubation, le taux de minéralisation global est élevé sur les parcelles sans macrofaune du sol par rapport aux parcelles avec macrofaune (Tableau XX). En présence comme en absence de la macrofaune du sol, ce taux est élevé sur les traitements CUL et TUL par rapport au traitement CL qui enregistre par ailleurs le plus faible taux de minéralisation global en présence de la macrofaune du sol. L'application combinée de l'urée et de la matière organique augmente alors le taux de minéralisation global.

Tableau XX : Taux de minéralisation global dans les parcelles avec et sans macrofaune du sol

Traitements	UL	CUL	CL	TUL	To
Parcelles avec macrofaune	3,95%	4,21%	3,76%	4,11%	3,92%
Parcelles sans macrofaune	4,51%	5,02%	4,61%	4,95%	4,42%

UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin.

III.1.4. Biomasse microbienne du sol

III.1.4.1. Effet des modes de gestion de la fertilité sur la Biomasse microbienne du sol

Dans les parcelles sans macrofaune du sol, la plus forte biomasse microbienne est enregistrée sur le traitement TUL (40,24 mg C / 100 de sol) suivi du traitement CL (39,89 mg C / 100 de sol). La plus faible biomasse microbienne est enregistrée sur le traitement UL (32,73 mg C / 100 de sol). Ce traitement diffère significativement des autres traitements (Figure 20). Aucune différence significative n'a été révélée entre les autres traitements. L'usage de la matière organique a augmenté la biomasse microbienne de 16% à 23% par rapport à l'urée.

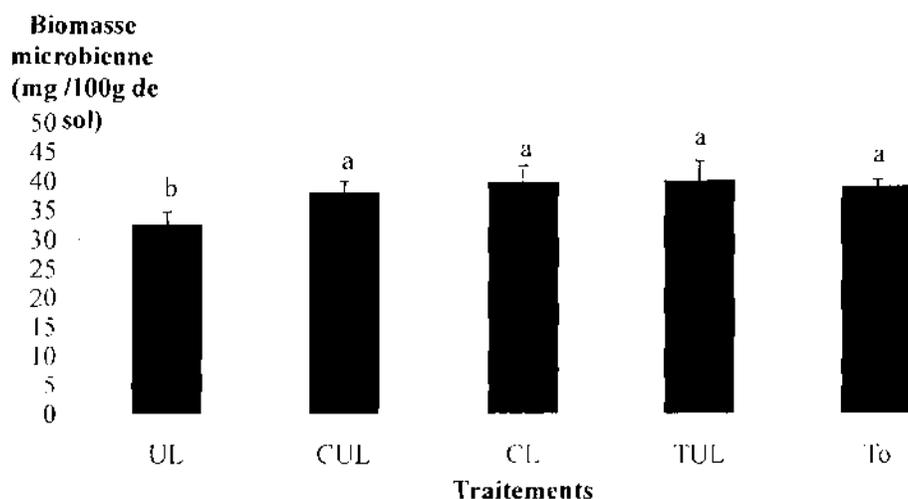


Figure 20 : Biomasse microbienne dans les parcelles sans macrofaune du sol

Les barres représentent les écarts types ; les histogrammes portant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : fèves + urée + labour ; To : témoin.

Dans les parcelles avec macrofaune du sol, la plus forte biomasse microbienne est observée sur le témoin (41,67 mg C / 100 de sol) suivi du traitement CL (39,7 mg C / 100 de sol). La séparation des moyennes montre qu'il n'y a pas de différence significative entre ces deux traitements. Cependant, le témoin a une biomasse microbienne significativement plus élevée par rapport aux autres traitements. Aucune différence significative n'a été montrée entre les traitements CL, CUL et TUL. La plus faible biomasse microbienne est observée sur

le traitement UL (32,55 mg C / 100 de sol). Ce traitement diffère significativement des autres traitements (Figure 21).

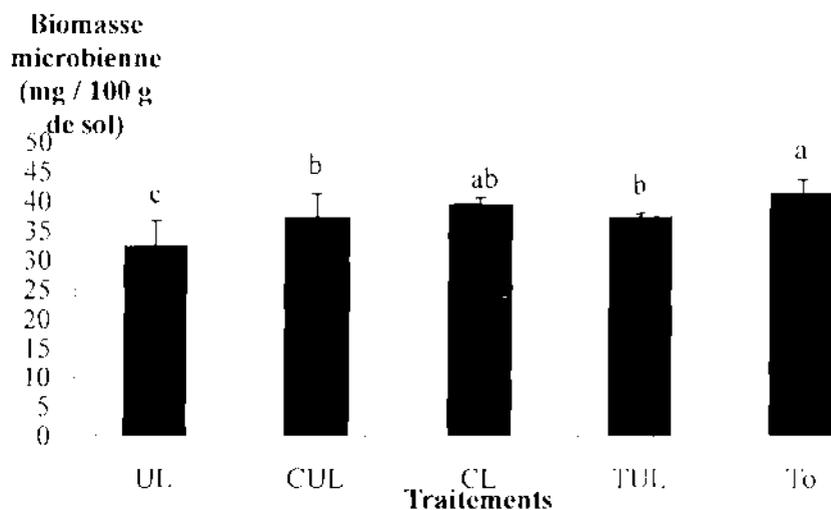


Figure 21 : Biomasse microbienne dans les parcelles avec macrofaune du sol

Les barres représentent les écarts types ; les histogrammes portant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% : UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin.

III.1.4.2. Effet de la macrofaune sur la biomasse microbienne du sol

La comparaison entre les parcelles sans macrofaune et celles avec macrofaune montre que la présence de la macrofaune a eu un effet négatif sur la biomasse microbienne dans tous les traitements sauf le témoin (Figure 22). La présence de la macrofaune a réduit la biomasse microbienne de 0,55% à 6,66%. Sur le témoin, la présence de la macrofaune a augmenté la biomasse microbienne de 6,38%.

L'analyse de variance des facteurs principaux révèle un impact hautement significatif ($p < 0,001$) des modes de gestion de la fertilité sur la biomasse microbienne. Cependant, elle n'a pas révélé d'impact significatif de la macrofaune sur la biomasse microbienne. Aussi, l'interaction entre la macrofaune et les modes de gestion de la fertilité n'a pas eu d'impact significatif sur la biomasse microbienne (Tableau XXI).

Tableau XXI: ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur la biomasse microbienne du sol au seuil de 5%

Facteurs	ddl	Valeur de F	Probabilité	Signification
Macrofaune	1	0,07	0,792	NS
Modes de gestion de la fertilité	4	11,87	<0,001	HS
Macrofaune x Modes de gestion de la fertilité	4	1,04	0,412	NS

ddl : degré de liberté ; HS : hautement significative ; NS : non significative.

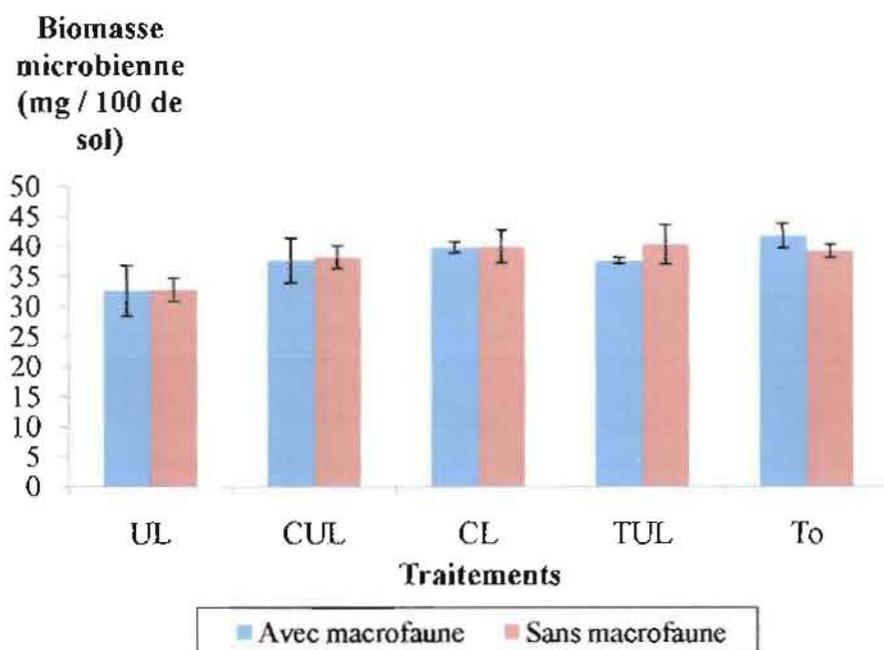


Figure 22 : Comparaison de la biomasse microbienne entre les parcelles avec et sans macrofaune du sol

Les barres représentent les écarts types ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin.

III.1.5. Quotient métabolique ou respiration spécifique

Le quotient métabolique représente la quantité de carbone minéralisé par gramme de biomasse microbienne et par jour. En présence de la macrofaune du sol, le plus fort quotient métabolique est enregistré sur le traitement CUL (36,4 mg C-CO₂. g⁻¹ C-Biomasse Microbienne. J⁻¹). En absence de la macrofaune du sol, le plus fort quotient métabolique est observé sur le traitement CL (37,7 mg C-CO₂. g⁻¹ C-Biomasse Microbienne. J⁻¹). En présence comme en absence de la macrofaune, le plus faible quotient respiratoire est observé sur le témoin. La comparaison entre les parcelles avec et sans macrofaune du sol montre que

la respiration spécifique est plus élevée en absence de la macrofaune sur tous les traitements sauf sur le traitement CUL (Tableau XXII).

Tableau XXII : Quotient métabolique dans les parcelles avec et sans macrofaune du sol (mg C-CO₂. g⁻¹ C-Biomasse Microbienne. J⁻¹)

Traitements	UL	CUL	CL	TUL	To
Parcelles avec macrofaune	32,4	36,4	28,7	29,9	25,9
Parcelles sans macrofaune	35,6	35,8	37,7	34,8	27,1

UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; CL : compost + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; To : témoin

III.2. Discussion

III.2.1. Impact des modes de gestion de la fertilité sur l'activité microbienne

Le dégagement de C-CO₂ résulte de la dégradation des substrats carbonés. Il est étroitement dépendant de la qualité et de la quantité des substrats assimilables (Diallo, 2005 ; Lagomarsino *et al.*, 2006). Les résultats montrent que l'usage du compost ou la combinaison des tiges avec l'urée entraîne un dégagement plus intense de C-CO₂ par rapport au témoin et à l'urée. En effet, la matière organique constitue une source d'énergie pour les organismes vivants du sol (Bachelier, 1973 ; Delville, 1996 ; Van Beelen et Doelman, 1997 ; Pal *et al.*, 2006). Les faibles dégagements de C-CO₂ dans le traitement UL, s'explique par sa faible teneur en carbone organique. Le traitement à base de compost dégage plus de C-CO₂ que le traitement TUL. Ces résultats s'expliquent par l'activité microbienne intrinsèque du compost et sa faculté à stimuler l'activité microbienne du sol (Berner *et al.*, 2004 ; Fuchs, 2009). En effet, le compost apporte une diversité de microorganismes et augmente de ce fait l'activité microbienne globale du sol. La combinaison de l'urée au compost présente les plus forts TMG en présence comme en absence de la macrofaune du sol. L'urée stimule alors la minéralisation de la matière organique.

III.2.2. Impact de la macrofaune du sol sur l'activité microbienne

Les résultats montrent que le dégagement de C-CO₂ est plus intense sur les parcelles sans macrofaune. En effet, en détruisant la macrofaune, les pesticides augmentent la quantité de composés organiques (cadavres de la macrofaune) facilement minéralisable ; d'où le fort dégagement de CO₂ dans les échantillons de sol traités. Aussi, la pollution du sol par les

pesticides pourrait entraîner une augmentation de l'activité des microorganismes pour dépolluer le sol. Ainsi, de nombreux travaux de recherche comme ceux de Martens (1976), Awasthi *et al.* (2003), Verma *et al.* (2005) ont montré que la dégradation de l'Endosulfan dans le sol est réalisée par les champignons, les bactéries et les actinomycètes. La dégradation de l'Endosulfan aurait donc entraîné une production additionnelle de CO₂. Coulibaly (2006) a aussi montré que l'application de la dose 6 ppm d'Endosulfan augmentait significativement le dégagement de CO₂. Les travaux de Senou (2009) ont montré que l'association cyperméthrine + acétamipride en présence de Bambou et de Vétiver stimule l'activité respiratoire.

L'analyse du cumul de C-CO₂ dégagé en fonction du temps montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les parcelles avec et sans macrofaune du sol à la fin de la première semaine. Cependant, à la fin de deuxième et de la troisième semaine, la macrofaune réduit significativement le dégagement de C-CO₂. Cette dynamique d'évolution du dégagement du C-CO₂ montre que les substances organiques facilement décomposables sont de faibles quantités dans les parcelles avec macrofaune du sol. Son épuisement aurait réduit significativement le dégagement de C-CO₂ dans ces parcelles. En effet, nos résultats montrent que les parcelles avec macrofaune enregistrent les plus faibles taux de minéralisation globale du carbone. La macrofaune n'ayant pas d'impact significatif sur le carbone total, on pourrait dire que la suppression de la macrofaune augmente la fraction facilement décomposable de carbone du sol.

III.2.3. Impact des modes de gestion de la fertilité sur la biomasse microbienne et le quotient métabolique

La biomasse microbienne est un important indicateur de la qualité des sols et un facteur écologique important. Elle est un indicateur du changement de la qualité et de la quantité de la matière organique (Diallo, 2005). Les résultats montrent que les modes de gestion de la fertilité ont eu un impact significatif sur la biomasse microbienne.

En présence comme en absence de la macrofaune du sol, l'usage d'urée a réduit significativement la biomasse microbienne. En effet, en satisfaisant la faim d'azote, l'urée augmente la minéralisation du carbone. L'urée devrait alors entraîner une augmentation de la biomasse microbienne, l'effet négatif de l'urée sur la biomasse microbienne est donc lié à un déficit en carbone dans le sol. Par ailleurs, l'usage de la matière organique permet d'améliorer la biomasse microbienne du sol. Ces résultats sont en accord avec ceux de Chaussod *et al.* (1986), de Bilgo *et al.* (2007) et de Traoré *et al.* (2007). Aussi, Vance et Chapin (2001) cités

par Diallo (2005) montrent que l'apport de litières stimule le développement et l'activité des microorganismes.

En absence de la macrofaune du sol, le traitement CL enregistre le plus fort quotient métabolique. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait qu'en absence de la macrofaune du sol, les microorganismes hétérotrophes devront fournir plus d'effort pour tirer l'énergie dans des substrats carbonés encore peu décomposés. L'urée dans ce cas, en stimulant la minéralisation de la matière organique réduit le quotient métabolique. Par contre, en présence de la macrofaune du sol, l'usage combiné de l'urée et du compost augmente la respiration spécifique. Dans les parcelles témoins, on note de faible quotient métabolique. Anderson et Domsh (2010) indique que le développement de la diversité biologique dans l'écosystème coïncide avec une augmentation de l'efficacité de l'utilisation des ressources. Les pratiques culturales telles que le labour, l'usage des fertilisants perturbent le développement et l'activité des microorganismes. Toutefois, l'usage de compost (matière organique bien décomposée) ou la combinaison de tiges à l'urée permet d'optimiser l'activité et le développement des microorganismes en présence de la macrofaune du sol.

III.2.4. Impact de la macrofaune du sol sur le quotient métabolique

Les résultats montrent la macrofaune n'a pas eu d'effet significatif sur la biomasse microbienne. Ils révèlent également que le quotient métabolique est plus élevé en absence de la macrofaune du sol.

Les forts quotients métaboliques en absence de la macrofaune résultent d'une importante production de C-CO₂ par les microorganismes. Ils témoignent d'une faible efficacité de l'utilisation de l'énergie par les microorganismes (Anderson et Domsh, 2010). Cela pourrait s'expliquer par le stress des microorganismes déjà évoqué par Pal *et al.* (2006). En effet, le stress des microorganismes dû aux résidus de pesticides entraîne d'une part l'allocation d'une grande partie de l'énergie au maintien des cellules (Anderson et Domsh, 1990) et d'autre part le rajeunissement de la communauté microbienne du sol (Zhang *et al.*, 2000). Il en résulte une importante production de C-CO₂.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Le premier objectif était d'évaluer l'effet de la macrofaune et des modes de gestion de la fertilité sur l'activité et la biomasse microbienne. Les résultats obtenus montrent que la présence de la macrofaune a différemment affecté ces paramètres selon les traitements. D'une manière générale, la présence de la macrofaune a réduit la biomasse et la respiration microbienne. Cependant, elle a induit de faible taux de minéralisation globale du carbone et de faible quotient métabolique. La macrofaune augmente donc l'efficacité de l'utilisation de l'énergie par les microorganismes. Quant aux modes de gestion de la fertilité des sols, ils ont influencés significativement la biomasse microbienne mais ils n'ont pas eu d'impact significatif sur la respiration microbienne. L'usage de la matière organique a été plus favorable à ces deux paramètres par rapport à l'usage d'urée. La combinaison de l'urée au compost augmente le taux de minéralisation globale du carbone et le quotient métabolique. L'usage du compost a été le plus favorable à la biomasse microbienne. Une forte corrélation positive a été mise en évidence entre le carbone total et le dégagement de $C-CO_2$.

Le deuxième objectif était de tester l'impact des modes de gestion de la fertilité et de la macrofaune sur les caractéristiques chimiques du sol. Il ressort de cette étude que la présence de la macrofaune entraîne une augmentation significative du phosphore total du sol, mais elle n'a pas eu d'effet significatif sur les autres paramètres chimiques testés. Les modes de gestion de la fertilité des sols ont influencé significativement le pH du sol. L'usage d'urée contribue à l'acidification du sol par rapport à la matière organique.

Le troisième objectif était d'évaluer l'impact des modes de gestion de la fertilité sur la macrofaune du sol. Les résultats obtenus montrent que l'usage des pesticides a été efficace et a permis d'éliminer 97,98% de la macrofaune. Dans les parcelles non traitées, le traitement T.U.L. s'est révélé le plus favorable à la macrofaune et présente une forte densité de termites. Le compost seul a été plus favorable au vers de terre. Les plus forts indices de diversité et d'équitabilité ont été enregistrés sur le témoin. Les pratiques agricoles telles que le labour et la fertilisation influence la macrofaune du sol.

Des résultats obtenus, on peut retenir que :

- la présence de la macrofaune du sol augmente la teneur en phosphore total ;
- après un apport de matière organique de bonne qualité (composts bien décomposés), un apport d'urée n'est pas nécessaire ou tout au moins, l'urée doit être appliquée à faible dose à cause des pertes de nutriments liées à l'augmentation de la vitesse de minéralisation ;

➤ la suppression de la macrofaune augmente la minéralisation du carbone et réduit l'efficacité de l'utilisation de l'énergie par les microorganismes ;

➤ l'usage de compost (matière organique bien décomposée) ou la combinaison de tiges à l'urée permet d'optimiser l'activité et le développement des microorganismes en présence de la macrofaune du sol ;

➤ l'apport exclusif d'urée acidifie le sol et réduit l'activité microbienne par rapport à la matière organique ;

➤ la matière organique de pauvre qualité entraîne une augmentation de la densité de la macrofaune notamment des termites. Cependant, on note une faible diversité de la macrofaune dans ce traitement ;

➤ les modes de gestion de la fertilité influencent les différents groupes trophiques : l'usage d'urée a augmenté la densité des prédateurs tandis que l'usage de la matière organique stimule les détritivores.

De ces résultats, nous suggérons :

✓ l'usage combiné des tiges de sorgho et de l'urée qui permet de stimuler la macrofaune du sol et l'activité microbienne. Cette technique qui consomme moins de matière organique fraîche par rapport au compost augmentera la disponibilité des nutriments favorable à l'amélioration de la productivité des sols. Cependant, elle repose sur une option du producteur dans l'allocation des résidus de culture. Par ailleurs, les producteurs disposant de peu de moyen financier pour l'approvisionnement en urée devront utiliser le compost.

✓ la formation des producteurs sur la fabrication et l'utilisation des bio-pesticides au détriment des pesticides chimiques de synthèse dans le système de culture à faibles intrants externes. Ces bio-pesticides permettront de préserver la macrofaune du sol ;

✓ la poursuite de l'étude en intégrant :

- le rôle de l'interaction entre la macrofaune et l'activité microbienne dans la dynamique de la matière organique à travers le fractionnement granulométrique.

- le rôle de la macrofaune et des modes de gestion de la fertilité des sols dans la dynamique du phosphore.

- L'interaction entre les modes de gestion de la fertilité et la macrofaune du sol sur la santé des sols.

- L'interaction entre les modes de gestion de la fertilité et la macrofaune du sol sur la diversité microbienne et l'activité enzymatique du sol.

BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR, 1981.** Détermination du pII. (Association française de normalisation) NF ISO 103 90. *In*: AFNOR. Qualité des sols, Paris, 339-348.
- Anderson J. M. & Ingram J. S. I., 1993.** Tropical Soil Biology and Fertility. A handbook of methods. CAB International, Wallingford, UK., second edition, 221 p.
- Anderson T. – H. & Domsch K. H., 1990.** Application of eco-physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biology & Biochemistry* 22, 251 – 255.
- Anderson T. – H. & Domsch K. H., 2010.** Soil microbial biomass: The eco-physiological approach. *Soil Biology & Biochemistry* 42, 2039 – 2043.
- Annabi M., Bahri H. & Latiri K., 2009.** Statut organique et respiration microbienne des sols du nord de la Tunisie. *Biotechnologie Agronomie Société Environnement* 13 (3): 401-408.
- Awasthi N., Singh A. K., Jain R. K., Khangorot B. S. & Kumar A., 2003.** Degradation and detoxification of endosulfan isomers by a defined co-culture of two bacillus strains. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 62, 279-283.
- Bachelier G., 1971.** La vie animale dans les sols : I. Déterminisme de la faune des sols. II. Action de la faune dans l'évolution des sols considérés en tant qu'équilibres naturels. *In* : Pesson P. (Ed.), la vie dans les sols : aspects nouveaux, études expérimentales. Gauthier Villars, Paris, France, pp. 1-43 et pp. 45-82.
- Bachelier G., 1972.** Étude expérimentale de l'action des animaux sur l'humification des matériaux végétaux. 1. Premières expériences et conclusions préliminaires. Coll. Travaux et Document O.R.S.T.O.M., no 14, Paris, France. 75 p.
- Bachelier G., 1973.** Activité biologique des sols et techniques simples qui en permettent l'évaluation. Cahier ORSTOM, série Pédologie. XI (1): 65-77.
- Bachelier G., 1978.** La faune des sols. Son écologie et son action. Initiations Documentations techniques N° 38. O.R.S.T.O.M., Paris, France, 391 p.
- Baggnian I., 2006.** Effets de différents traitements organiques sur la croissance du maïs et l'activité de la macrofaune en zone soudanienne. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, option Agronomie. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso (UPB), Institut du Développement Rural (IDR), Burkina Faso, 101 p.

- Bationo A. & Mokwunye A.U., 1991.** Role of manures and crop residue in alleviating soil fertility constraints to crop production with special reference to the Sahelian and Sudanian zones of West Africa. Kluwer Academic Publishers: 217-225.
- Bationo A., Lompo F. & Koala S., 1998.** Research on nutrient flows and balance in West Africa : state of the art. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 71 : 19 – 35.
- Ben Leroy L. M., Schmidt O., Van den Bossche A., Reheul D. & Moens M., 2008.** Earthworm population dynamics as influenced by the quality of exogenous organic matter. *Pedobiologia* 52. 139–150.
- Berger M., 1996.** L'amélioration de la fumure organique en Afrique soudano-sahélienne. *Agriculture et développement*, n° hors série, 8 fiches.
- Berner A., Bieri M., Galli U., Fuchs J. G., Mayer J. & Schleiss K., 2004.** Influences des composts et des digestats sur l'environnement, la fertilité des sols et la santé des plantes. Survol de la bibliographie actuelle. *Forschungsinstitut für biologischen Landbau, FiBL-Report*, Frick, Schweiz. <http://orgprints.org/2631/>. 17 p.
- Bilgo A., Masse D., Sall S., Serpantié G., Chotte J. – L. & Hien V., 2007.** Chemical and microbial properties of semiarid tropical soils of short-term fallows in Burkina Faso. West Africa. *Biology and Fertility of Soils* 43. 313–320.
- Bland R. G. & Jaques H. E., 1947.** How to know the insects. Wm. C. Brown Company Publishers. Dubuque, Iowa. Third edition. 409 p.
- Blanke M. M., 1996.** Soil respiration in an apple orchard. *Environmental and Experimental Botany* 36 (3). 339–348.
- Boyer P., 1971.** Les différents aspects de l'action des termites sur les sols tropicaux. *In* : Pesson P. (Ed.), *la vie dans les sols : aspects nouveaux. études expérimentales*. Gauthier Villars. Paris. pp. 279-334.
- Breman H., 1998.** Amélioration de la fertilité des sols en Afrique de l'Ouest : contraintes et perspectives. *In*: Renard G., Neef A., Becker K. & Von Oppen M. (Eds.), *soil fertility management in West African land use systems. Proceeding of the regional workshop university of Hohenheim, ICRISAT sahelian centre and INRAN, 4-8 march 1997*. Niamey, Niger. Margraf Verlag, Germany, pp. 7-20.
- Brown G. G., Pasini A., Benito N. P., De Aquino A. M. & Correia M. E. F., 2002.** Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no-tillage agroecosystems: A preliminary analysis. Paper based on an oral presentation at the "international symposium on managing biodiversity in agricultural ecosystems" Montreal, Canada, 8-10 Novembre 2001. 20 p.

- Brussaard L., 1998.** Soil fauna, guilds, functional groups and ecosystem processes. *Applied Soil Ecology* 9, 123 - 135.
- CEAS, 2004.** Etude pédologique du jardin de recherche appliquée et de formation du Centre Ecologique Albert Schweitzer - Burkina Faso. Echelle 1/1000^{ème}. CEAS-BF, 47 p.
- Chaussod R., Nicolardot B. & Catroux G., 1986.** Mesure en routine de la biomasse microbienne des sols par la méthode de fumigation au chloroforme. *Science du sol* 2, 201 - 211.
- Chaussod R., Zuvia M., Breuil M.-C. & Hetier J.-M., 1992.** Biomasse microbienne et statut organique des sols tropicaux: exemple d'un sol Vénézuélien des Llanos sous différents systèmes de culture. *Cahier ORSTOM, série Pédologie*, XXVII (1) : 59 - 67.
- CMK, 2008.** Plan Communal de Développement. Document du diagnostic. Rapport final. Commune rurale de Koubri, Burkina Faso, 65 p.
- Coulibaly K., 2006.** Contribution à l'étude des effets de l'Endosulfan sur les paramètres biologiques de trois types de sol en zone cotonnière du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur Développement Rural, Option Agronomie, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 53 p.
- CRAAQ, 2008.** Le transport du phosphore. Fiche technique 3, IRDA, Québec, Canada, 11 p.
- CRK, 2010.** Plan communal de développement sectoriel en approvisionnement en eau potable et assainissement de Koubri (PCD -- AEPA). Rapport du diagnostic. Commune rurale de Koubri, Burkina Faso, 66 p.
- Dalzell H. W., Biddlestone A. J., Gray K. R. & Thurairajan K., 1988.** Aménagement du sol : production et usage du compost en milieu tropical et subtropical. *Bulletin pédologique FAO* 56, Rome, Italie, 165 p.
- Delville P. L., 1996.** Gérer la fertilité des terres dans les pays du Sahel. Diagnostic et conseil aux paysans. Collection Le PONT SUR, Coopération française, CTA, GRET, France, 397 p.
- Delware G. & Aberlenc H.-P., 1989.** Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale. Clés pour la reconnaissance des familles. CIRAD-GERDAT, Montpellier, France, 298 p.
- Deprince A., 2003.** La faune du sol : diversité, méthodes d'étude, fonctions et perspectives. *Le Courrier de l'environnement* n°49, 21 p. <http://www.inra.fr/dpenv/depric49.htm> consulté le 26 août 2010.

- Diallo M. D., 2005.** Effet de la qualité des litières de quelques espèces végétales sahéliennes sur la minéralisation de l'azote. Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle, Biologie végétale. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal. 150 p.
- Diarra B. – G., 2009.** Influence du phosphore, de l'azote et du houppier sur les rendements du sorgho (*Sorghum bicolor*), les fractions du phosphore et l'activité des microorganismes du sol d'un parc agroforestier de la zone soudanienne du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, option Agronomie. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso. Institut du Développement Rural, Burkina Faso. 70 p.
- Doamba W. S. M. F., 2007.** Effet du zaï forestier sur l'évolution des paramètres physiques, chimiques et biologique du sol. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, option Agronomie. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso. Institut du Développement Rural, Burkina Faso. 111 p.
- Doamba W. S. M. F., 2009.** Impact des techniques et technologies paysannes (mise en défens, cordons pierreux) sur l'évolution de la fertilité des sols de quatre bassins versants (Soum, Sanmatenga, Kouritenga et Kompienga). Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies. en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso. Institut du Développement Rural, Burkina Faso. 76 p.
- Dommergues Y., 1960.** La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans les sols. *L'agronomie Tropicale* 15 (1) : 54 – 60.
- Dommergues Y., 1968.** Dégagement tellurique de CO₂. Mesure et signification. *Annales de l'Institut Pasteur* 115. 627-656.
- Duboisset A. & Seignobos C., 2005.** Petite histoire des connaissances acquises sur les termites et leur rôle agroécologique. *Etude et Gestion des Sols* 12 (2) : 153 – 164.
- Dudal R. & Byrnes B. H., 1993.** Effet de l'utilisation des engrais sur l'environnement. *In* : Van Reuler H. et Prins W. H. (Eds.), rôle de la fertilisation pour assurer une production durable des cultures vivrières en Afrique sub-saharienne. Ponsen et Looijen, Wageningen. Pays-Bas. pp. 157-172.
- Dugué P., Le Gal P. – Y., Lelandais B., Pichard J. & Piraux M., 1998.** Modalités d'intégration de l'agriculture et de l'élevage et impact sur la gestion de la fertilité du sol en zone soudano-sahélienne. *In*: Renard G., Neef A., Becker K. & Von Oppen M. (Eds.), soil fertility management in West African land use systems. Proceeding of the

regional workshop university of Hohenheim, ICRISAT sahelian centre and INRAN, 4-8 march 1997, Niamey, Niger. Margraf Verlag, Germany, pp. 369 – 380.

Fardoux J., Fernades P., Niane-Badiane A. & Chotte J.L., 2000. Effet du Séchage d'échantillons d'un sol ferrugineux tropical sur la détermination de la biomasse microbienne. Comparaison de deux méthodes biocidales de référence. Etude et gestion des sols 7 (4), numéro spécial : 385-394.

Flahaut C., 2006. Etude des facteurs de variation de la respiration du sol en milieu alpin : mesures in situ, en conditions contrôlées et modélisation. Mémoire de fin d'études d'ingénieur des travaux agricoles, option : Génie hydrologique. ENSA, Rennes, France, 53 p.

Frontier S. & Pichod-Viale D., 1998. Ecosystèmes : structure, fonctionnement, Evolution. Edition Dunod, Paris, France, 445 p.

Fuchs J. G., 2009. Fertilité et pathogènes telluriques : effets du compost. Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques 8 & 9 décembre 2009, 6 p.

Gnankambary Z., Ilstedt U., Nyberg G., Hien V. & Malmer A., 2008. Nitrogen and phosphorus limitation of soil respiration in two tropical agroforestry parklands in the south-Sudanese zone of Burkina Faso: the effects of tree canopy and fertilization. Soil Biology and Biochemistry 40 (2) : 350 – 359.

Gobat, J.M., Aragno M. & Mathey W., 1998. Le sol vivant: bases de pédologie et de biologie des sols. Collection Gérer l'Environnement. Presses Polytechniques et Universitaires romandes. Lausanne, 523. p.

Grassé P.-P., 1986. Termitologia. Tome III : Comportement Socialité Ecologie Evolution Systématique. Masson, Paris, France, 715 p.

Guinko S., 1984. Végétation de la Haute Volta. Thèse de doctorat ès Sciences Naturelles. Université de Bordeaux III, tome I, France, 318 p.

Hillebrand W. F., Lundell G. E. F, Bright H. A. & Hoffman J. I., 1953. Applied inorganic analysis, 2nd ed. John Wiled and Sons, Inc., New York, USA, 1034 p.

Ilstedt U. & Singh S., 2005. Nitrogen and phosphorus limitation of microbial respiration in a tropical phosphorus-fixing acrisol (ultisol) compared with organic compost. Soil Biology and Biochemistry 37, 1407 – 1410.

Ilstedt U., Giesler R., Nordgren A. & Malmer A., 2003. Changes in soil chemical and microbial properties after a wildfire in a tropical rainforest in Sabah, Malaysia. Soil Biology and Biochemistry 35, 1071 -- 1078.

- ITAB, 2002.** Activités biologiques et fertilité des sols : intérêts et limites des méthodes analytiques disponibles. ITAB, Paris, France. 27 p.
- Janssen B. H., 1993.** Gestion intégrée de la fertilisation : l'emploi des engrais organiques et minéraux. *In* : Van Reuler H. & Prins W. H. (Eds.), rôle de la fertilisation pour assurer une production durable des cultures vivrières en Afrique sub-saharienne. Ponsen et Looijen, Wageningen, Pays-Bas, pp. 99-117.
- Jenkison D. S. & Powelson D. S., 1976.** The effect of bioecidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 8, 209-213.
- Jensen L. S., Mueller T., Tate K. R., Ross D. J., Magid J. & Nielsen N. E., 1996.** Soil surface CO₂ flux as an index of soil respiration in situ: A comparison of two chamber methods. *Soil biology and Biochemistry* 28 (10/11): 1297 - 1306.
- Jones C. G., Lawton J. H. & Shachak M., 1994.** Organisms as ecosystem engineers. *OIKOS* 69 (3): 373-386.
- Konaté S., Le Roux X., Verdier B. & Lepage M., 2003.** Effect of underground fungus growing termites on carbon dioxide emission on the pointand landscapescales in an African savanna. *Functional Ecology* 17, 305-314.
- Kumar R., 1991.** La lutte contre les insectes ravageurs. L'agriculture en régions tropicales. Collection Economie et Développement. CTA, Karthala. 310 p.
- Lagomarsino A., Moscatelli M. C., De Angelis P. & Grego S, 2006.** Labile substrates quality as the main driving force of microbial mineralization activity in a poplar plantation soil under elevated CO₂ and nitrogen fertilization. *Science of the Total Environment* 372, 256- 265.
- Lapied E., Nahmani J. & Rousseau G.X., 2009.** Influence of texture and amendments on soil properties and earthworm communities. *Applied Soil Ecology* 43, 241-249.
- Lavelle P., 1997.** Faunal activity and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol. Res.* 27, 93-132.
- Lavelle P., 2000.** La macrofaune du sol, une ressource en danger. Séminaire international sur la macrofaune du sol. Institut de Recherche pour le Développement Bondy. 19-23 juin 2000, 3 p. www.ird.fr/fr/actualites/communiqués/2000/macrofaune.htm, consulté le 19 septembre 2010.
- Lavelle P., Martin A., Blanchart E., Gilot C., Melendez G. & Pashanasi B., 1991.** Conservation de la fertilité des sols de savane par la gestion de l'activité de la macrofaune du sol. *In* : « Savanes d'Afrique, terres fertiles ? Actes des rencontres

- internationales », Montpellier 10-14 décembre 1990. Ministère de la Coopération et du Développement, CIRAD. France, pp. 371-397.
- Li Y., Xu M., Sun O. J. & Cui W., 2004.** Effects of root and litter exclusion on soil CO₂ efflux and microbial biomass in wet tropical forests. *Soil Biology and Biochemistry* 36, 2111-2114.
- Lompo D. J. – P., 2007.** Impact des résidus de pesticides sur les microorganismes des sols dans les agrosystèmes cotonniers du Burkina Faso. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies. en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Institut du Développement Rural, Burkina Faso. 46 p.
- MAE, 2002.** Mémento de l'agronome. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agricole pour le Développement (CIRAD), GRET, ministère des Affaires Etrangères, France. 5ème édition, 1691 p.
- Mando A., 1997.** The role of termites and mulch in the rehabilitation of crusted sahelian soil. Tropical resources management. Thèse de Doctorat, Wageningen Agriculture University, Pays Bas. 101 p.
- Mando A., Bonzi M., Wopereis M.C.S., Lompo F. & Stroosnijder L., 2005.** Long-term effects of mineral and organic fertilization on soil organic matter fractions and sorghum yield under Sudano-Sahelian conditions. *Soil Use and Management* 21, 396-401.
- Martens R., 1976.** Degradation of [8,9- ¹⁴C] Endosulfan by soil micro-organisms. *Applied and Environmental Microbiology* 31 (6): 853-858.
- Masse D., 2007.** Changements d'usage des terres dans les agro-systèmes d'Afrique subsaharienne. Propriétés des sols et dynamique des matières organiques. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Habilitation à Diriger des Recherches. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse, France. 82 p.
- Mboukou-Kimbatsa I. M. C., 1997.** Les macroinvertébrés du sol dans différents systèmes d'agriculture au Congo : cas particulier de deux systèmes traditionnels (écobuage et brûlis) dans la vallée du Niari. Thèse de Doctorat, Ecologie Générale, Université Pierre et Marie Curie – Paris VI, France. 151 p.
- Mirsa R. V., Roy R. N. & Hiraoka H., 2005.** Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation. Documents de travail sur les terres et les eaux 2. Organisation des nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Italie, Rome, 35 p.

- Moeskops B., Sukristiyonubowo, Buchan D., Sleutel S., Herawaty L., Husen E., Saraswati R., Setyorini D. & De Neve S., 2010.** Soil microbial communities and activities under intensive organic and conventional vegetable farming in West Java, Indonesia. *Applied Soil Ecology* 45, 112-120.
- Nacro H. B., 1997.** Hétérogénéité de la matière organique dans un sol de savane humide (Lamto, Côte d'Ivoire). caractérisation chimique et étude in vitro, des activités microbiennes de minéralisation du carbone et de l'azote. Thèse de Doctorat, Ecologie Générale. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, France. 302 p.
- Nacro H. B., Benest D. & Abbadie L., 1996.** Distribution of microbial activities and organic matter according to particle size in a humid savanna soil (Lamto, Côte d'Ivoire). *Soil Biology and Biochemistry*, 28 (12) : 1687-1697.
- Niang D., 2006.** Fonctionnement hydrique de différents types de placages sableux dans le sahel Burkinabè. Thèse de Doctorat ès Sciences. Faculté de l'environnement naturel, architectural et construit. École polytechnique fédérale de Lausanne, Suisse. 136 p.
- Nicolardot B., Chaussod R. & Catroux G., 1984.** Décomposition de corps microbiens dans des sols fumigés au chloroforme : Effets du type de sol et des microorganismes. *Soil Biology and Biochemistry* 16 (5), 453-458.
- Nordgren A., 1992.** A method for determining microbially available N and P in an organic soil, *Biology and Fertility of Soils* 13, 195-199.
- Ouédraogo E., 2004.** Soil quality improvement for crop in semi-arid West Africa. PhD Thesis. University and research centre, Wageningen, The Netherlands. 193 p.
- Ouédraogo E., Brussaard L., Mando A. & Stroosnijder L., 2005.** Organic resources and earthworms affect phosphorus availability to sorghum after phosphate rock addition in semi-arid West Africa. *Biology and Fertility of Soils* 41, 458-465.
- Ouédraogo E., Mando A. & Brussaard L., 2004.** Soil macrofaunal-mediated organic resource disappearance in semi-arid West Africa. *Applied Soil Ecology* 27, 259-267.
- Ouédraogo E., Mando A. & Brussaard L., 2006.** Soil macrofauna affect crop nitrogen and water use efficiencies in semi-arid West Africa. *European Journal of Soil Biology* 42, S275-S277.
- Ouédraogo E., Mando A., Brussaard L. & Stroosnijder L., 2007.** Tillage and fertility management effects on soil organic matter and sorghum yield in semi-arid West Africa. *Soil and Tillage Research* 94, 64-74.
- Ouédraogo J., 2009.** Évaluation de la contribution de la macrofaune du sol sur la performance des mesures de conservation des eaux et des sols. Mémoire d'Ingénieur

du Développement Rural. option Agronomie. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso. Institut du Développement Rural. Burkina Faso. 79 p.

- Pal R., Chakrabarti K., Chakraborty A. & Chowdhury A., 2006.** Degradation and effects of pesticides on soil microbiological parameters-A Review. *International Journal of Agricultural Research* 1 (3): 240-258.
- Pallo F. J. – P., Asimi S., Assa A., Sedogo P. M. & Sawadogo N., 2006.** Statut de la matière organique des sols de la région sahélienne du Burkina Faso. *Étude et Gestion des Sols* 13 (4) : 289 – 304.
- Perrin D., Laitat E., Yernaux M. & Aubinet M., 2004.** Modélisation de la réponse des flux de respiration d'un sol forestier selon les principales variables climatiques. *Biotechnologie Agronomie Société Environnement* 8 (1) : 15–25.
- Pichot J.P., 1995.** Exposé introductif: la fertilité des milieux tropicaux humides. *In* : Pichot J. & Sibelet N. (Eds). *Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides*. Actes du Séminaire, 13-17 Novembre 1995, Montpellier, France, pp. 13-15.
- Pieri C., 1989.** Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. Ministère de la Coopération et du Développement. CIRAD-IRAT. Montpellier, France. 444 p.
- Raich J. W. & Schlesinger W. II., 1992.** The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus* 44B, 81–99.
- Roose E. & Sarrailh J. M., 1990.** Erodibilité de quelques sols tropicaux. Vingt années de mesure en parcelles d'érosion sous pluies naturelles. *Cah. O.R.S.T.O.M. Série Pédologie*, vol. XXV, n°1-2, pp. 7-30.
- Roose, E., 1994.** Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCE/S). *Bulletin Pédologique FAO* 70, Rome, Italie. 420 p.
- Ryan M. G. & Law B. E., 2005.** Interpreting, measuring, and modeling soil respiration. *Biogeochemistry* 73, 3 – 27.
- Sandor M., 2010.** Soil Respiration: Concept and Measurement Methods. *ProInvironement* 3, 54 – 57.
- Scheu S. & Wolters V., 1991.** Influence of fragmentation and bioturbation on the decomposition of ¹⁴C labelled beech leaf litter. *Soil Biology and Biochemistry* 23, 1029–1034.
- 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 en sciences agronomiques. Institut National Polytechnique de Lorraine Nancy, France. 198 p.
- Segda Z., 2006.** Gestion de la fertilité du sol pour une production améliorée et durable du riz (*Oryza sativa* L.) au Burkina Faso. Cas de la plaine irriguée de Bagré. Thèse de Doctorat. Université de Ouagadougou. Burkina Faso. 198 p.
- Senou I., 2009.** Impact de quatre pesticides (atrazine, deltaméthrine, acétamipride + cyperméthrine) et de deux espèces végétales (*vetiveria nigriflora* et *oxytenanthera abyssinica*) sur l'activité microbienne des sols ferrugineux tropicaux des agrosystèmes cotonniers du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, option Agronomie. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso. Institut du Développement Rural, Burkina Faso. 67 p.
- Siyon M., Chen J., North M., Erickson H. E., Bresee M. & Le Moine J., 2004.** Short term effects of experimental burning and thinning on soil respiration in an old - growth mixed-conifer forest. *Environmental Management* 33, supplement 1, S148 - S159.
- Teklay T., Nordgren A. & Malmer A., 2006.** Soil respiration characteristics of tropical soils from agricultural and forestry land-uses at Wondo Genet (Ethiopia) in response to C, N and P amendments. *Soil Biology and Biochemistry* 38, 125 - 133.
- Tian G., Kang B.T. & Brussaard L., 1997.** Effect of mulch on earthworms activity and nutrient supply in the humid tropic. *Soil Biology and Biochemistry* 29, 369 - 373.
- Topan S. M., 2005.** Contribution à l'étude de la dégradation des pesticides dans les sols au Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, option Agronomie. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso. Institut du Développement Rural. Burkina Faso. 63 p.
- Traoré S., Millogo J. R., Thiombiano L. & Guinko S., 2007.** Carbon and nitrogen enhancement in Cambisols and Vertisols by *Acacia* spp. in eastern Burkina Faso: Relation to soil respiration and microbial biomass. *Applied Soil Ecology* 35, 660 - 669.
- Van Beelen P. & Doelman P., 1997.** Significance and application of microbial toxicity tests in assessing ecotoxicological risks of contaminants in soil and sediment. *Chemosphere* 34 (3): 455 - 499.
- Van Reuler H. & Prins W. H., 1993.** Synthèse. In : Van Reuler H. & Prins W. H. (Eds.), rôle de la fertilisation pour assurer une production durable des cultures vivrières en Afrique sub-saharienne. Ponsen et Looijen, Wageningen, Pays-Bas, pp. 3-13.

- Verma K., Agrawal N., Farooq M., Misra R. B. & Hans R.,K., 2005.** Endosulfan degradation by *Rhodococcus* strain isolated from earthworm gut. *Ecotoxicology and environmental safety*, 5 p.
- Villiers A., 1979.** Initiation à l'entomologie. Tome 1 : Anatomie, Biologie et Classification. Nouvelle société des éditions Boubée et Cie, Paris, France, 324 p.
- Walkley A. & Black I.A., 1934.** An examination method of the detjareff and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.
- Wang W., Guo J. – X, Feng J. & Oikawa T., 2006.** Contribution of Root Respiration to Total Soil Respiration in a *Leymus chinensis* (Trin.) Tzvel. Grassland of Northeast China. *Journal of Integrative Plant Biology*, 48 (4), 409–414.
- Zhang B. – G., Li G. – T., Shen T. – S., Wang J. – K. & Sun Z., 2000.** Changes in microbial biomass C, N, and P and enzyme activities in soil incubated with the earthworms *Metaphire guillelmi* or *Eisenia fetida*. *Soil Biology & Biochemistry* 32, 2055–2062.
- Zougmore R., 2003.** Integrated water and nutrient management for sorghum production in semi-arid Burkina Faso. *Tropical Resource Management Papers* 45, Wageningen, Pays Bas, 205 p.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche technique du niébé

VARIETE KVX 61 -I

Jérémy T. Ouédraogo, I. Drabo, JB. Tignéré, C. Dabiré, P. Sérémé, G. Konaté

INERA, 01 BP 476 Ouagadougou 01 Burkina Faso

DESCRIPTION DES CARACTERES

AGRONOMIQUES

Origine : INERA, Burkina Faso

Cycle semis - maturité : 70 jours

Photosensibilité : non

Type de plante : semi-érigé

Hauteur de la plante : 55 cm

Couleur de la graine: mosaïque blanche-brune

Qualité de la graine : sucrée

Vigueur à la levée : bonne

Résistance à la sécheresse : résistante

Résistance au Striga : résistante

Résistance au chancre bactérien: résistante

Résistance aux taches brunes : sensible

Virose : sensible

Insectes : sensible

Rendement grain potentiel : 1500 kg / ha

Rendement grain en milieu paysan : 800 kg /
ha

Points forts

- goût sucré
- bon rendement
- faible taux de transmission de virus
(C'ABMV)

Points faibles :

- couleur bigarrée des graines
- sensible aux taches brunes

AIRE DE CULTURE : zone entre les
isohyètes 400 et 800 mm

TRAITEMENTS PESTICIDES : deux
traitements suffisent

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

- deuxième traitement : début de formation des
gousses (15 jours après le 1^{er} traitement)

RECOMMANDATIONS CULTURALES

Vocation culturale : pluviale ou irriguée à
partir de fin février

Choix du terrain :

- précédent cultural : céréale ou coton suivant
la zone

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

Type de champ : champ de brousse ou champ
de case

Préparation du sol par un labour : en sol
humide, en traction animale ou motorisée

En culture pure

Fumure : 100 kg de NPK / ha

Ecartement entre les lignes : 80 cm

Ecartement sur les lignes : 40 cm

Semer 2 graines par poquet

Dosage de semences : 12 kg / ha

Date de semis :

Zone de 400 mm à 800 mm : fin juin à mi-
juillet

Zone > 800 mm : début août

Effectuer 2 sarclages : deux semaines après
semis et 5 semaines après semis

Annexe 2 : photographies



Photo 1 : Prélèvement de monolithe



Photo 2 : Fouille de monolithe



Photo 3 : Incubation des échantillons de sol pour la mesure de C-CO₂ dégagé