

BURKINA FASO

UNITE-PROGRES-JUSTICE

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

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION: Agronomie

Thème :

**Evaluation de la contribution de la macrofaune du sol sur la
performance des mesures de conservation des eaux et des sols.**

Présenté par:

OUEDRAOGO Jean

Maître de stage: Dr OUEDRAOGO Elisée

Directeur de mémoire: Dr TRAORE Mamadou

JUIN 2009

N: -2009/AGRO

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
LISTE DES TABLEAUX.....	iv
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DE PHOTOS.....	vii
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	viii
RÉSUMÉ.....	ix
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
I. GENERALITES SUR LA MACROFAUNE DU SOL.....	3
I.1. Définition et différents embranchements de la faune du sol.....	3
I.2. Interaction entre la macrofaune et les propriétés du sol.....	4
I.2.1. Propriétés physiques.....	4
I.2.1.1. Porosité et infiltration.....	4
I.2.1.2. Structure du sol.....	5
I.2.1.3. Humidité et capacité de rétention en eau du sol.....	5
I.2.1.4. Texture du sol.....	6
I.2.2. Propriétés chimiques du sol.....	6
I.2.2.1. Matière organique.....	6
I.2.2.2. Teneur en azote.....	7
I.2.2.3. Eléments nutritifs du sol.....	7
I.2.2.4. pH du sol.....	8
I.2.3. Propriétés biologiques.....	8
I.3. Effets des pratiques agricoles sur la macrofaune du sol.....	9
I.3.1. Usage de pesticides.....	9
I.3.2. Amendements organiques et minéraux.....	9
I.3.3. Travail du sol.....	10
I.3.4. Couverture du sol.....	10
II. GENERALITES SUR LE RUISSELLEMENT ET LES METHODES DE CONSERVATION DES EAUX ET DES SOLS.....	10
II.1. Phénomène du ruissellement.....	10
II.1.1. Définition.....	10
II.1.2. Facteurs du ruissellement.....	11
II.1.2.1. Intensité pluviale et humidité du sol.....	11
II.1.2.2. Etats de surface.....	11
II.1.2.3. Pente.....	11
II.1.3. Processus du ruissellement.....	12
II.2. Techniques de conservation des eaux et des sols.....	12
II.2.1. Amendements organiques.....	12
II.2.1.1. Usage de compost et des déjections animales.....	12
II.2.1.2. Enfouissement direct de la matière organique fraîche.....	13

II.2.1.3. Paillage.....	14
II.2.2. Usage des engrais minéraux.....	14
II.2.3. Jachère.....	15
II.2.4. Cordons pierreux.....	15
II.2.5. Travail du sol.....	16
CHAPITRE II : METHODOLOGIE.....	17
I. GENERALITES SUR LA ZONE D'ETUDE.....	17
I.1. Situation géographique.....	17
I.2. Climat de la zone.....	18
I.3. Géologie des sols.....	19
I.4. Hydrographie.....	19
I.5. Végétation.....	20
I.6. Population.....	20
I.7. Principales activités.....	20
II. MATERIEL ET METHODES.....	21
II.1. Matériel.....	21
II.1.1. Matériel végétal.....	21
II.1.2. Fertilisants.....	21
II.1.3. Pesticides.....	22
II.1.4. Caractéristiques du sol du site expérimental.....	22
II.2. Méthodes d'étude.....	24
II.2.1. Dispositif expérimental.....	24
II.2.2. Conduite de l'expérimentation.....	25
II.2.2.1. Préparation du sol.....	25
II.2.2.2. Semis et démarrage.....	26
II.2.2.3. Traitements pesticides.....	26
II.2.2.4. Entretien de la culture.....	26
II.2.3. Mesures des paramètres agronomiques du sorgho.....	27
II.2.3.1. Hauteur du sorgho.....	27
II.2.3.2. Evaluation de la production.....	27
II.2.4. Mesures de la pluviosité et du ruissellement.....	27
II.2.4.1. Mesure de la pluviosité.....	27
II.2.4.2. Mesure de la quantité d'eau ruisselée.....	28
II.2.5. Mesure du taux d'humidité.....	29
II.2.6. Estimation de la population de la macrofaune du sol.....	29
II.2.7. Méthodes d'échantillonnage du sol et des substrats utilisés dans la fertilisation.....	31
II.2.7.1. Prélèvement d'échantillons de compost et des résidus de récolte.....	31
II.2.7.2. Echantillonnage du sol.....	31
II.2.8. Analyses chimiques.....	31
II.2.9. Analyse statistique.....	32
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION.....	33
I. RESULTATS.....	33
I.1. Effets des mesures de CES et de la macrofaune sur la croissance du sorgho.....	33

I.1.1.	Impact des mesures de CES sur la croissance du sorgho.....	33
I.1.1.1.	<i>Hauteur du sorgho dans les parcelles sans macrofaune du sol.....</i>	<i>33</i>
I.1.1.2.	<i>Hauteur du sorgho dans les parcelles avec macrofaune du sol.....</i>	<i>33</i>
I.1.2.	Impact de la macrofaune sur la hauteur du sorgho	35
I.2.	Effet des mesures de CES et de la macrofaune sur la production du sorgho	35
I.2.1.	Rendement grain du sorgho	35
I.2.1.1.	<i>Rendement grain dans les parcelles sans macrofaune du sol.....</i>	<i>36</i>
I.2.1.2.	<i>Rendement grain dans les parcelles avec macrofaune du sol.....</i>	<i>36</i>
I.2.1.3.	<i>Impact de la macrofaune sur le rendement grain du sorgho.....</i>	<i>37</i>
I.2.2.	Rendement paille du sorgho.....	37
I.2.2.1.	<i>Rendement paille dans les parcelles sans macrofaune du sol.....</i>	<i>38</i>
I.2.2.2.	<i>Rendement paille dans les parcelles avec macrofaune du sol.....</i>	<i>38</i>
I.2.2.3.	<i>Impact de la macrofaune sur le rendement paille du sorgho</i>	<i>38</i>
I.2.3.	Rapport grain / paille	39
I.3.	Impact des mesures de CES et de la macrofaune sur le ruissellement.....	39
I.3.1.	Impact des mesures de CES sur le ruissellement.....	39
I.3.1.1.	<i>Ruissellement dans les parcelles sans macrofaune du sol.....</i>	<i>40</i>
I.3.1.2.	<i>Ruissellement dans les parcelles avec macrofaune du sol.....</i>	<i>41</i>
I.3.2.	Impact de la macrofaune sur le ruissellement.....	42
I.4.	Impact des mesures de CES et de la macrofaune sur le taux d'humidité	43
I.4.1.	Impact des mesures de CES sur le taux d'humidité du sol.....	43
I.4.1.1.	<i>Taux d'humidité dans les parcelles sans macrofaune du sol.....</i>	<i>43</i>
I.4.1.2.	<i>Taux d'humidité dans les parcelles avec macrofaune du sol.....</i>	<i>44</i>
I.4.2.	Impact de la macrofaune sur le taux d'humidité du sol	45
I.5.	Effet des mesures de CES et de la macrofaune sur les propriétés chimiques du sol...46	
I.5.1.	Carbone total du sol	46
I.5.1.1.	<i>Carbone total du sol dans les parcelles sans macrofaune du sol.....</i>	<i>47</i>
I.5.1.2.	<i>Carbone total du sol dans les parcelles avec macrofaune du sol.....</i>	<i>47</i>
I.5.1.3.	<i>Impact de la macrofaune sur le carbone total du sol.....</i>	<i>47</i>
I.5.2.	Azote total du sol	48
I.5.2.1.	<i>Azote total du sol dans les parcelles sans macrofaune du sol.....</i>	<i>48</i>
I.5.2.2.	<i>Azote total du sol dans les parcelles avec macrofaune du sol.....</i>	<i>49</i>
I.5.2.3.	<i>Impact de la macrofaune sur le taux d'azote total.....</i>	<i>49</i>
I.6.	Impact des mesures de CES et des pesticides sur la macrofaune.....49	
I.6.1.	Densité de la macrofaune.....	49
I.6.1.1.	<i>Impact des mesures de CES sur la densité totale de la macrofaune</i>	<i>49</i>
I.6.1.2.	<i>Impact des pesticides sur la densité de la macrofaune du sol.....</i>	<i>51</i>
I.6.2.	Répartition de la population de la macrofaune du sol selon la profondeur	51
I.6.3.	Abondance et diversité de la macrofaune	54
I.6.4.	Biomasse totale de la macrofaune.....	57
II.	DISCUSSION.....	59
II.1.	Impact des mesures de CES et de la macrofaune sur la hauteur et la production du sorgho.....	59
II.2.	Impact des mesures de CES et de la macrofaune sur le ruissellement	61

II.3. Impact des mesures de CES et de la macrofaune sur le taux d'humidité du sol.....	63
II.4. Impact des mesures de CES et de la macrofaune sur la matière organique du sol. ..	64
II.5. Impact des mesures de CES et des pesticides sur la macrofaune du sol.....	65
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	67
BIBLIOGRAPHIE	70
ANNEXES.....	80

DEDICACE

MENTION BIEN

✦ A mon père *OUEDRAOGO Tiraogo*,

✦ A ma mère *OUEDRAOGO Sibdou*,

✦ A mon frère *OUEDRAOGO K. Jean Paul*,

✦ A mes *sœurs et frères*

Je dédie ce mémoire

MENTION BIEN

REMERCIEMENTS

Ce mémoire est le résultat de contributions diverses émanant de plusieurs personnes. Il nous est agréable de leur témoigner notre reconnaissance. Nos remerciements vont :

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

Au **Dr OUEDRAOGO Elisée**, chef du département agro-écologie, notre maître de stage qui, malgré ses multiples occupations, a passé de longues heures à notre service. Nous lui disons merci pour l'encadrement pour la réalisation de ce mémoire ;

Au **Dr TRAORE Mamadou**, 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 et la rédaction de ce mémoire ;

Au **Dr OUEDRAOGO Moussa**, chercheur au CNRST, pour nous avoir accepté dans son laboratoire pour la caractérisation de la faune du sol ;

A tout le personnel du CEAS en particulier **Messieurs Bernard NONGUIERMA, Gédéon SANDOUIDI, Windinso OUEDRAOGO, Jean François HOUMARD, Jonathan FERTE**, pour leurs soutiens multiformes ;

A toute ma **famille et à Mademoiselle Sandrine Aminata OUEDRAOGO**, pour le soutien moral et les encouragements pendant notre stage;

A la famille **OUEDRAOGO Léonard**, en particulier **Messieurs Philippe OUEDRAOGO, Urbain OUEDRAOGO, Patrice OUEDRAOGO**, pour leur hospitalité ;

Aux Ingénieurs **Joseph B. BATIENO, Mathieu W. SAWADOGO, David TIEMTORE**, à **Monsieur Mathieu SIMPORE, Mademoiselle Alice Balima et Madame Fatimata GUIRA**, pour leurs suggestions pour le perfectionnement du document;

A **SANOU Abdoul Karim, WILY Esai, SAWADOGO P. Béatrice**, tous stagiaire au CEAS pour leur collaboration et leur esprit de solidarité;

A tous les camarades de classe en particulier **TOUGMA Dominique Sid-Waya, OUEDRAOGO Z. Albert, ZIDA W. Arnaud, PURYILE MEDAH N. G. A. Benjamin, KABORE K. Hilaire, DRABO Inoussa, YAMEOGO P. Louis, SANON Zezouma, YAMEOGO W. Mireille, TRAORE Lassane, SANON Sogo Bassirou** ;

A DAO Benjamin, TRAORE Mathilde, DAO Kadidia pour leur soutien ;

A tous les travailleurs du jardin agro-écologique, en particulier **Messieurs Etienne OUEDRAOGO, Christophe OUEDRAOGO et K. Souleymane NANA** pour leur appui pendant la collecte des données ;

Vous tous qui avez contribué de près ou de loin, malheureusement vos noms ne sont pas cités ; loin de l'oubli, nous vous rassurons de notre profonde reconnaissance pour tous vos efforts déployés en vue de nous assurer le succès.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Caractéristiques chimiques des tiges et du compost.....	22
Tableau II : Caractéristiques physico-chimiques du sol du site d'étude.....	23
Tableau III : Impact de la macrofaune sur le rendement grain du sorgho	35
Tableau IV : ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur le Rdt grain au seuil de 5%....	36
Tableau V: Impact de la macrofaune et des mesures de CES sur le rendement paille du sorgho	37
Tableau VI : ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur le Rdt paille au seuil de 5%... 38	
Tableau VII: Impact de la macrofaune sur le rapport grain / paille du sorgho	39
Tableau VIII : ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur le ruissellement au seuil de 5%.....	40
Tableau IX : Taux de réduction du ruissellement des parcelles avec et sans macrofaune du sol	41
Tableau X : Contribution de la macrofaune à la réduction du ruissellement.....	43
Tableau XI : Impact de la macrofaune sur le carbone total du sol (%).....	46
Tableau XII : ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur le carbone total du sol au seuil de 5%.....	46
Tableau XIII : Taux d'azote total dans les parcelles sans macrofaune et avec macrofaune (%)	48
Tableau XIV : ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur l'azote total du sol au seuil de 5%.....	48
Tableau XV: ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur la densité de la macrofaune au seuil de 5%	50
Tableau XVI : Densité total (0–30 cm) de la macrofaune dans les parcelles traitées et non traitées	51
Tableau XVII : Répartition des différents groupes de la macrofaune selon la profondeur dans les parcelles traitées.....	52
Tableau XVIII : Répartition des différents groupes de la macrofaune selon la profondeur dans les parcelles non traitées.....	53
Tableau XIX : Diversité et abondance de la macrofaune sur les parcelles non traitées (horizon 0–30 cm).....	55

Tableau XX : Diversité et abondance de la macrofaune sur les parcelles traitées (horizon 0-30 cm).....	56
Tableau XXI : Biomasse totale de la macrofaune g / m ²	57
Tableau XXII : ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur la biomasse totale de la macrofaune au seuil de 5%.....	58

MENTION BIEN

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation de la commune de Koubri	17
Figure 2 : Variabilité interannuelle de la pluviométrie des six dernières années sur le site expérimental	18
Figure 3 : Hauteur d'eau enregistrée au cours de la campagne 2008 – 2009 sur le site expérimental	19
Figure 4: Impact des traitements sur l'évolution de la hauteur du sorgho (A) sans macrofaune, (B) avec macrofaune	34
Figure 5: Ruissellement dans les parcelles sans macrofaune du sol	40
Figure 6 : Ruissellement dans les parcelles avec macrofaune du sol.....	41
Figure 7 : Comparaison du ruissellement cumulé entre les parcelles avec et sans macrofaune	42
Figure 8 : Evolution du taux d'humidité dans les parcelles sans macrofaune du sol.....	44
Figure 9: Evolution du taux d'humidité des parcelles avec macrofaune du sol.....	45
Figure 10: Comparaison du taux d'humidité entre les parcelles avec et sans macrofaune.....	45
Figure 11 : Comparaison du taux de carbone total entre les parcelles avec et sans macrofaune	47
Figure 12: Comparaison du taux d'azote total entre les parcelles avec et sans macrofaune du sol	49

LISTE DE PHOTOS

Photo 1 : Dispositif de collecte d'eau de ruissellement	28
Photo 2 : TDR pour la mesure du taux d'humidité	29
Photo 3 : Prélèvement d'un monolithe	30
Photo 4 : Fouille d'un monolithe	30

SIGLES ET ABREVIATIONS

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

CDCS : Center for Development Cooperation Services

CEAS : Centre Ecologique Albert Schweitzer

CES : Conservation des Eaux et des Sols

CMK : Conseil Municipal de Koubri

CTA : Centre Technique de coopération Agricole et rurale

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations

GERDAT : Groupe d'Etudes et de Recherches pour le Développement de l'Agronomie Tropicale

GRET : Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques

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

JAS: Jours Après Semis

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

Rdt : Rendement

TDR : Time Domain Reflectometry

TSP : Triple Superphosphate

RESUME

Le développement durable de l'agriculture passe par la promotion des pratiques agro-écologiques. Ces pratiques permettent de valoriser les potentialités biologiques des sols qui participent à l'équilibre de ces agrosystèmes.

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 à texture limono-sableuse en surface et de pente douce (1,5% en moyenne) afin d'évaluer la contribution de la macrofaune dans la valorisation des pratiques de conservation des eaux et des sols. Il comprend deux traitements principaux dont les parcelles avec macrofaune et les parcelles sans macrofaune et huit traitements secondaires : Urée + labour, Compost + Urée + labour, Tiges + Urée + labour, Compost + labour, Tiges + mulch, Tiges + Urée + mulch, Jachère et Témoin. Des mesures du ruissellement, du taux d'humidité du sol, de la densité et de la biomasse de la macrofaune, des caractéristiques agronomiques du sorgho et des paramètres chimiques de sols ont permis d'évaluer l'efficacité des traitements.

Les résultats montrent qu'excepté le traitement Urée + labour, la présence de la macrofaune a été favorable à la réduction du ruissellement sur les autres traitements. Cependant, elle a eu une faible influence sur l'humidité de l'horizon de surface (0-10 cm) du sol. La contribution absolue de la macrofaune à la réduction du ruissellement a été de 24,56%. L'aménagement exclusif des parcelles en cordons pierreux sans amendements organiques a induit une faible amélioration de cette contribution. Elle a été plus élevée sur les traitements à base de tiges de sorgho qui présentent aussi les plus fortes densités de macrofaune notamment de termites. Par contre, elle a été faible sur les traitements à base de compost qui présentent une faible densité de macrofaune. Mais, le rendement grain du sorgho le plus élevé a été observé sur le traitement compost + labour en présence de la macrofaune du sol. Sur ce traitement, la contribution de la macrofaune du sol à l'accroissement du rendement était de 157,91% alors que la macrofaune a baissé le rendement grain de 55,35% sur le traitement Urée + labour. Par ailleurs, la suppression de la macrofaune a entraîné une accumulation du carbone total, mais elle n'a eu aucun effet significatif sur l'azote total du sol. Dans les systèmes de culture à faibles intrants, la stimulation de l'activité de la macrofaune par des apports organiques est nécessaire pour la préservation des potentialités des terres agricoles.

Mots clés : cordons pierreux, macrofaune du sol, ruissellement, sorgho, Burkina Faso.

INTRODUCTION

Le développement agricole en Afrique occidentale s'est traduit par une extension des surfaces cultivées sans mesures de conservation appropriées. Aussi, la minéralisation rapide de la matière organique, l'agressivité des pluies (Roose, 1981) associées aux caractéristiques des sols et aux facteurs anthropiques (Le Prun *et al.*, 1986) accélèrent le ruissellement, principal agent de l'érosion hydrique (MAE, 2002). L'érosion entraîne ainsi des pertes de terre, de nutriments mais surtout de surfaces cultivables (Niang, 2006). Ces facteurs ont entraîné une dégradation alarmante des terres (Roose, 1986). Cette dégradation constitue selon Manu *et al.* (1998), un important facteur biophysique de la faible productivité des systèmes agro-pastoraux.

Au Burkina Faso comme partout en Afrique sub-saharienne, le système traditionnel de restauration de la fertilité des sols consistait à la pratique de la culture itinérante dans laquelle les champs pouvaient être laissés en jachère pour une période de 10 à 20 ans (Piéri, 1989 ; Berger, 1996). De nos jours, la pression démographique a poussé non seulement les agriculteurs à écourter la période de jachère, mais aussi à mettre des terres marginales en culture (Roose et Sarrailh, 1990 ; Van Reuler et Prins, 1993), aggravant ainsi le phénomène de dégradation des sols. En plus, les changements climatiques vont augmenter la variabilité pluviométrique et fragiliser les écosystèmes, posant ainsi un risque potentiel de sécurité alimentaire au Sahel (Badolo, 2008). Il devient alors urgent de développer des technologies appropriées pour une gestion adéquate de l'eau et des nutriments afin d'assurer une production agricole durable.

De ce fait, la mise en place d'ouvrages anti-érosifs tels que les cordons pierreux s'impose pour atténuer le ruissellement et améliorer l'alimentation hydrique des cultures. Cependant, la maximisation de l'utilisation des eaux pluviales n'est que peu bénéfique si la déficience du sol en nutriments n'est pas simultanément corrigée (Zougmoré, 2003). A ce sujet, Prat (1990) indique que seule l'association de systèmes anti-érosifs à des modes de gestion de la fertilité des sols et des types de cultures appropriés aux conditions de cultures peut permettre de contrôler ou de diminuer l'érosion hydrique et d'accroître la production agricole.

Par ailleurs, plusieurs études ont montré que le fonctionnement des écosystèmes tropicaux et sub-tropicaux est influencé par la macrofaune du sol (Bachelier, 1963 ; Lavelle *et al.*, 1991 ; Lepage, 2006). La macrofaune constitue une ressource indispensable

à la conservation des sols et à l'amélioration de l'infiltration (Lavelle, 2000). Cependant, cette faune est gravement menacée car la plupart des interventions humaines, en particulier l'usage des pesticides de synthèse et le labour réduit fortement sa diversité. (Lavelle, 2000 ; Ouédraogo, 1998 ; Nonguierma, 2006).

C'est pour appréhender les diverses interactions du rôle de la macrofaune et des modes de gestion de la fertilité des sols sur l'optimisation des pratiques de conservation des eaux et des sols, que la présente étude dont le thème est : « *Evaluation de la contribution de la macrofaune du sol sur la performance des mesures de conservation des eaux et des sols* », a été initiée.

L'objectif général assigné à cette investigation est d'évaluer la contribution de la macrofaune du sol sur la performance des mesures de conservation des eaux et des sols en fonction de différents modes de gestion de la fertilité des sols et son impact sur la production du sorgho.

Plus spécifiquement, il s'agira de :

- ✓ évaluer l'effet de la macrofaune et des mesures de conservation des eaux et des sols (CES) sur la croissance et la production du sorgho ;
- ✓ évaluer l'impact de la macrofaune et des mesures de CES sur le ruissellement et l'humidité du sol ;
- ✓ tester l'effet de la macrofaune et des mesures de CES sur la matière organique du sol après une culture de sorgho ;
- ✓ évaluer l'impact des mesures de CES sur les effectifs et la biomasse de la population de la macrofaune du sol.

Le présent mémoire comprend quatre chapitres qui sont : la revue bibliographique, la présentation de la zone d'étude, la méthodologie et les résultats et discussion.



CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I. GENERALITES SUR LA MACROFAUNE DU SOL

I.1. Définition et différents embranchements de la faune du sol

La faune du sol représente l'ensemble des animaux qui passe une partie importante de leur cycle biologique dans le sol (Bachelier, 1978). On distingue la faune endogée qui vit dans les horizons du sol et la faune épigée qui vit dans la litière. La faune du sol peut être classée en quatre (04) catégories suivant la taille des organismes vivants (Bachelier, 1963) :

✓ **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** dans laquelle les individus mesurent entre 0,2 et 4 mm. Les deux grands groupes de Microarthropodes que sont les Collembolés et les Acariens constituent l'essentiel de cette mésofaune avec d'autres insectes aptérygotes de moindre importance : les Protoures, les Diploures et les Thysanoures. Se rangent aussi dans la mésofaune : les Enchytréides (petits vers oligochètes), les Symphyles (Myriapodes) et les plus petits insectes ou leurs larves.

✓ **la macrofaune** dans laquelle les individus mesurent entre 4 et 80 mm. La macrofaune 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** dans laquelle les individus mesurent 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).

Outre leur taille, les organismes du sol peuvent être classés en fonction de leur rôle au sein de l'écosystème naturel (Brussaard, 1998). On distingue :

- **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).

I.2. Interaction entre la macrofaune et les propriétés du sol

I.2.1. Propriétés physiques

La macrofaune, par son activité de fouissage, de transport de matière ainsi que par son action sur la microflore et la dégradation de la matière organique contribue à définir les caractéristiques physico-chimiques des sols (Bachelier, 1978 ; Piéri, 1989).

I.2.1.1. Porosité et infiltration

La macrofaune est influencée par la porosité du sol. Un sol très compact s'oppose aux migrations verticales d'animaux sensibles aux variations de la température et d'humidité et de ce fait en interdit l'existence. Cependant, il suffit d'une porosité très moyenne pour que le sol soit suffisamment aéré et le gaz carbonique ne s'y accumule pas (Bachelier, 1971 ; 1978).

Par ailleurs, plusieurs études ont montré l'impact de l'activité de la macrofaune sur l'amélioration de la porosité du sol (Lavelle *et al.*, 1991 ; Mando, 1991 ; Hallaire *et al.*, 2004). Les vers de terre augmentent la macroporosité du sol, qui de 30 à 40% peut passer de 60 à 70% grâce à leurs galeries et leurs turricules (Bachelier, 1978). Les galeries des vers de terre constituent un véritable réseau de drainage qui augmente considérablement l'infiltration (Piéri, 1989). Casenave et Valentin (1989) ont montré que le taux d'infiltration qui était de 40 à 75% dans les milieux non cultivés couverts d'une végétation dense, passe à 70 à 85%, lorsque l'activité des vers de terre entraîne un dépôt de turricules à la surface du sol et 85 à 100%, lorsqu'il s'y ajoute une activité importante de termites sous forme de placages. Les études de Mando (1991), ont montré que l'activité des termites est associée à une ouverture des pores qui favorisent grandement l'infiltration. Il a

ainsi observé une multiplication de la vitesse d'infiltration par trois sur des sols sablo - limoneux. Aussi l'activité de la macrofaune est favorable aux microorganismes responsables de l'humification. On assiste alors à une augmentation de la microporosité grâce à la formation d'agrégats stables. Par contre une activité excessive des vers de terre entraîne la formation d'une couche compacte et collante qui réduit le taux d'infiltration (Lavelle *et al.*, 1991). Aussi, les grosses termitières des *Macrotermitinae* sont pratiquement imperméables et une forte érosion peut souvent s'y manifester (Bachelier, 1971).

1.2.1.2. Structure du sol

La macrofaune du sol, en favorisant l'activité biologique globale du sol, favorise indirectement sa structuration. Mais la plupart de ses actions peuvent aussi avoir une action directe sur cette structure (Bachelier, 1978). En mélangeant les débris végétaux en décomposition à la matière minérale ou en réduisant la taille de la matière organique et en facilitant leur pénétration en profondeur au cours de la chaîne alimentaire, la faune améliore la structure et la stabilité du sol. Aussi contribue-t-elle à la formation d'agrégats ou de micro-agrégats stables favorables à l'amélioration de la structure du sol (Bachelier, 1971 ; Boyer, 1971 ; Lavelle *et al.*, 1991).

1.2.1.3. Humidité et capacité de rétention en eau du sol

L'eau demeure un facteur primordial pour la faune. Son excès ou son insuffisance peut être néfaste pour ces animaux (Bachelier, 1971 ; 1978). Le manque d'eau peut causer la dessiccation des animaux surtout au moment des mues. Quant à l'excès, il détermine des pièges de tensions superficielles, le phénomène d'endosmose et de manque d'oxygène. Le degré de sensibilité à ces phénomènes est fonction de l'espèce. En fonction de leur besoin en eau, Bachelier (1963) distingue la faune hydrobionte ou avide d'eau, la faune simplement hygrobionte ou avide seulement d'humidité et la faune xérophile capable de supporter la sécheresse.

Cependant, la faune du sol influence l'humidité et la capacité de rétention en eau du sol. Elle favorise la décomposition de la matière organique (Piéri, 1989 ; Ouédraogo *et al.*, 2004) et de ce fait augmente le stock d'humus du sol (Janssen, 1993). Ainsi, en formant un complexe colloïdal et humique contribuant à une bonne structuration du sol, la faune augmente la capacité de rétention en eau (Bachelier, 1971). En effet, Kollmannsperger (1952) cité par Bachelier (1971), dans des expériences conduites avec des vers de grande

taille a observé une augmentation de la rétention d'eau de 42% sur des sols calcaires et de 113% sur des sols de texture sableuse.

1.2.1.4. Texture du sol

Par la remontée de l'argile des horizons de profondeur, la faune détermine la texture fine des horizons de surface. Bachelier (1978) affirme que les rejets de vers de terre sont habituellement d'une texture plus fine que celle des sols et donc plus limoneuse ou plus argileuse. Nyé (1955) cité par Bachelier (1978) étudiant les rejets d'*Hippopera nigeriae* dans les sols du Ghana, a montré que les rejets de ce ver ne renfermaient pas de grains plus gros que 0,5 millimètre (mm) et il ne s'y trouvait qu'une faible proportion de grains dont la taille varie entre 0,2 et 0,5 mm alors que le sol environnant était constitué de sables grossiers. Cependant, une profondeur suffisante du sol et une texture assez fine sont favorables à leur activité.

1.2.2. Propriétés chimiques du sol

1.2.2.1. Matière organique

L'importance de la vie dans les sols dépend en tout premier lieu de leur richesse énergétique (Bachelier, 1971). La matière organique est un élément essentiel pour la faune du sol. Elle constitue une source d'énergie et un réservoir d'azote pour la synthèse de leurs tissus. Les litières, par leur contenu minéral, leur richesse en glucides, en protéines, en lignines etc. peuvent influencer le déterminisme et l'activité de la faune du sol. Ainsi, Ouédraogo *et al.* (2004) ont montré que la densité des termites était fortement corrélée à la nature de la matière organique. Ils préfèrent la matière organique récalcitrante (Ouédraogo *et al.*, 2004 ; Bagnian, 2006). Les vers de terre quant à eux préfèrent les herbes tendres, les fumiers ou les composts (Bachelier, 1971). La dégradation de la matière organique est cependant assurée par les micro-organismes et la macrofaune (Bachelier, 1971 ; Boyer, 1971 ; Bachelier, 1978). La macrofaune intervient directement ou indirectement dans ce processus de dégradation.

✓ Elle intervient directement grâce à l'activité de nutrition, à la fragmentation de la litière ou du bois mort (Bachelier, 1971 ; Mando, 1991), amorçant ainsi le processus d'humification. Bachelier (1978) citant Meyer (1943) indique qu'une litière végétale de rapport C/N égal à 23 avait donné après digestion par les vers de terre, un terreau à rapport C/N de 11. Aussi, Ouédraogo *et al.* (2004), en utilisant la technique des sacs à litières en

trois (03) mois d'application, ont montré qu'en présence de faune du sol, seulement 19% de paille d'Andropogonées, 8% de bouse de vache et 5% de paille de maïs n'avaient pas été décomposées alors que ces taux étaient respectivement de 96%, 70% et 34% en absence de faune. Cette fragmentation de la matière organique fraîche facilite l'activité des micro-organismes responsables de l'humification.

✓ Indirectement, la macrofaune par l'amélioration des propriétés physico-chimiques des sols (aération, énergie, disponibilité en eau), stimule l'activité de la microfaune et assure la présence d'une microflore cellulolitique très active (Boyer, 1971). Elle crée ainsi les conditions favorables à la dégradation de la matière organique et à l'humification.

1.2.2.2. Teneur en azote

Les organismes du sol participent à la minéralisation de la matière organique. Ils assurent la transformation de l'azote organique en azote minéral. Aussi, elle constitue elle-même une réserve d'azote mobilisable à sa mort. En effet, Satchell (1960) cité par Bachelier (1978) indique que la mortalité en saison sèche des vers de terre pouvait apporter aux cultures jusqu'à la moitié de leur besoin en azote. Aussi, Raw (1961) cité par Bachelier (1971) pense que dans les vergers, les vers quand ils sont actifs, peuvent excréter chaque jour 28 à 42 mg d'azote / m².

1.2.2.3. Eléments nutritifs du sol

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. Selon Bachelier (1971), les rejets de vers de terre présentent une plus forte capacité d'échange de bases que les sols et s'avèrent chimiquement plus riches. Les vers de terre sont capables de rendre assimilables certains oligo-éléments tels que le molybdène. Les études de Ouédraogo *et al.* (2005), ont montré que les vers de terre pouvaient augmenter la disponibilité en phosphore assimilable surtout lorsqu'il est appliqué avec du compost ou du fumier riche. De même, les termites assurent l'augmentation des réserves minérales échangeables et totales du sol par les produits de leur métabolisme, les remontées à la surface d'éléments minéraux encore peu décomposés. Ils apportent également des éléments minéraux et des bases en solution, en récupérant les eaux de ruissellement et de lessivage oblique (Boyer, 1971). L'accroissement des bases échangeables est souvent supérieur à celui de la capacité de

fixation liée à l'apport d'argile. Aussi, le taux de saturation en cations du complexe dans les termitières est généralement supérieur à celui des sols voisins (Bachelier, 1971).

1.2.2.4. pH du sol

Le pH est un facteur très sélectif de la macrofaune du sol. Par ailleurs, les changements apportés par la faune sur la saturation du complexe colloïdal sont susceptibles de modifier le pH du sol (Bachelier, 1978). Les turricules de vers de terre, ainsi que le matériel des termitières sont généralement proches de la neutralité (Bachelier, 1971 ; 1978). Leur présence contribue alors à relever le pH sur les sols acides. Ce fort pH dans les turricules s'explique par leur richesse chimique ou par l'altération des cristaux calcites excrétés par les glandes de morren (Bachelier, 1978).

1.2.3. Propriétés biologiques

La macrofaune stimule l'activité biologique générale du sol. Les sécrétions de vers de terre sont favorables au développement des bactéries ammonifiantes (Bachelier, 1971). Les termites (Boyer, 1971) et les vers de terre contribuent fortement à la dissémination de spores, de bactéries, de protozoaires. La faune entretient ainsi l'état juvénile des populations bactériennes. Du fait de leur association par coprophagie, la faune augmente le potentiel enzymatique du sol (Bachelier, 1971 et Bachelier, 1978). Les organismes du sol entretiennent plusieurs relations entre eux. On peut distinguer :

- **la prédation** : les prédateurs diminuent la compétition entre les individus d'une même espèce en les mettant plus ou moins rapidement en équilibre avec les ressources disponibles. Ils sauvegardent de ce fait l'avenir et la qualité de l'action de leurs proies.
- **la compétition** : elle est soit intra spécifique, soit interspécifique et agit par le jeu des facteurs de mortalité des populations. Ce qui limite le nombre potentiel d'espèces dans un sol donné.
- **la symbiose** : elle se traduit par des associations temporaires ou permanentes favorables aux deux types d'organismes.

MENTION BIEN

I.3. Effets des pratiques agricoles sur la macrofaune du sol

I.3.1. Usage de pesticides

L'amélioration et l'augmentation de la production agricole consistent en une maîtrise de la fertilisation d'une part et un contrôle des ennemis des cultures par l'usage de pesticides de synthèse d'autre part (Ouédraogo, 1998). Les pesticides sont des produits qui par leurs propriétés chimiques contribuent à la protection des végétaux. Ils sont destinés à détruire, limiter ou repousser les organismes nuisibles à la croissance des plantes (insectes, pathogènes et adventices). Au Burkina Faso, ce sont essentiellement les insecticides organochlorés et organophosphorés qui sont utilisés pour les productions cotonnière et maraîchère (Toé, 1997). Dans la zone cotonnière, les travaux de Savadogo *et al.* (2006) ont montré une contamination du sol par l'endosulfan qui variait de 1 à 22 $\mu\text{g} / \text{Kg}$. Ces pesticides organochlorés sont caractérisés par une grande rémanence et une toxicité aiguë (Kumar, 1991 ; Ouédraogo, 1998 ; Savadogo *et al.*, 2006). Utilisés directement sur le sol ou sur les cultures, les pesticides s'accumulent dans les sols riche en argile et en humus ou sont entraînés dans la nappe phréatique (Kumar, 1991 ; Nonguierma, 2006 ; Savadogo *et al.*, 2006). Ils contribuent alors à la réduction de la vie dans les sols (Kumar, 1991 ; Ouédraogo, 1998) 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. Les pesticides induisent également une augmentation des populations d'organismes nuisibles par la suppression de leurs auxiliaires et créent des phénomènes de résistance (Kumar, 1991).

I.3.2. Amendements organiques et minéraux

L'apport de matière est très favorable à la macrofaune du sol. La matière organique améliore d'une part, les propriétés physico-chimiques du sol et d'autre part, elle constitue une source d'énergie et d'azote pour les organismes du sol. L'effet des engrais varie selon leur nature, les conditions d'emploi et les caractéristiques chimiques du sol. Ils entraînent une minéralisation rapide de la matière organique et sont immédiatement disponibles pour les plantes (Piéri, 1989). De ce fait, ils entraînent à long terme une diminution de l'activité biologique des sols (Ouédraogo, 1998). Bachelier (1978) indique que l'usage d'engrais

azoté sur un sol acide leur est défavorable. Par ailleurs, plusieurs études ont montré que l'usage combiné du fumier et des engrais est favorable à la macrofaune (Bachelier, 1978 ; Zhiping *et al.*, 2006).

I.3.3. Travail du sol

Le travail du sol influence fortement l'activité biologique des sols. Le labour, principale opération culturale, réalisé par les producteurs est néfaste à la mésofaune et à la macrofaune du sol, principalement les vers de terre (Lavelle *et al.*, 1991). Il contribue aussi au développement de la microflore hétérotrophe du sol qui accélère la minéralisation de la matière organique (Piéri, 1989).

I.3.4. Couverture du sol

Le maintien d'une couverture végétale vivante ou morte à la surface du sol est nécessaire pour la vie de la macrofaune du sol (Lal, 1987 cité par Piéri, 1989 ; Lavelle *et al.*, 1991). La couverture végétale empêche le réchauffement du sol et améliore les conditions d'humidité favorable à l'activité de la macrofaune (Bachelier, 1978 ; Lavelle *et al.*, 1991). L'absence d'une litière diminue la diversité des organismes du sol notamment la faune épigée (Lavelle *et al.*, 2006).

II. GENERALITES SUR LE RUISSELLEMENT ET LES METHODES DE CONSERVATION DES EAUX ET DES SOLS

II.1. Phénomène du ruissellement

II.1.1. Définition

Le ruissellement représente la fraction de pluie qui, ne pouvant s'infiltrer dans le sol s'écoule suivant la pente et se concentre en rigoles et en torrents. Le ruissellement est donc le déplacement de l'eau à la surface du sol (Dupriez et De Leener, 1990). Il assure le transport des particules de sol arrachées sous "l'effet splash" des gouttes de pluie, mais peut lui-même arracher des particules de sol lorsque qu'il acquiert une énergie suffisante.

Trois théories ont été développées pour expliquer le phénomène du ruissellement (Roose, 1994):

- la théorie de Horton (1945) selon laquelle le ruissellement naît lorsque l'intensité des pluies est supérieure à la capacité d'infiltration du sol.
- la théorie de la saturation du milieu qui stipule que le ruissellement naît lorsque l'espace poreux du sol est saturé.
- la théorie de la contribution partielle de la surface du bassin au ruissellement.

II.1.2. Facteurs du ruissellement

La naissance et l'importance du ruissellement sont fonction de plusieurs facteurs. Au nombre de ces facteurs, on peut retenir le couvert végétal, la pente, l'agressivité et l'intensité des pluies, les états de surfaces et les techniques culturales qui sont les plus importants (Roose, 1981 ; 1994 ; Delville, 1996).

II.1.2.1. Intensité pluviale et humidité du sol

L'intensité des pluies est un facteur qui conditionne la naissance du ruissellement (Roose, 1994). Elle est à l'origine de l'engorgement et de la battance. En fonction du type de sol et des états de surface, il existe des intensités limites de pluie en dessous desquelles il n'y a pas de ruissellement (Casenave et Valentin, 1989). Cependant, l'humidité du sol avant l'averse influence la pluie d'imbibition, donc, la saturation du sol. En effet, la pluie d'imbibition est généralement nettement supérieure pour un sol sec que lorsque le sol est humide (Roose, 1994). Par ailleurs, Le Bissonnais *et al.* (1990) ont montré que des agrégats initialement secs favorisent la formation rapide des croûtes par rapport aux agrégats humides.

II.1.2.2. Etats de surface

Selon Delville (1996), ce sont les états de surface (couvert végétal, activité faunistique, microrelief) qui sont déterminants dans la naissance du ruissellement. Ils influencent la pluie d'imbibition et peuvent réduire considérablement la vitesse du ruissellement (Roose, 1994). Ces états de surface sont affectés par les pratiques culturales (Roose, 1994 ; Delville, 1996 ; Andrieux, 2006).

II.1.2.3. Pente

La pente est un facteur qui influe sur la vitesse et le volume d'eau ruisselée (Roose, 1994), mais l'érodibilité des sols en est peu dépendante (Roose et Sarrailh, 1990).

Cependant, le rôle de la pente devient fondamental dès que le sol est dénudé (Van Caillie, 1990). L'influence de la longueur de la pente est variable. Elle peut augmenter ou réduire le ruissellement en fonction des caractéristiques du terrain (Poesen et Bryan, 1990).

II.1.3. Processus du ruissellement

Le phénomène du ruissellement procède par deux principaux mécanismes qui sont la battance et la saturation. L'énergie des gouttes de pluie entraîne une destruction des agrégats du sol lesquels entraînent la formation d'une pellicule de battance qui réduit la perméabilité du sol. Il s'en suit la naissance du ruissellement suite à la saturation du sol. Eimberck (1990), dans une étude menée sur un sol limoneux à faible pente, a montré que la formation du ruissellement est due à la diminution de la capacité d'infiltration du sol et de la détention superficielle, liées à la dégradation structurale des surfaces. Il conclut alors que l'apparition de l'excès d'eau, sa mise en circulation et sa concentration résultent de trois paramètres étroitement liés :

- une capacité d'infiltration du sol inférieure aux intensités pluviales,
- une détention superficielle inférieure à l'excès d'eau non infiltrée,
- et l'existence d'un réseau de collectes suffisamment dense et raccordé aux collecteurs principaux.

II.2. Techniques de conservation des eaux et des sols

Conserver un sol consiste à le défendre contre l'érosion pluviale et éolienne en réalisant à la fois sa conservation matérielle et sa conservation biologique (Ministère de la Coopération, 1991). A cet effet, différentes techniques peuvent être appliquées individuellement ou en association afin de permettre d'agir efficacement et durablement sur le ruissellement, l'infiltration et l'érosion mais aussi, de maintenir, voire améliorer la fertilité des sols.

II.2.1. Amendements organiques

II.2.1.1. Usage de compost et des déjections animales

L'usage de compost ou de déjections animales est nécessaire pour l'augmentation de la production agricole en Afrique subsaharienne dont les sols sont caractérisés par une faible fertilité naturelle (Bremner, 1998). Ces amendements permettent d'améliorer aussi

bien les propriétés physico-chimiques et biologiques que hydrodynamiques du sol (Dalzell *et al.*, 1988 ; Roose, 1994). En effet, les amendements organiques (compost ou fumier) permettent d'augmenter le taux de matière organique et la capacité de rétention en eau du sol (Nahal, 1975 ; Dalzell *et al.*, 1988 ; Berger, 1991). On assiste aussi à une amélioration de la structure et de la stabilité structurale du sol (Roose, 1994 ; Le Clech, 1998). Ils limitent ainsi les risques d'éclatement des agrégats lors de l'humectation et aussi la vitesse de formation des croûtes (Valentin et Janeau, 1990). Ainsi, ils augmentent la résistance du sol à l'agressivité des pluies, améliorent la nutrition minérale des plantes, favorisant alors le développement rapide des cultures. Plusieurs études ont ainsi montré l'impact positif du compost ou du fumier dans la réduction du ruissellement et de l'érosion (Roose, 1994 ; Zougmore *et al.*, 2003 ; 2004a ; 2004b). Combiné à d'autres techniques telles que les bandes enherbées ou les cordons pierreux, le compost associé ou non à la fertilisation minérale favorise aussi bien une réduction du ruissellement pouvant atteindre 53%, qu'une augmentation de la production agricole (Zougmore *et al.*, 2004b). Cependant, une augmentation du taux de matière organique de 1% dans l'horizon superficiel exige beaucoup d'apports organiques pour compenser la minéralisation rapide en zone tropicale et ne réduit le risque d'érosion que de 2% sur des sols sableux ou argileux (Roose et Sarrailh, 1990).

II.2.1.2. Enfouissement direct de la matière organique fraîche

L'enfouissement de la matière organique fraîche (MOF) (paille, engrais vert) permet de lutter contre le ruissellement et l'érosion hydrique. La MOF agit sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. Cependant, l'enfouissement de la matière organique fraîche ne présente pas un intérêt immédiat quant à l'amélioration de la stabilité structurale (Monnier, 1965 cité par Nahal, 1975). Par ailleurs, il stimule l'activité biologique notamment les vers de terre et les termites qui régénèrent tout au long de la période de culture, la structure dans leur zone d'action en créant un réseau de galeries (Nahal, 1975). Il en résulte une augmentation de la porosité, d'où une meilleure infiltration de l'eau et une meilleure circulation de l'eau et de l'air. La matière organique fraîche a également une contribution positive à la rétention en eau du sol (Janssen, 1993). Aussi, le labour d'enfouissement améliore la macroporosité favorable à l'infiltration et à la pénétration racinaire (Roose, 1977). L'enfouissement de la paille, surtout lorsqu'il est associé à l'urée ou à des engrais verts améliore l'alimentation minérale des cultures,

favorisant ainsi le développement du couvert végétal.

Toutefois, cette technique présente des inconvénients lorsque la matière organique fraîche apportée présente un rapport C/N élevé ou quand elle est enfouie dans des conditions d'excès d'eau.

II.2.1.3. Paillage

Le paillage est une technique traditionnelle de conservation des eaux et des sols largement diffusée en zone sahélienne (Slingerland et Masdewel, 1996). Il consiste à recouvrir le sol d'une couche de 2 à 10 cm (4 à 6 t / ha) de matières végétales mortes (pailles, branches, feuilles mortes, herbes) (Ministère de la Coopération, 1991 ; INERA, 2004). Très efficace contre le ruissellement et la dégradation structurale du sol (Roose, 1977), le paillage limite l'encroûtement et favorise considérablement l'infiltration de l'eau et l'enrichissement organique du sol grâce à l'activité des termites et des vers de terre (Roose, 1994 ; Delville, 1996 ; INERA, 2004). Il permet également de protéger la surface du sol contre les rayons directs du soleil, empêchant de ce fait l'élévation de la température du sol (Roose, 1994). Par conséquent, le paillage permet un développement rapide de la végétation (Roose, 1994 ; INERA, 2004). Le semis direct sous couverture végétale vivante ou morte est sans doute la méthode de lutte contre le ruissellement, la plus performante et la plus économique (Charpentier *et al.*, 1991). Cependant, son efficacité est fonction de la texture ou de la possibilité du sol à résister à la dégradation par simple humectation ou par dispersion des argiles (Collinet *et al.*, 1980 cités par INERA, 2004 ; Roose, 1994).

II.2.2. Usage des engrais minéraux

Les engrais minéraux solubles sont des substances immédiatement disponibles pour les plantes. Ils sont appliqués pour satisfaire les besoins des cultures (Gros, 1974). Ils contribuent à une minéralisation rapide de la matière organique (Sédogo, 1981), favorisant ainsi l'encroûtement du sol favorable au ruissellement. Par ailleurs, grâce au développement des cultures qu'ils induisent, les engrais minéraux ont une action décisive sur la réduction du ruissellement et sur la sensibilité des sols à l'érosion en fournissant une meilleure couverture végétale et aussi plus de résidus de récoltes (Piéri, 1989 ; Dudal et Byrnes, 1993).

II.2.3. Jachère

La jachère est une pratique essentielle dans le système de culture itinérant. Elle consiste à laisser la terre en repos pour lui permettre de retrouver un bon niveau de fertilité grâce à l'activité biologique et à l'accumulation de la matière organique (Floret *et al.*, 1993). Selon Delville (1996), la jachère est le moyen le plus efficace, économiquement et agronomiquement, pour reconstituer les aptitudes culturales d'un sol. Elle entraîne également une régénération du couvert végétal avec une amélioration de la production primaire et une modification de la structure de la végétation (Floret *et al.*, 1993 ; INERA, 2004). L'influence du couvert végétal sur le ruissellement est complexe : il protège le sol d'une part contre la battance en absorbant une partie de l'énergie des gouttes de pluie, donc prolonge la perméabilité du sol et réduit le volume d'eau ruisselée ; d'autre part, sa litière entretient la macrofaune du sol qui creuse la macroporosité et absorbe une grande quantité de l'énergie du ruissellement et enfin, il influe sur la rugosité par le nombre de tiges au mètre carré (Roose, 1977 ; Casenave et Valentin, 1989 ; César et Coulibaly, 1991 ; Feller *et al.*, 1993 ; Roose, 1994). L'efficacité de la jachère dans la réduction du ruissellement dépend de la structure et de la composition floristique. Seule une couverture arborée associée à une couverture complète sur le sol peut assurer une protection totale (Van Caillie, 1990).

II.2.4. Cordons pierreux

Les cordons pierreux sont des dispositifs anti-érosifs constitués de blocs de moellons assemblés par série de 1, 2, 3 ou plusieurs à la fois disposés le long d'une courbe de niveau (Delville, 1996). Ce sont des obstacles filtrants qui ralentissent la vitesse de ruissellement. Ils permettent la sédimentation des particules (sables, terre fine, matière organique) à l'amont de la diguette, l'augmentation de l'infiltration des eaux ruisselantes et le traitement progressif de l'érosion en nappe par la formation de micro-terrasses perméables (Delville, 1996). Les écartements sont fonction de la pente (Delville, 1996). Cependant, l'efficacité des cordons aussi bien pour la production agricole que pour la réduction du ruissellement est maximale pour des écartements de 25 et 33 m (Zougmore *et al.*, 2000). Mais, plusieurs travaux ont montré que les cordons pierreux seuls diminuent peu le ruissellement global (Delville, 1996 ; Zougmore *et al.*, 2003 ; 2004a ; 2004b). Le labour, le paillage, l'usage de compost ou de fumier permettent d'accroître l'efficacité des cordons pierreux et la production agricole (Zougmore *et al.*, 2003 ; INERA, 2004).

II.2.5. Travail du sol

Le travail du sol est une méthode biologique et mécanique de lutte contre le ruissellement (Roose, 1977). Le travail du sol notamment le labour, est une technique d'économie d'eau par excellence (INERA, 2004). Il permet de casser les croûtes de battance et de produire des agrégats qui s'opposent aux mouvements de l'eau (Nicou et Le Moigne 1991). En effet, le travail du sol permet d'augmenter la macroporosité, la rugosité du sol, la vitesse et la surface d'infiltration de l'eau dans le sol et donc, de freiner, voire annuler la vitesse du ruissellement (Roose, 1977 ; Piéri, 1989 ; Roose et Sarrailh, 1990). Aussi, favorise-t-il le développement racinaire et par conséquent du couvert végétal. Le labour dans le sens perpendiculaire à la pente réduit le ruissellement et la descente de terre due aux techniques culturales (Le Clech, 1998). Pourtant cet effet n'est que temporaire, car le travail du sol réduit la cohésion des matériaux et donc à long terme, augmente les risques d'érosion (Roose, 1977 ; Roose et Sarrailh, 1990). D'où la nécessité de l'associer à l'enfouissement de matières organiques et/ou minérales et à une culture couvrant rapidement le sol (Roose et Sarrailh, 1990).

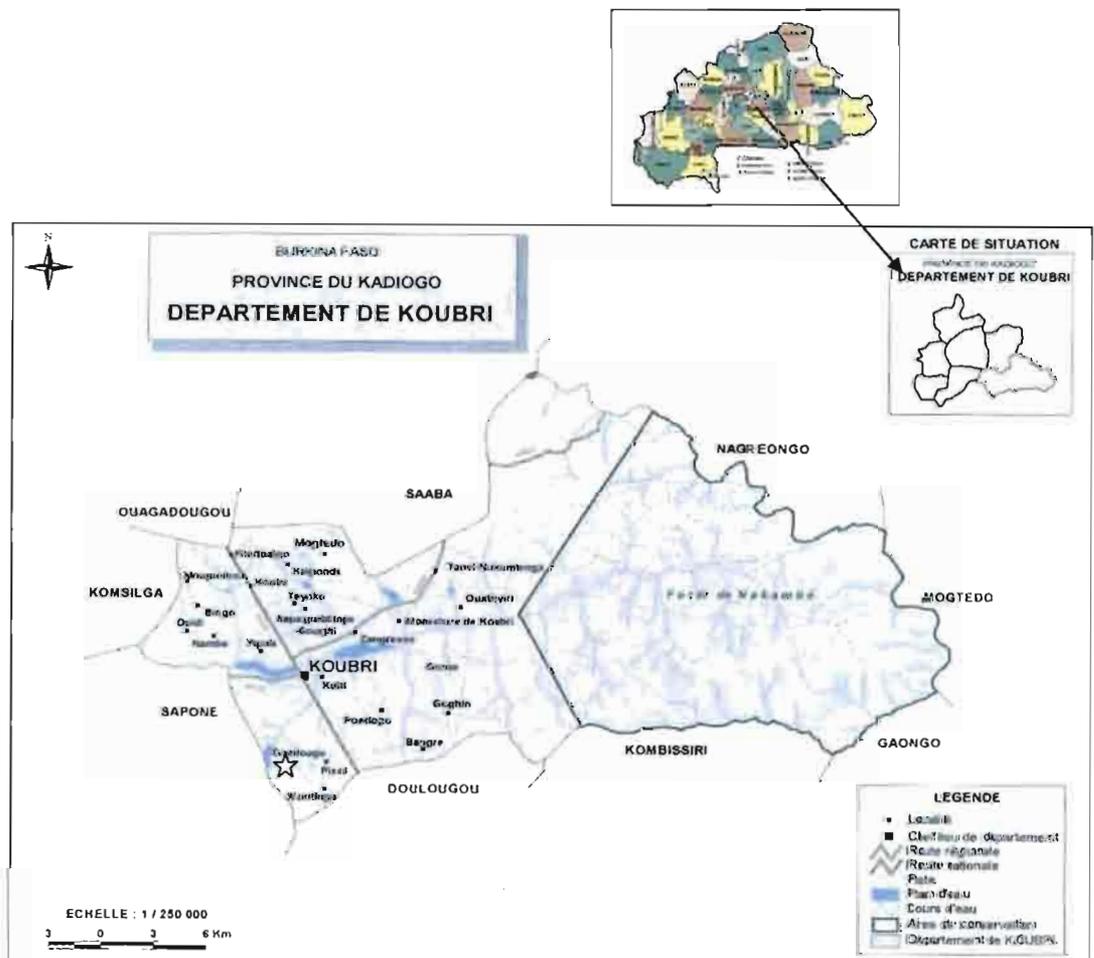
MENTION BIEN

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 Gomtoaga 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 Gomtoaga

Figure 1: Localisation de la commune de Koubri

Source : Institut Géographique du Burkina (2008)

I.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 six dernières années sur le site expérimental est de 749 mm. Les données pluviométriques des six dernières années montrent une très faible variabilité interannuelle de la pluviométrie 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 2008 avec 860 mm. Pour la campagne 2008 / 2009, une pluviosité totale de 860 mm répartie en 46 jours a été mesurée. Elle montre un pic pour le mois de juillet avec 243 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. Pour la période de juin à septembre 2008, la température a varié entre 22,6 et 35°C.

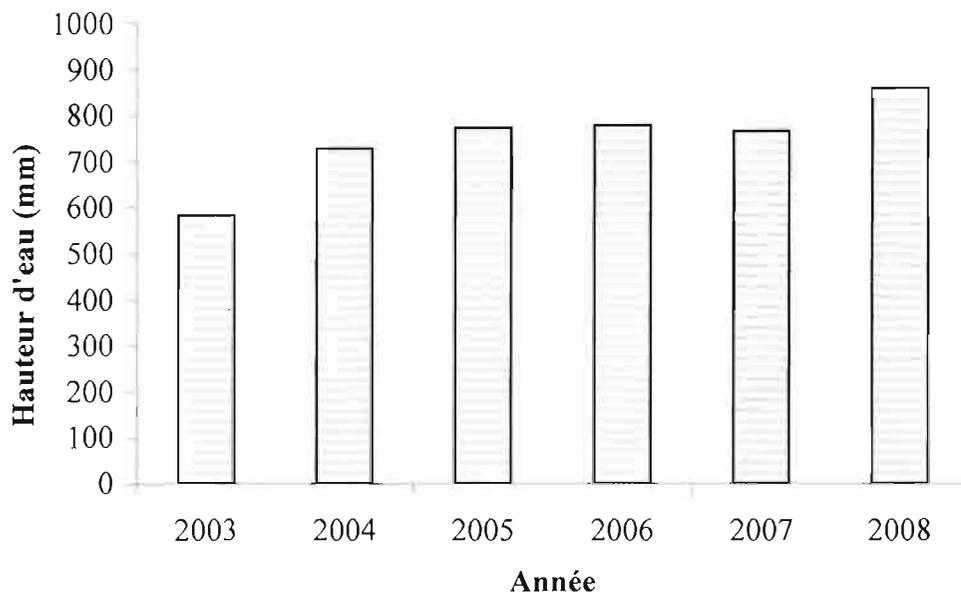


Figure 2 : Variabilité interannuelle de la pluviométrie des six dernières années sur le site expérimental

Source : Données CEAS-BF (2008)

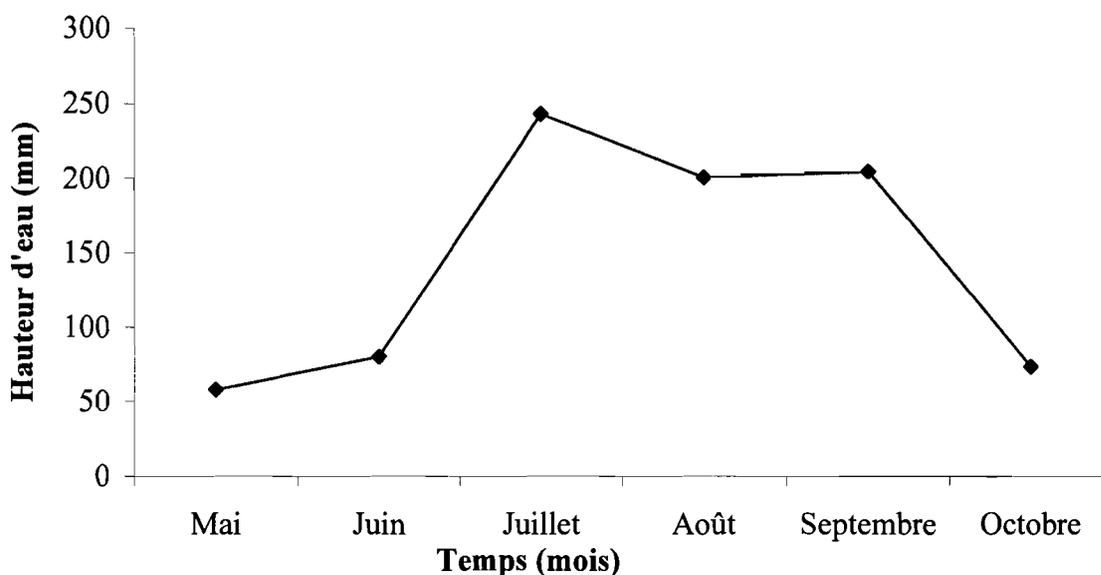


Figure 3 : Hauteur d'eau enregistrée au cours de la campagne 2008 – 2009 sur le site expérimental.

Source : Données CEAS-BF (2008)

I.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 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).

I.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 d'une capacité de 2 000 000 m³ y a été construit en 1962 avec une superficie aménageable de 25 ha en aval (ONBAH, 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* (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*, *Parkia biglobosa*, *Pteleopsis suberosa*.
- et une formation végétale secondaire sujet à la dégradation anthropique. Elle est beaucoup plus clairsemée avec des rejets dominés par : *Combretum* spp., *Anogeissus leiocarpus*, *Lanea microcarpa*, *Zyziphus mauritiana*, *Piliostigma thoningii* et *Piliostigma reticulatum*.

Des herbacées telles que *Andropogon gayanus*, *Andropogon ascinodis*, *Loudetia togoensis*, *Pennisetum pedicelatum* et *Pennisetum polystachyon* y sont également très répandues.

I.6. Population

Selon le recensement administratif de la population de 2004, le village de Gomtoaga a une population de 378 habitants dont 198 de sexe féminin et 180 de sexe masculin (CMK, 2008). Elle est composée de Mossi et de Peulh.

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. 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). L'élevage est de type extensif. Par ordre d'importance numérique, il se compose d'ovins, de caprins, de porcins et de la volaille.

II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Matériel

II.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé pour l'étude est le sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Il s'agit de la variété SARIASO 14, présentant une photosensibilité moyenne. Son cycle dure 110 à 115 jours avec un cycle semis floraison de 76 à 82 jours. La hauteur de la plante est estimée à environ 1,90 m. Il présente une panicule oblongue et semi compacte renfermant des grains de couleur blanche. Son rendement grain potentiel est de 5 t / ha. Cependant, le rendement grain moyen en milieu paysan est égal à 1,7 t / ha (Annexe 1).

II.1.2. Fertilisants

Le compost, la paille, l'urée et le triple superphosphate (TSP) 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 15 jours.

- **Les pailles**

Les pailles sont constituées de tiges de sorgho de la campagne 2007-2008. Elles ont été utilisées pour l'enfouissement ou pour la couverture de la surface du sol.

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.

- **Le TSP**

- Le TSP a été utilisé comme engrais de couverture. Elle dose 46% de P₂O₅.

Tableau I : Caractéristiques chimiques des tiges et du compost

Paramètres mesurés	Compost	Tiges
Matière organique totale %	21,7 ± 1,23	94,19 ± 0,3
Carbone total %	12,66 ± 0,7	54,6 ± 0,2
Azote total %	1,5 ± 0,5	1,27 ± 0,2
C/N	9	44
Phosphore total % (P₂O₅)	0,4 ± 0,1	0,29 ± 0,0
Potassium total % (K₂O)	0,8 ± 0,3	2,2 ± 0,5
pH eau	7,5 ± 0,0	-

Source : Résultats d'analyse des échantillons de tiges et de compost au BUNASOLS (CEAS, 2008)

II.1.3. Pesticides

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

- le pesticide connu sous le nom commercial DURSBAN 4 E, un insecticide organophosphoré formulé par Dow Agro science (France) et contenant 480 g de chlorpyrifos-éthyl/litre a été utilisé ;

- les pesticides connus sous les noms d'ENDOCOTON 500 EC, un insecticide organochloré produit par MAKHTESHIM CHEMICAL WORKS, LTD (Israël) et CALLIFAN 50 EC, un insecticide organochloré formulé et distribué par Callivoire ont été utilisés. Ils contiennent 500 g d'endosulfan / litre.

II.1.4. Caractéristiques du sol du site expérimental

Le dispositif expérimental a été installé sur un sol dont les paramètres physico – chimiques sont résumés dans le tableau II.

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)

Au vu de ce tableau, on a 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. Il s'agit d'un sol du type ferrugineux tropical lessivé profond.

II.2. Méthodes d'étude

II.2.1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un dispositif en Split-plot en blocs complètement randomisés à trois répétitions. Il a été installé depuis la campagne 2007 – 2008 sur un terrain à pente douce (1,5% en moyenne). Il comprend deux (02) traitements principaux et huit (08) traitements secondaires.

Les traitements principaux consistent à l'application des pesticides sur les parcelles sans macrofaune du sol et à la non application des pesticides sur les parcelles avec macrofaune du sol.

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

UL : Urée + Labour

CL : Compost + Labour

CUL : Compost + Urée + Labour

TUL : Tiges + Urée + Labour

TUM : Tiges + Urée + Mulch

TM : Tiges + Mulch

J : Jachère

To : Témoin (parcelle non amendée, ni labourée)

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 (Schéma 1).

Exceptées les parcelles laissées en jachère, toutes les autres ont été aménagées en bas de pente par des cordons pierreux de type pierres alignées.

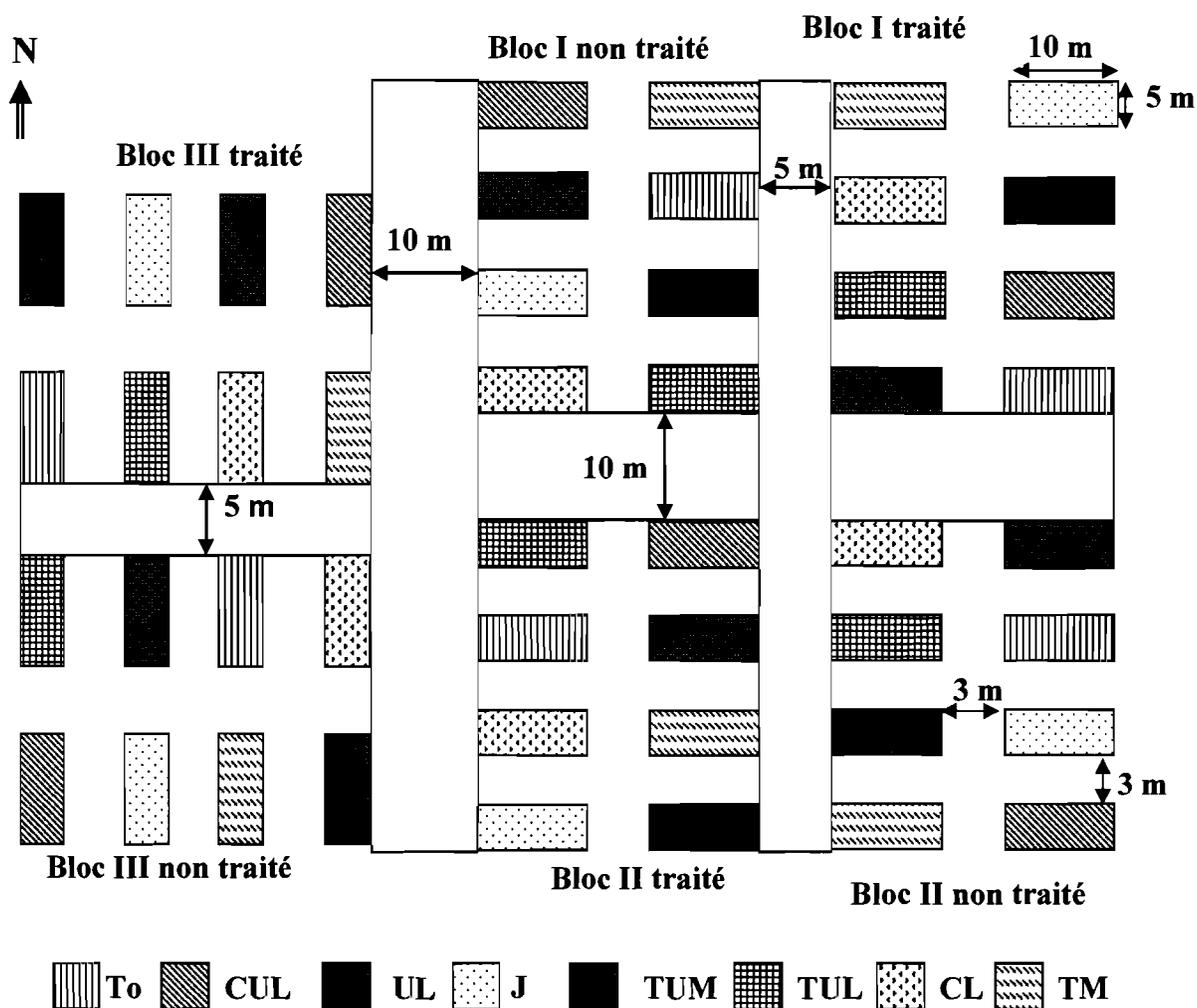


Schéma 1 : Dispositif expérimental

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 élémentaires sans labour (TM, TUM, To).

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 10 %. 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, TUM et TM. Chaque parcelle 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. Sur les parcelles TUM, elle a été appliquée par poquet.

II.2.2.2. Semis et démariage.

Le sorgho (SARIASO 14) a été semé à la densité de 31 250 poquets / ha avec des écartements de 0, 4 m sur la même ligne et de 0,8 m entre deux lignes consécutives à raison de 6 à 7 grains par poquet. Pour chaque parcelle élémentaire, il y avait 13 lignes de semis et chaque ligne avait 13 poquets.

Un démariage pour ajuster le nombre de plants par poquet à trois 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, 35 JAS et 80 JAS à la dose de 1,25 g d'endosulfan et 1,2 g de chlorpyrifos-éthyl (soit 2,5 ml de chaque pesticide) par parcelle élémentaire. Les pesticides ENDOCOTON 500 EC et DURSBAN 4 E ont été appliqués sur le sol au semis et à 35 JAS. Les deux pesticides dilués dans 15 litres d'eau ont été appliqués au sol à l'aide d'un pulvérisateur à dos et à pression soutenue. Le troisième traitement pesticide a été réalisé 80 JAS, et les pesticides CALLIFAN 50 EC et DURSBAN 4 E ont été utilisés à la même dose.

II.2.2.4. Entretien de la culture

L'entretien des cultures a consisté essentiellement au sarclage et à l'application des engrais minéraux.

Concernant le sarclage, il y en a eu trois au total : le premier est intervenu 21 JAS, le second 34 JAS et enfin le troisième 70 JAS. A ces mêmes périodes, des désherbages superficiels ont été effectués sur les parcelles sans travail du sol.

L'apport des engrais minéraux, a consisté à une application du TSP 34 JAS à la dose de 15 kg de P₂O₅ / ha, soit 163 g de TSP par parcelle élémentaire. Pour ce qui est du mode d'épandage, sur les parcelles à semis direct, le TSP a été appliqué au niveau des poquets alors qu'il était épandu et enfoui dans les parcelles avec travail du sol.

II.2.3. Mesures des paramètres agronomiques du sorgho

II.2.3.1. Hauteur du sorgho

Dans chaque parcelle élémentaire, un choix aléatoire de trois (03) lignes a été opéré et sur chaque ligne, deux (02) poquets ont été choisis de façon aléatoire. Les mesures ont concerné 6 poquets par parcelle élémentaire soit au total 252 poquets sur 42 parcelles élémentaires.

La collecte des données sur la hauteur des plants a débuté dès le 21^{ème} JAS et s'est poursuivie chaque semaine jusqu'au 84^{ème} JAS. Elle a été effectuée à l'aide d'une règle jusqu'à ce que les plantes aient 1 m de hauteur, puis à l'aide d'une planche surmontée d'un ruban. La hauteur des plants se détermine à partir du collet jusqu'à l'extrémité de la feuille la plus longue ou de la partie la plus haute de la plante, qui correspond à l'extrémité apicale de la panicule.

II.2.3.2. Evaluation de la production

Pour évaluer l'influence des traitements et de la macrofaune du sol sur la production du sorgho, des parcelles utiles de 31,28 m² à l'intérieur de chaque parcelle élémentaire ont d'abord été délimitées avant la pose des carrés de rendement. Par parcelle élémentaire, il a été placé au hasard trois carrés de rendement de 1 m². Sur chaque carré de rendements, les panicules et tiges ont été récoltées pour l'évaluation des différents rendements.

Concernant les rendements grains, les panicules récoltées ont été séchées pendant deux (02) semaines au soleil avant le battage. Les grains obtenus ont été pesés à l'aide d'une balance électronique de précision 0,01.

Pour le rendement paille, la biomasse végétale (pailles, glumes, panicules) a été séchée au soleil pendant deux (02) mois avant d'être pesée.

II.2.4. Mesures de la pluviosité et du ruissellement

II.2.4.1. Mesure de la pluviosité

La hauteur d'eau tombée à chaque pluie a été mesurée à l'aide d'un pluviomètre à lecture directe installé sur le site d'expérimentation.

II.2.4.2. Mesure de la quantité d'eau ruisselée

Les quantités d'eau ruisselée ont été mesurées pour chaque pluie ayant causé du ruissellement à l'aide du dispositif de collecte d'eau de ruissellement (Photo 1). Dans chaque parcelle élémentaire, une placette de ruissellement de dimension 1,30 m x 0,80 m (1,04 m²) a été installée. Elle est connectée par un tuyau à un tonnelet implanté dans le sol à l'extérieur de la parcelle élémentaire et servant de conteneur. Une deuxième placette de ruissellement a été placée sans cordons pierreux (témoin absolu noté Ta) dans les parcelles témoins. L'eau recueillie dans le conteneur est vidée à l'aide d'un récipient et d'une éponge. Cette eau est ensuite quantifiée à l'aide de deux éprouvettes graduées de 1 litre et 500 ml.

Pour le calcul du ruissellement cumulé, la quantité d'eau ruisselée (mm) a été déterminée en prenant un millimètre d'eau tombée correspondant à un litre d'eau par mètre carré. Le taux de ruissellement a été calculé en faisant le rapport entre la quantité d'eau ruisselée cumulée (mm) par traitement et la quantité totale d'eau tombée pour les pluies ayant causé du ruissellement. Le taux de réduction du ruissellement d'un traitement par rapport au témoin absolu est calculé en utilisant la formule :

$$\text{Taux de réduction (\%)} = \left[\frac{\text{Quantité d'eau ruisselée de Ta} - \text{Quantité d'eau ruisselée de Tx}}{\text{Quantité d'eau ruisselée de Ta}} \right] * 100$$

Où Ta désigne le témoin absolu et Tx, le traitement considéré

Le pourcentage de la différence entre le ruissellement cumulé des parcelles sans macrofaune et leurs homologues avec macrofaune a permis d'apprécier la contribution de la macrofaune à la réduction du ruissellement dans chaque traitement.



Photo 1 : Dispositif de collecte d'eau de ruissellement
Source : Ouédraogo J. (2009)

II.2.5. Mesure du taux d'humidité

Le taux d'humidité superficiel dans l'horizon 0–10 cm a été déterminé par lecture directe à l'aide d'un TDR (*Time Domain Reflectometry*) de type HH 2 MOISTURE METER connecté au SM 200 MOISTURE METER (Photo 2). Pour ce faire, trois lignes situées à 0,3 m, 3 m et 6 m du cordon pierreux ont été placées dans chaque parcelle élémentaire. Dans le traitement jachère, les lignes ont été placées en fonction du bord de la placette de ruissellement. L'humidité est alors prise chaque semaine sur chaque ligne. Les mesures ont débuté à partir du 33^{ème} JAS et se sont poursuivies jusqu'au 82^{ème} JAS. A chaque niveau, la moyenne de trois mesures est notée.



Photo 2 : TDR pour la mesure du taux d'humidité
Source : Ouédraogo J. (2009)

II.2.6. Estimation de la population de la macrofaune du sol

Pour étudier l'impact des mesures de CES sur la macrofaune du sol, la méthode *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF) préconisée par Anderson et Ingram (1993), a été utilisée. L'échantillonnage a eu lieu 74 JAS et s'est déroulé le matin jusqu'à 10 h. Ainsi, un cadre métallique de dimensions 25 cm x 25 cm x 30 cm est rapidement enfoncé dans le sol. Puis, une tranchée est creusée pour dégager la terre afin de prélever les monolithes (Photo 3). Ils sont 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 est conservée dans des bocaux contenant de l'alcool à 70%. Au total 48 monolithes, soit un monolithe par parcelle élémentaire, ont été fouillés (Photo 4).

La macrofaune soigneusement récoltée est identifiée au laboratoire à l'aide d'une loupe binoculaire. La détermination du groupe, de la famille ou du genre s'effectue 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 afin d'évaluer leur densité (nombre d'individus / m²). La biomasse fraîche a été déterminée à l'aide d'une balance électronique de précision 0,001.



Photo 3 : Prélèvement d'un monolithe

Source : Ouédraogo J. (2009)



Photo 4 : Fouille d'un monolithe

Source : Ouédraogo J. (2009)

II.2.7. 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.2.7.1. Prélèvement d'échantillons de compost et des résidus de récolte

Trois (03) échantillons composites ont été constitués 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.2.7.2. Echantillonnage du sol

A la récolte (114 JAS), un prélèvement de sol a été effectué 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. Ces échantillons ont servi à la détermination de l'azote total et du carbone total.

II.2.8. 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 à la récolte ont été envoyés au laboratoire du Bureau National des Sols (BUNASOLS) pour la détermination du carbone total et de l'azote total. En plus de ces paramètres, le phosphore total, le potassium total et le pH-eau ont été déterminés pour les amendements organiques (tiges de sorgho et compost).

- Pour le carbone total, la méthode Walkley–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 dans un mélange d'acide sulfurique – sélénium – salicylique chauffé progressivement à une température de 100 à 340° C. 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 a été déterminé à l'aide d'un pH-mètre électronique dans une suspension de l'échantillon avec de l'eau distillée selon le rapport 1/5.

II.2.9. Analyse statistique

Le logiciel Microsoft Office Excel 2003 a servi à la saisie des données, au calcul des moyennes ainsi qu'à la réalisation des graphiques. L'analyse de variance a porté sur le ruissellement cumulé, les rendements grain et paille, les données d'analyses chimiques du sol, la biomasse et la densité de la macrofaune. L'ANOVA a été réalisée avec le logiciel Genstat version 6.1. La comparaison des moyennes a été effectuée par le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

I. RESULTATS

I.1. Effets des mesures de CES et de la macrofaune sur la croissance du sorgho

I.1.1. Impact des mesures de CES sur la croissance du sorgho

I.1.1.1. Hauteur du sorgho dans les parcelles sans macrofaune du sol

Les résultats montrent que dans les parcelles sans macrofaune du sol (Figure 4 A), tous les traitements ont favorisé une bonne croissance du sorgho par rapport au témoin. Les traitements CUL et TUL ont enregistré les meilleures croissances des plantes. A 21 JAS, la hauteur moyenne des plantes se situe entre 20,34 cm et 30,35 cm pour les traitements To et TUL. Cette tendance dans la croissance des plantes est maintenue jusqu'à 56 JAS. A partir de cette date, on note une accélération de la croissance du sorgho sur le traitement CUL. A 84 JAS, la hauteur moyenne des plantes se situe entre 140,12 cm pour To et 183,80 cm pour CUL (Tableau VIII, Annexe 4). En absence de la macrofaune du sol, l'enfouissement de compost ou des tiges en combinaison avec l'urée ont favorisé une meilleure croissance du sorgho.

I.1.1.2. Hauteur du sorgho dans les parcelles avec macrofaune du sol

Dans les parcelles avec macrofaune du sol, seul le traitement TM enregistre une plus faible hauteur du sorgho par rapport au témoin en fin de cycle. Les traitements TUL et CL ont favorisé une meilleure croissance des plantes (Figure 4 B). A 21 JAS, la hauteur moyenne des plantes se situe entre 19,50 cm pour To et 30,97 cm pour TUL. La croissance du sorgho est restée relativement bonne sur le traitement CUL jusqu'à 56 JAS. A partir de cette période, on note un ralentissement de la croissance sur ce traitement jusqu'à 84 JAS. La hauteur moyenne des plantes varie entre 120,30 cm pour TM et 186,59 cm pour TUL à 84 JAS (Tableau VIII, Annexe 4). En présence de la macrofaune du sol, l'enfouissement des tiges en combinaison avec l'urée et l'usage de compost auraient favorisé une meilleure croissance des plantes.

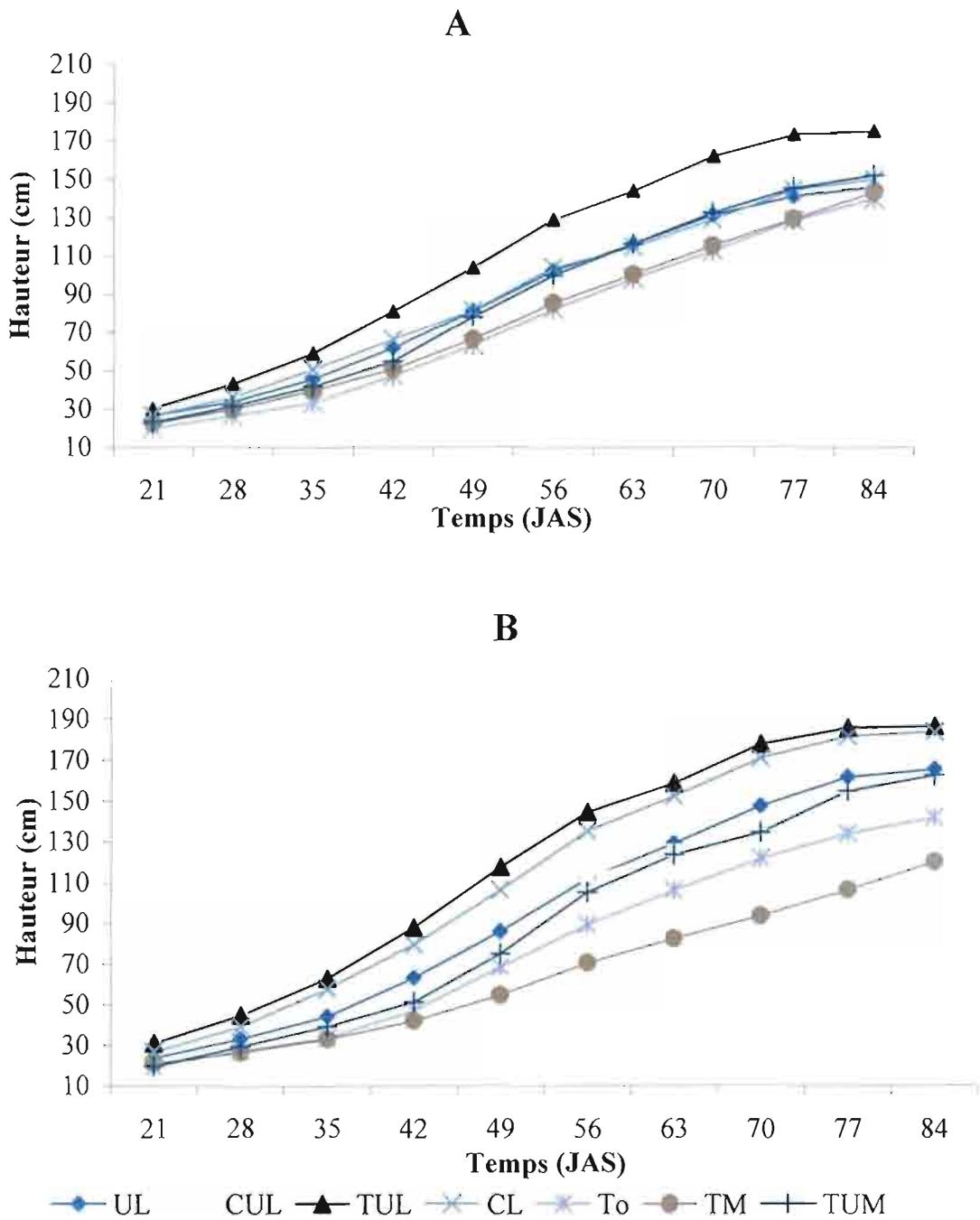


Figure 4: Impact des traitements sur l'évolution de la hauteur du sorgho (A) sans macrofaune, (B) avec macrofaune

JAS : jour après semis ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; CL : compost + labour ; To : témoin ; TM : tiges + mulch ; TUM : tiges + urée + mulch.

I.1.2. Impact de la macrofaune sur la hauteur du sorgho

La comparaison de la croissance du sorgho entre les parcelles avec et sans macrofaune montre que les traitements sont différemment affectés par la présence ou l'absence de la macrofaune (Figure 4 A et B). Sur le traitement UL avec macrofaune, on note une faible croissance jusqu'à 35 JAS par rapport à la parcelle sans macrofaune. On observe aussi sur le traitement TUM, une faible croissance du sorgho jusqu'à 49 JAS dans les parcelles avec macrofaune. Par contre sur le traitement CUL, on note une croissance plus importante jusqu'à 42 JAS dans les parcelles avec macrofaune. Par ailleurs, sur le traitement TM, la hauteur du sorgho est restée faible dans les parcelles avec macrofaune. En fin de cycle, exceptés les traitements CUL et TM, la croissance du sorgho a été meilleure dans les parcelles avec macrofaune du sol.

I.2. Effet des mesures de CES et de la macrofaune sur la production du sorgho

I.2.1. Rendement grain du sorgho

Le Tableau III présente les résultats de l'impact de la macrofaune et des mesures de CES sur le rendement grain du sorgho.

Tableau III : Impact de la macrofaune sur le rendement grain du sorgho

Traitements	Rendement grain (Kg / ha)		Contribution de la macrofaune (%)
	Parcelles sans macrofaune	Parcelles avec macrofaune	
UL	2233 ^d	997 ^{bc}	-55,35
CUL	1849 ^{cd}	1383 ^c	-25,20
TUL	1464 ^{bc}	2401 ^d	64,00
CL	967 ^{ab}	2494 ^d	157,91
To	544 ^a	514 ^{ab}	-5,51
TM	344 ^a	312 ^a	-9,30
TUM	897 ^{ab}	901 ^{abc}	0,45

Les moyennes suivies de la même lettre dans la même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; CL : compost + labour ; To : témoin ; TM : tiges + mulch ; TUM : tiges + urée + mulch.

L'analyse de variance des facteurs principaux montre que la macrofaune n'a pas eu un impact significatif sur le rendement grain du sorgho. Par contre, les mesures de CES et leur interaction avec la macrofaune ont eu un impact hautement significatif sur le rendement grain du sorgho (Tableau IV).

Tableau IV : ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur le Rdt grain au seuil de 5%

Facteurs	ddl	Rdt grain (kg / ha)		
		Valeur de F	Probabilité	Signification
Pesticides	1	0,34	0,566	NS
Mesures de CES	6	7,8	<0,001	HS
Pesticides x mesures de CES	6	3,88	0,007	HS

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

1.2.1.1. Rendement grain dans les parcelles sans macrofaune du sol

Dans les parcelles sans macrofaune du sol, le traitement UL a donné le meilleur rendement grain avec 2 233 kg / ha. Il diffère significativement du témoin, mais ne diffère pas du traitement CUL. Par contre, le traitement TM a engendré la plus faible production du sorgho par rapport au témoin. Cette réduction est de 36,76%. L'ajout d'urée (TUM) a permis d'accroître le rendement de 160,76% par rapport à TM. Aucune différence significative n'a été révélée entre le témoin et les traitements TUM, CL et TM (Tableau III).

1.2.1.2. Rendement grain dans les parcelles avec macrofaune du sol

Dans les parcelles avec macrofaune du sol, le traitement CL a donné le meilleur rendement avec 2 494 kg / ha. Il a donné un rendement grain égal à 4,85 fois celui du témoin. La séparation des moyennes ne révèle aucune différence significative entre ce traitement et le traitement TUL, mais il diffère des autres traitements (Tableau III). Aucune différence significative n'a été décelée entre les parcelles non labourées (TUM, TM et To). Le traitement CL a engendré un accroissement du rendement de 80,33% par rapport à CUL. Comme dans le cas des parcelles sans macrofaune, le traitement TM a enregistré encore le plus faible rendement grain avec une baisse de 39,30% par rapport au témoin. Cependant, le traitement TUM a augmenté la production de 188,78% par rapport à TM.

I.2.1.3. Impact de la macrofaune sur le rendement grain du sorgho

La présence de la macrofaune s'est révélée favorable à la production du sorgho dans les traitements CL, TUL et TUM avec respectivement un accroissement du rendement grain de 157,91%, 64% et 0,45% par rapport aux parcelles sans macrofaune. Cependant, elle a baissé le rendement grain sur les autres traitements. Sur le traitement UL, la présence de la macrofaune a induit une baisse du rendement grain de 55,35% (Tableau III).

I.2.2. Rendement paille du sorgho

Le Tableau V présente les résultats de l'impact de la macrofaune et des mesures de CES sur le rendement paille du sorgho.

Tableau V: Impact de la macrofaune et des mesures de CES sur le rendement paille du sorgho

Traitements	Rendement paille (Kg / ha)		Contribution de la macrofaune (%)
	Parcelles sans macrofaune	Parcelles avec macrofaune	
UL	7751 ^{cde}	6693 ^b	-13,65
CUL	8672 ^e	6353 ^b	-26,74
TUL	7828 ^{de}	8899 ^c	13,68
CL	7157 ^{cd}	9540 ^c	33,30
To	6445 ^{bc}	5727 ^b	-11,14
TM	4142 ^a	3340 ^a	-19,36
TUM	5678 ^b	6561 ^b	15,55

Les moyennes suivies de la même lettre dans la même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; CL : compost + labour ; To : témoin ; TM : tiges + mulch ; TUM : tiges + urée + mulch.

L'analyse de variance des facteurs principaux révèle comme dans le cas du rendement grain que la macrofaune n'a pas eu d'impact significatif sur le rendement paille du sorgho. Cependant, les mesures de CES ont eu un impact hautement significatif sur le rendement paille du sorgho (Tableau VI). L'interaction des mesures de CES avec la macrofaune a eu un effet significatif sur le rendement paille du sorgho.

Tableau VI : ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur le Rdt paille au seuil de 5%

Facteurs	ddl	Rdt paille (kg / ha)		
		Valeur de F	Probabilité	Signification
Pesticides	1	0,05	0,826	NS
Mesures de CES	6	11,7	<0,001	HS
Pesticides x mesures de CES	6	2,81	0,031	S

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

1.2.2.1. Rendement paille dans les parcelles sans macrofaune du sol

Dans les parcelles sans macrofaune du sol (Tableau V), le traitement CUL a donné le meilleur rendement paille avec un accroissement de 34,55% par rapport au témoin. La séparation des moyennes montre que ce traitement ne diffère pas significativement des traitements UL et TUL. Aucune différence n'a été révélée entre les traitements TUM et To. Cependant, le traitement TM a eu un effet dépressif hautement significatif sur le rendement paille par rapport au témoin.

1.2.2.2. Rendement paille dans les parcelles avec macrofaune du sol

Dans les parcelles avec macrofaune du sol (Tableau V), le traitement CL a donné le meilleur rendement paille avec un accroissement de 66,58% par rapport au témoin. La séparation des moyennes montre que ce traitement ne diffère pas significativement du traitement TUL, mais diffère significativement des autres traitements. Le traitement TM enregistre un rendement paille plus faible que celui du témoin avec une baisse de 41,68%. Aucune différence n'a été révélée entre les traitements TUM, CUL, UL et le témoin.

1.2.2.3. Impact de la macrofaune sur le rendement paille du sorgho

Sur les traitements TUL, CL et TUM, la présence de la macrofaune a eu un effet favorable sur le rendement paille du sorgho comme dans le cas du rendement grain (Tableau V). Cet impact de la macrofaune a atteint 33,30% sur le traitement CL. Par contre, sur les traitements UL, CUL, To et TM, elle a eu un effet dépressif sur le rendement paille du sorgho. Sur le traitement CUL, la présence de la macrofaune a entraîné une baisse du rendement paille de 26,74%.



I.2.3. Rapport grain / paille

Les résultats (Tableau VII) montrent que dans les parcelles sans macrofaune du sol, le rapport grain / paille a été faible sur les traitements TM, TUM et CL par rapport à To. Par contre, il a été plus élevé pour les autres traitements. Ce rapport a varié entre 0,08 pour les traitements TM et TUM et 0,29 pour le traitement UL. Dans les parcelles avec macrofaune du sol, seuls les traitements TM et TUM enregistrent un rapport grain / paille inférieur à celui du témoin. Ce rapport varie entre 0,09 et 0,27 respectivement pour les traitements TUM et TM et le traitement TUL.

En comparant les parcelles avec macrofaune aux parcelles sans macrofaune, on remarque que malgré une légère augmentation du rapport grain / paille en présence de la macrofaune du sol, les traitements TUM et TM ont présenté les plus faibles valeurs en présence comme en absence de la macrofaune. En présence de la macrofaune, on note une nette amélioration de ce rapport pour les traitements TUL et CL. Par contre, il a baissé dans les traitements UL et To en présence de la macrofaune du sol. La restitution organique permettrait d'accroître l'efficacité des traitements en présence de la macrofaune du sol.

Tableau VII: Impact de la macrofaune sur le rapport grain / paille du sorgho

Traitements	Rapport grain / paille	
	Parcelles sans macrofaune	Parcelles avec macrofaune
UL	0,29	0,15
CUL	0,21	0,22
TUL	0,19	0,27
CL	0,14	0,26
To	0,16	0,14
TM	0,08	0,09
TUM	0,08	0,09

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

I.3. Impact des mesures de CES et de la macrofaune sur le ruissellement

I.3.1. Impact des mesures de CES sur le ruissellement

Le Tableau VIII donne les résultats de l'analyse de variance de l'impact des facteurs principaux sur le ruissellement.

Tableau VIII : ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur le ruissellement au seuil de 5%

Facteurs	ddl	Ruissellement (mm)		
		Valeur de F	Probabilité	Signification
Pesticides	1	8,05	0,008	HS
Mesures de CES	8	13,5	<0,001	HS
Pesticides x mesures de CES	8	1,48	0,199	NS

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

L'analyse de variance des facteurs principaux montre que les mesures de CES et la macrofaune ont eu une influence hautement significative sur le ruissellement (Tableau VIII). Par contre, l'interaction entre ces deux facteurs n'a pas eu d'impact significatif sur le ruissellement.

1.3.1.1. Ruissellement dans les parcelles sans macrofaune du sol

La Figure 5 présente la quantité totale d'eau ruisselée selon les traitements dans les parcelles sans macrofaune du sol.

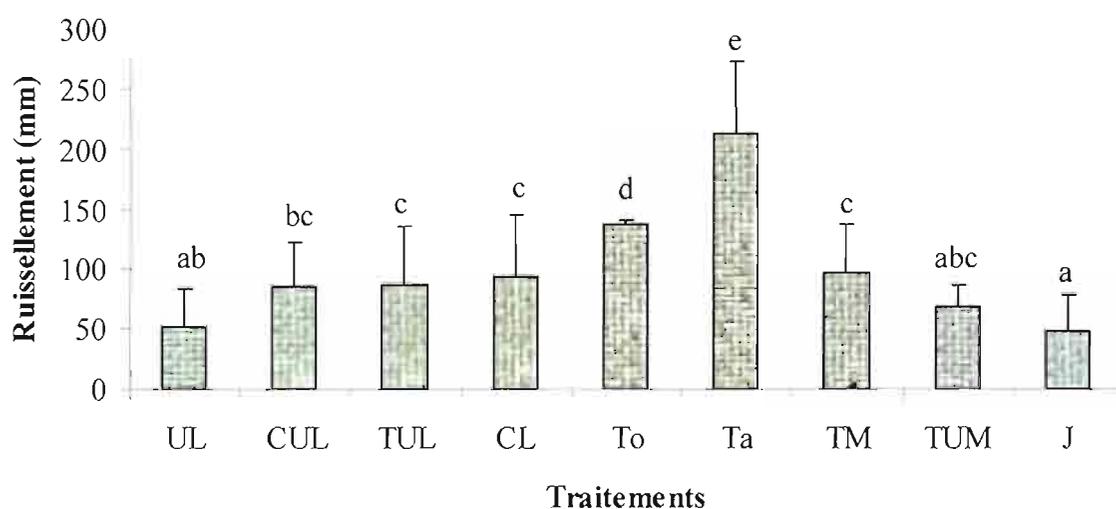


Figure 5: Ruissellement dans les parcelles sans macrofaune du sol

Les histogrammes portant la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5% ; les barres représentent les écarts types ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; CL : compost + labour ; To : témoin ; Ta : témoin absolu ; TM : tiges + mulch ; TUM : tiges + urée + mulch ; J : jachère.

Dans les parcelles sans macrofaune du sol (Figure 5), tous les traitements réduisent significativement le ruissellement par rapport aux témoins (To et Ta). Le traitement jachère a été le plus efficace contre le ruissellement avec un taux de réduction du ruissellement de

77,47% par rapport à Ta. Le traitement TM a enregistré le plus faible taux de réduction du ruissellement avec 54,39% par rapport à Ta. Le témoin avec cordons pierreux a induit une baisse du ruissellement de 35,06% et diffère significativement par rapport au témoin absolu (Tableau IX).

Tableau IX : Taux de réduction du ruissellement des parcelles avec et sans macrofaune du sol

Réduction du ruissellement (%)	UL	CUL	TUL	CL	To	Ta	TM	TUM	J
Parcelles sans macrofaune	75,72	60,06	59,10	56,03	35,06	0,00	54,39	67,79	77,47
Parcelles avec macrofaune	40,63	54,14	71,24	50,06	37,84	0,00	65,95	76,96	78,81

UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; CL : compost + labour ; To : témoin ; Ta : témoin absolu ; TM : tiges + mulch ; TUM : tiges + urée + mulch ; J : jachère.

1.3.1.2. Ruissellement dans les parcelles avec macrofaune du sol

La Figure 6 suivante donne les quantités d'eau ruisselée sur les parcelles avec macrofaune du sol en fonction des traitements.

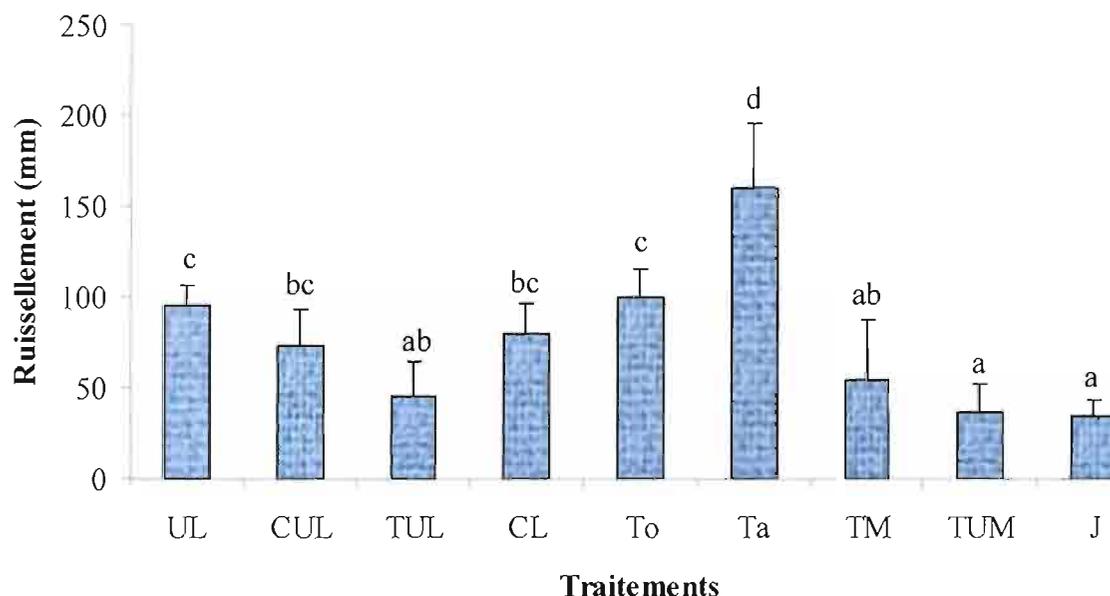


Figure 6 : Ruissellement dans les parcelles avec macrofaune du sol

Les histogrammes portant la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5% ; les barres représentent les écarts types ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; CL : compost + labour ; To : témoin ; Ta : témoin absolu ; TM : tiges + mulch ; TUM : tiges + urée + mulch ; J : jachère.

Dans les parcelles avec macrofaune du sol, la comparaison des moyennes (Figure 6) montre que toutes les mesures de CES réduisent le ruissellement par rapport à Ta. Le traitement J avec un taux de réduction du ruissellement de 78,81% par rapport à Ta a été le plus efficace contre le ruissellement. Le plus faible taux de réduction du ruissellement a été observé sur le traitement UL avec 40,63% par rapport au témoin absolu. Le témoin avec cordons pierreux a réduit le ruissellement de 37,84% par rapport à Ta (Tableau IX).

1.3.2. Impact de la macrofaune sur le ruissellement

La comparaison du ruissellement total entre les parcelles sans macrofaune et les parcelles avec macrofaune est faite sur la Figure 7

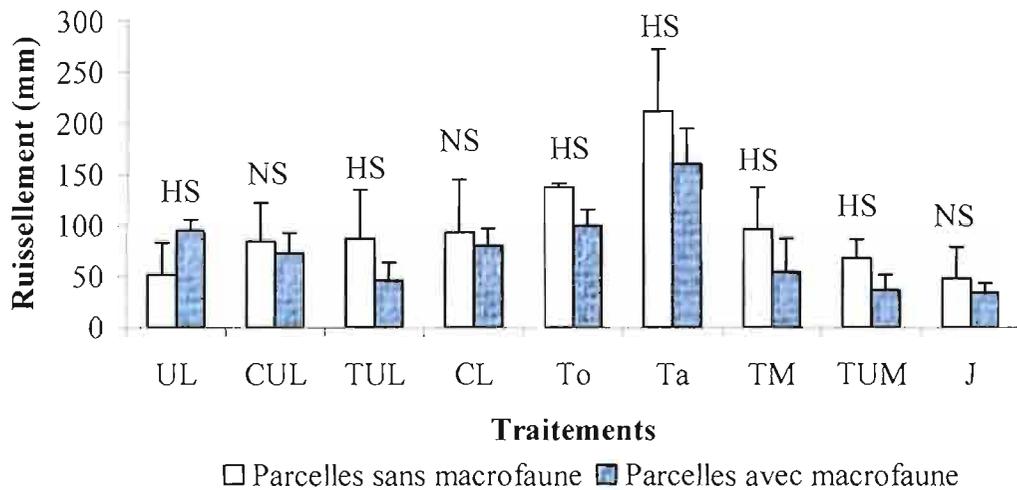


Figure 7 : Comparaison du ruissellement cumulé entre les parcelles avec et sans macrofaune

Les histogrammes portant la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5% ; les barres représentent les écarts types ; NS : non significative ; HS : hautement significative ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; CL : compost + labour ; To : témoin ; Ta : témoin absolu ; TM : tiges + mulch ; TUM : tiges + urée + mulch ; J : jachère.

L'analyse statistique révèle des différences hautement significatives entre les traitements concernant l'impact de la macrofaune sur le ruissellement (Tableau VIII). Excepté le traitement UL où la présence de la macrofaune a induit un accroissement du ruissellement de 84,50%, elle a entraîné une réduction du ruissellement dans les autres traitements (Tableau X). Sur les parcelles TUM, TUL, TM, To et Ta, la suppression de la macrofaune augmente significativement le ruissellement. Par contre sur les traitements CL,

CUL et J, elle n'a pas d'effet significatif sur le ruissellement (Figure 7). La contribution absolue de la macrofaune à la réduction du ruissellement a été de 24,56%. La comparaison entre les témoins aménagés en cordons pierreux montre une contribution de 27,83% de la macrofaune à la réduction du ruissellement. L'apport de tiges sous forme de mulch ou enfouie avec l'urée a été plus favorable à la contribution de la macrofaune à la réduction du ruissellement. Cette contribution a atteint 46,95% sur le traitement TUL (Tableau X). Par ailleurs, les traitements à base de compost ont enregistré les plus faibles contributions de la macrofaune à la réduction du ruissellement.

Tableau X : Contribution de la macrofaune à la réduction du ruissellement

Traitements	UL	CUL	TUL	CL	To	Ta	TM	TUM	J
Contribution de la macrofaune (%)	-84,50	13,43	46,95	14,44	27,83	24,56	43,48	46,05	29,02

UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; CL : compost + labour ; To : témoin ; Ta : témoin absolu ; TM : tiges + mulch ; TUM : tiges + urée + mulch ; J : jachère.

I.4. Impact des mesures de CES et de la macrofaune sur le taux d'humidité

I.4.1. Impact des mesures de CES sur le taux d'humidité du sol

I.4.1.1. Taux d'humidité dans les parcelles sans macrofaune du sol

Dans les parcelles sans macrofaune du sol, les traitements J, TUM, TM et To présentent un taux d'humidité relativement plus élevé par rapport aux traitements UL, CUL, CL et TUL (Figure 8). Le taux d'humidité varie de 22,14% pour UL à 26,47% pour J (Tableau I, Annexe 2). Le non labour et le paillage ont été plus favorables à l'amélioration du taux d'humidité du sol par rapport à l'urée. On observe une augmentation de l'humidité du sol du 33^{ème} au 54^{ème} JAS suivie d'une baisse entre le 54^{ème} et le 61^{ème} JAS. Puis, on note une augmentation du taux d'humidité à partir du 61^{ème} JAS et sa diminution en fin de relevés (Figure 8). Cette évolution de l'humidité du sol s'explique par la répartition des pluies (Tableau II, Annexe 2).

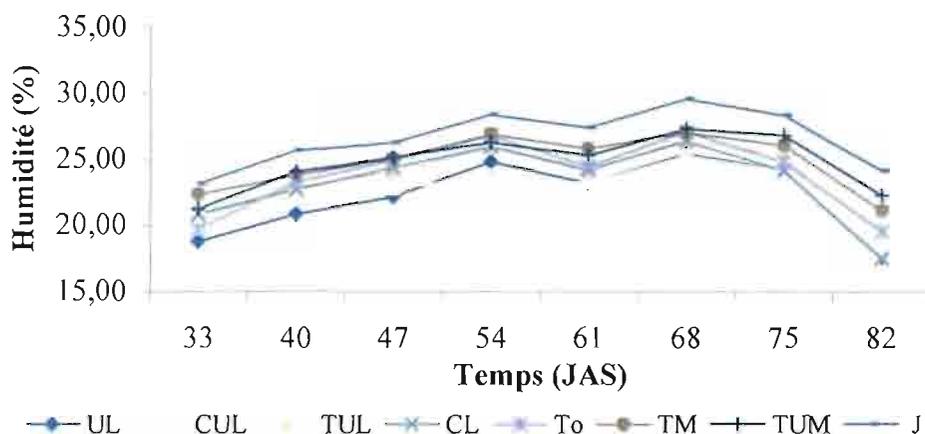


Figure 8 : Evolution du taux d'humidité dans les parcelles sans macrofaune du sol

JAS : jour après semis ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; CL : compost + labour ; To : témoin ; TM : tiges + mulch ; TUM : tiges + urée + mulch ; J : jachère.

1.4.1.2. Taux d'humidité dans les parcelles avec macrofaune du sol

Dans les parcelles avec macrofaune du sol, les traitements J, TM, To et TUM ont été les plus humides au cours de la période de culture (Figure 9). Le taux d'humidité moyen varie de 22,82% pour UL à 25,66% pour J (Tableau I, Annexe 2). En présence de la macrofaune du sol, les taux d'humidité les plus faibles ont été enregistrés dans les parcelles traitées à l'urée tandis que l'usage de la matière organique (compost ou pailles) a contribué à l'augmentation du taux d'humidité. On observe une augmentation de l'humidité du sol du 33^{ème} au 54^{ème} JAS, suivie de sa baisse jusqu'au 61^{ème} JAS. On note ensuite son augmentation entre le 61^{ème} et le 75^{ème} JAS, puis une baisse en fin de relevés (Figure 9). L'évolution de l'humidité du sol s'explique par la répartition des pluies (Tableau II, Annexe 2).

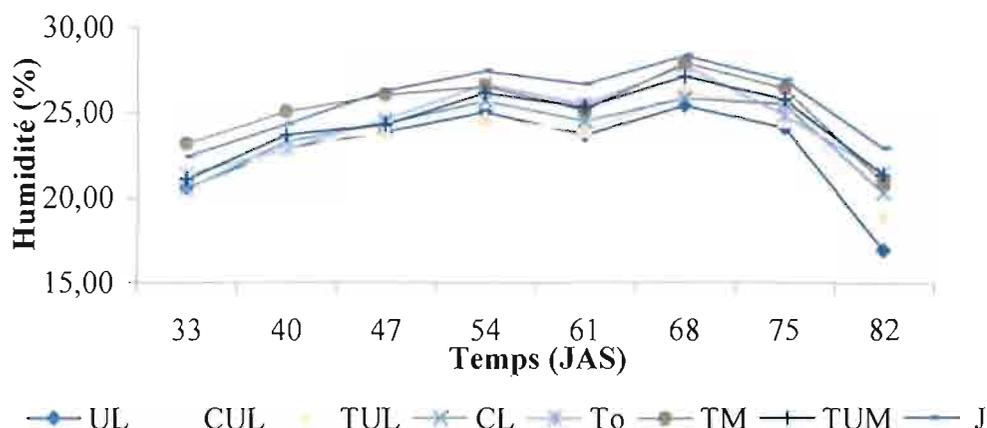


Figure 9: Evolution du taux d'humidité des parcelles avec macrofaune du sol

JAS : jour après semis ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; CL : compost + labour ; To : témoin ; TM : tiges + mulch ; TUM : tiges + urée + mulch ; J : jachère.

I.4.2. Impact de la macrofaune sur le taux d'humidité du sol

La Figure 10 compare le taux d'humidité du sol entre les parcelles sans macrofaune et les parcelles avec macrofaune du sol.

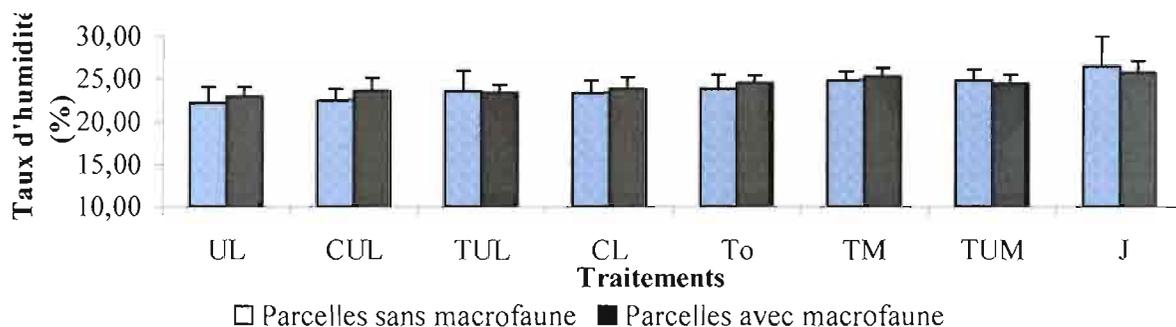


Figure 10: Comparaison du taux d'humidité entre les parcelles avec et sans macrofaune

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

Selon qu'elles soient traitées ou pas aux pesticides, les parcelles se comportent différemment (Figure 10). L'observation de la Figure 10 ne montre aucune différence significative concernant l'impact de la macrofaune sur l'humidité du sol. Toutefois, sur les

traitements UL, CUL, CL, To et TM, la présence de la macrofaune a été favorable à l'humidité du sol contrairement aux traitements TUL, TUM et J.

I.5. Effet des mesures de CES et de la macrofaune sur les propriétés chimiques du sol

I.5.1. Carbone total du sol

L'impact de la macrofaune et des mesures de CES sur le carbone total du sol est présenté dans le Tableau XI.

Tableau XI : Impact de la macrofaune sur le carbone total du sol (%)

Traitements	Parcelles sans macrofaune	Parcelles avec macrofaune
To	0,677	0,710
TM	0,683	0,607
CUL	0,717	0,737
CL	0,730	0,690
TUM	0,740	0,710
TUL	0,757	0,717
UL	0,770	0,680
J	0,830	0,710
Lsd pour les parcelles traitées aux parcelles non traitées		0,04

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

L'analyse de variance des facteurs principaux montre que la macrofaune a eu un impact significatif sur le carbone total du sol (Tableau XII). Par contre, les mesures de CES et leur interaction avec la macrofaune n'ont pas eu d'effets significatifs sur le carbone total du sol.

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

Facteurs	ddl	Carbone total (%)		
		Valeur de F	Probabilité	Signification
Pesticides	1	5,62	0,024	S
Mesures de CES	7	2,01	0,087	NS
Pesticides x mesures de CES	7	1,05	0,419	NS

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

1.5.1.1. Carbone total du sol dans les parcelles sans macrofaune du sol

Dans les parcelles sans macrofaune du sol, les résultats montrent que tous les traitements ont entraîné une augmentation du taux de carbone total du sol par rapport au témoin (Tableau XI). Le traitement J a enregistré la plus forte teneur en carbone (0,83%).

1.5.1.2. Carbone total du sol dans les parcelles avec macrofaune du sol

Dans les parcelles avec macrofaune du sol, les résultats montrent que le taux de carbone a été faible dans les traitements CL, UL et TM par rapport au témoin. Il a par contre été plus important sur le traitement CUL (0,737%) et TUL (0,717%) (Tableau XI).

1.5.1.3. Impact de la macrofaune sur le carbone total du sol

L'analyse de variance révèle des différences significatives entre les traitements concernant l'impact de la macrofaune sur le carbone total du sol (Tableau XII). Exceptés les traitements To et CUL, la suppression de la macrofaune du sol a entraîné une accumulation du carbone total du sol (Figure 11). Cependant, la comparaison des moyennes ne révèle aucune différence significative entre les traitements TUM, To et CUL avec macrofaune et leurs homologues sans macrofaune du sol (Tableau XI). Sous jachère, la suppression de la macrofaune entraîne une augmentation du taux de carbone de 14,46%.

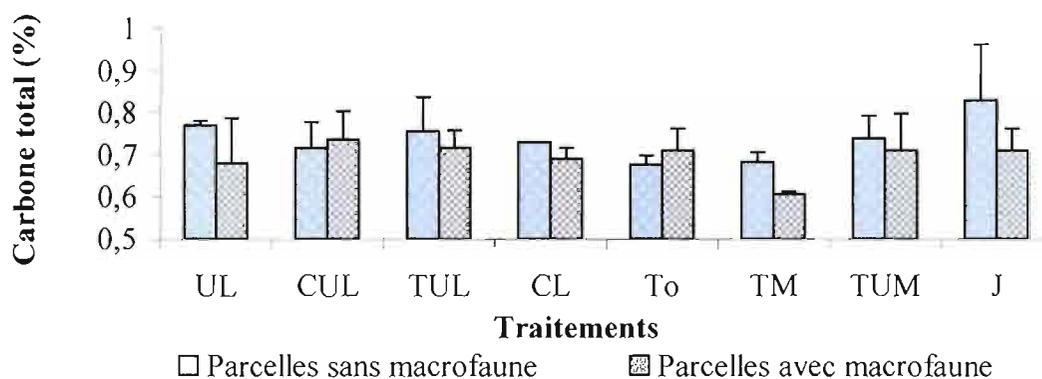


Figure 11 : Comparaison du taux de carbone total entre les parcelles avec et sans macrofaune

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

I.5.2. Azote total du sol

Le Tableau XIII présente sur les résultats de l'impact de la macrofaune et des mesures de CES sur l'azote total du sol.

Tableau XIII : Taux d'azote total dans les parcelles sans macrofaune et avec macrofaune (%)

Traitements	Parcelles sans macrofaune	Parcelles avec macrofaune
TUL	0,049	0,051
CL	0,050	0,058
TM	0,051	0,056
CUL	0,053	0,055
UL	0,053	0,058
To	0,056	0,058
TUM	0,056	0,053
J	0,058	0,053

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

L'analyse de variance des facteurs principaux montre que les mesures de CES, la macrofaune et leur interaction n'ont pas eu d'impact significatif sur le taux d'azote total du sol (Tableau XIV).

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

Facteurs	ddl	Azote total (%)		
		Valeur de F	Probabilité	Signification
Pesticides	1	1,11	0,301	NS
Mesures de CES	7	0,57	0,778	NS
Pesticides x mesures de CES	7	0,53	0,801	NS

ddl : degré de liberté ; NS : non significative.

I.5.2.1. Azote total du sol dans les parcelles sans macrofaune du sol

Dans les parcelles sans macrofaune du sol, les traitements J (0,058%) et TUM (0,056%) présentent une teneur en azote total plus élevée que le témoin. Tous les autres traitements ont un taux d'azote total plus faible. Le traitement TUL (0,049%) a enregistré la plus faible teneur en azote total du sol (Tableau XIII).

1.5.2.2. Azote total du sol dans les parcelles avec macrofaune du sol

Dans les parcelles avec macrofaune du sol, ce sont les traitements CL, UL et To avec 0,058% qui ont enregistré les plus fortes teneurs en azote total. Tous les autres traitements ont enregistré un taux d'azote plus faible que le témoin. La plus faible teneur en azote total a été enregistrée sur le traitement TUL (0,051%) (Tableau XIII).

1.5.2.3. Impact de la macrofaune sur le taux d'azote total

La comparaison entre les parcelles sans macrofaune et avec macrofaune du sol montre que c'est seulement dans le cas des traitements TUM et J que le taux d'azote total est plus élevé en absence de macrofaune (Figure 12). Toutefois, la suppression de la macrofaune n'a pas eu d'effet significatif sur l'azote total du sol (Tableau XIV).

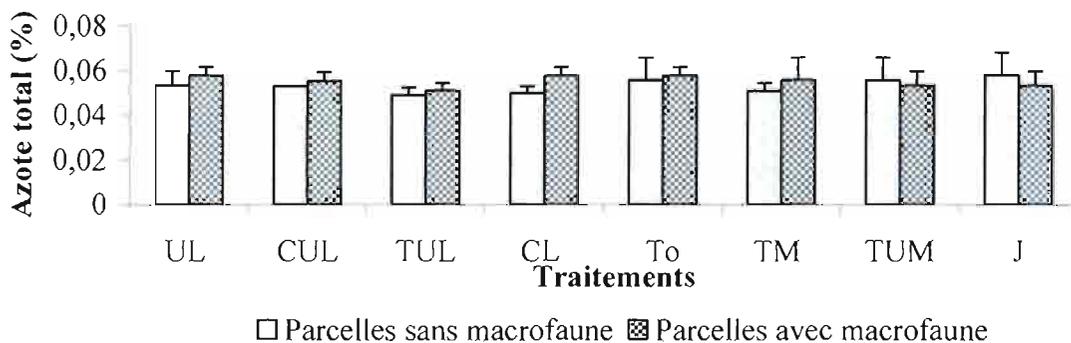


Figure 12: Comparaison du taux d'azote total entre les parcelles avec et sans macrofaune du sol

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

1.6. Impact des mesures de CES et des pesticides sur la macrofaune

1.6.1. Densité de la macrofaune

1.6.1.1. Impact des mesures de CES sur la densité totale de la macrofaune

L'analyse de variance des facteurs principaux montre que les pesticides ont eu un effet hautement significatif sur la densité de la macrofaune du sol. Par ailleurs, elle a montré que les mesures de CES ainsi que leur interaction avec les pesticides ont eu un impact significatif sur la densité de la macrofaune du sol (Tableau XV).

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

Facteurs	ddl	Densité totale de la macrofaune (individus / m ²)		
		Valeur de F	Probabilité	Signification
Pesticides	1	18,55	<0,001	HS
Mesures de CES	7	2,65	0,029	S
Pesticides x mesures de CES	7	2,65	0,029	S

ddl : degré de liberté ; S : significative ; HS : hautement significative.

Dans les parcelles traitées avec des pesticides, un total de 133 individus / m² a été récolté dont 72,18% sur le traitement TUL, 20,30% sur UL, 3,76% sur TUM et 3,76% sur TM. Cependant, la comparaison des moyennes ne révèle aucune différence significative entre ces traitements et le témoin (Tableau XVI).

Dans les parcelles non traitées avec des pesticides, un total de 6 933 individus / m² a été récolté sur l'ensemble des parcelles, soit : 43,23% des individus sur le traitement TM, 13,39% sur le traitement TUL, 12,30% sur le traitement TUM, 12,07% sur le traitement To, 6,92% sur le traitement J, 6,00% sur le traitement CL, 4,31% sur le traitement CUL et 1,77% sur le traitement UL. La séparation des moyennes montre que le traitement TM diffère significativement du témoin (Tableau XVI). Aucune différence n'a été révélée entre les autres traitements et le témoin.

Les termites constituent le groupe majoritaire et sont plus abondants sur le traitement TM qui renferme 48,68% des termites. Les fourmis et les myriapodes sont plus représentés sur le témoin qui renferme respectivement 66,95% et 30,95% de ces groupes. Le traitement J a enregistré le plus grand nombre de coléoptères au mètre carré avec 22,69% des coléoptères. Quant aux vers de terre, ils sont plus abondants sur les traitements CL qui renferment 26,82% des vers de terre.

Tableau XVI : Densité total (0–30 cm) de la macrofaune dans les parcelles traitées et non traitées

Traitements	Densité total de la macrofaune (individus / m ²)	
	Parcelles traitées	Parcelles non traitées
UL	27	123 ^a
CUL	0	299 ^a
TUL	96	928 ^a
CL	0	416 ^a
To	0	837 ^a
TM	5	2997 ^b
TUM	5	853 ^a
J	0	480 ^a
Lsd pour comparer les parcelles traitées aux parcelles non traitées	403,1	

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 ; TUL : tiges + urée + labour ; CL : compost + labour ; To : témoin ; TM : tiges + mulch ; TUM : tiges + urée + mulch ; J : jachère.

1.6.1.2. Impact des pesticides sur la densité de la macrofaune du sol

L'analyse statistique révèle des différences hautement significatives concernant l'impact des pesticides sur la macrofaune (Tableau XV). La comparaison des moyennes ne montre aucune différence significative pour les traitements UL et CUL (Tableau XVI). Un total de 133 individus / m² a été récolté sur les parcelles traitées alors que 6 933 individus / m² ont été récoltés sur les parcelles non traitées. L'usage des pesticides a donc éliminé 98,08% de la population de la macrofaune du sol.

1.6.2. Répartition de la population de la macrofaune du sol selon la profondeur

Dans les parcelles traitées avec des pesticides, la macrofaune est localisée dans l'horizon 0–10 cm (Tableau XVII). La densité des termites est cependant plus importante dans l'horizon 10–30 cm sur le traitement TUL.

La comparaison des effectifs des deux horizons (0–10 cm et 10–30 cm) montre une forte densité en profondeur sur tous les traitements dans les parcelles non traitées (Tableau XVIII). Un total de 6 933 individus a été récolté dont 36,22% dans l'horizon 0–10 cm et 63,78% dans l'horizon 10–30 cm. Par contre, la biomasse totale de la macrofaune est plus élevée en surface soit 79,21% contre 20,79% dans l'horizon 10–30 cm. La densité des

termites est plus élevée dans l'horizon 10–30 cm dans tous les traitements. Dans le traitement CL, on note l'absence de termites dans l'horizon 0–10 cm. Les vers de terre sont par contre plus abondants en surface dans tous les traitements. Les fourmis sont plus abondantes en surface sauf dans le témoin.

Tableau XVII : Répartition des différents groupes de la macrofaune selon la profondeur dans les parcelles traitées

<i>Traitements</i>	<i>Horizon (cm)</i>	<i>Isoptères (Termitidae)</i>	<i>Coléoptères</i>	<i>Myriapodes</i>
UL	0-10	27	0	0
	10-30	0	0	0
CUL	0-10	0	0	0
	10-30	0	0	0
TUL	0-10	27	16	0
	10-30	53	0	0
CL	0-10	0	0	0
	10-30	0	0	0
To	0-10	0	0	0
	10-30	0	0	0
TM	0-10	0	0	5
	10-30	0	0	0
TUM	0-10	0	5	0
	10-30	0	0	0
J	0-10	0	0	0
	10-30	0	0	0

UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; CL : compost + labour ; To : témoin ; TM : tiges + mulch ; TUM : tiges + urée + mulch ; J : jachère.

Tableau XVIII : Répartition des différents groupes de la macrofaune selon la profondeur dans les parcelles non traitées

<i>Traitements</i>	<i>Horizon (cm)</i>	<i>Isoptères (Termitidae)</i>	<i>Coléoptères</i>	<i>Diptères</i>	<i>Hyménoptères (Formicidae)</i>	<i>Dermaptères</i>	<i>Arachnides</i>	<i>Myriapodes</i>	<i>Annélides oligochètes (Vers de terre)</i>	<i>Autres</i>
UL	0-10	22	17	0	5	0	0	0	11	0
	10-30	53	5	0	0	0	0	10	0	0
CUL	0-10	85	11	5	5	0	0	0	0	0
	10-30	171	11	0	0	0	0	11	0	0
TUL	0-10	187	17	5	0	0	5	0	37	0
	10-30	661	5	0	0	0	11	0	0	0
CL	0-10	0	11	0	32	0	0	0	54	0
	10-30	277	27	0	5	0	5	0	5	0
To	0-10	277	38	0	11	0	0	5	11	0
	10-30	310	5	0	149	0	5	21	0	5
TM	0-10	1051	5	0	5	0	0	16	17	0
	10-30	1888	0	5	0	0	0	5	0	5
TUM	0-10	341	11	11	11	0	5	0	42	0
	10-30	379	21	0	5	11	0	0	11	5
J	0-10	11	49	5	11	0	21	16	27	5
	10-30	325	5	0	0	0	0	0	5	0

UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; CL : compost + labour ; To : témoin ; TM : tiges + mulch ; ; TUM : tiges + urée + mulch ; J : jachère.

I.6.3. Abondance et diversité de la macrofaune

Dans les parcelles non traitées avec des pesticides, l'inventaire a conduit à la définition de deux embranchements, regroupant quatre classes et onze ordres de macrofaune (Tableau XIX). L'embranchement des Arthropodes est le plus représenté avec 96,54% des individus. Au sein de cet embranchement, la classe des Insectes est majoritaire et regroupe l'ordre des Isoptères (87,09%) représenté par les termites des genres *Amitermes* et *Microtermes* ; l'ordre des Hyménoptères (3,45%) représenté par les fourmis (*Ponerinae* et *Myrmicinae*) ; l'ordre des Coléoptères (3,43%) représenté par les *Scarabeidae*, les *Staphylinidae*, les *Carabidae*, et les *Elateridae* ; l'ordre des Diptères (0,45%) et l'ordre des Dermaptères (0,16%). La classe des Arachnides (0,75%) regroupe les Acariens, les Solifuges et les Araignées ; la classe des Myriapodes (1,21%) constituée de Chilopodes (Scolopendres) et de Diplopodes (*Iulidae*). L'embranchement des annélides est représenté par la classe des annélides oligochètes (vers de terre) et renferme 3, 17% des individus. Un troisième groupe non identifié renferme 0,29% des individus. Le traitement J est le plus diversifié et renferme quatorze groupes différents de macrofaune. Par ailleurs, les traitements TM et UL sont les milieux les moins diversifiés.

Dans les parcelles traitées avec des pesticides, l'inventaire a donné deux classes de macrofaune appartenant à l'embranchement des arthropodes (Tableau XX). Il s'agit de la classe des Myriapodes représentée par les Diplopodes (*Iulidae*) sur le traitement TM et la classe des Insectes représentée par les *Scarabeidae* sur les traitements TUM et TUL ; les termites du genre *Amitermes* sur le traitement UL et *Microtermes* sur le traitement TUL.

Tableau XIX : Diversité et abondance de la macrofaune sur les parcelles non traitées (horizon 0–30 cm)

Embranchement	Classe	Ordre	Famille ou groupe échantillonné	UL	CUL	TUL	CL	To	TM	TUM	J	Pourcentage des groupes
Arthropodes	Insectes	Isoptères	<i>Amitermes</i>	75	123	576	5	0	1616	0	11	34,70
			<i>Microtermes</i>	0	133	272	272	587	1323	720	325	52,39
		Coléoptères	<i>Staphylinidae</i> (adulte)	17	6	0	22	11	0	17	17	1,30
			<i>Carabidae</i> (adulte)	5	11	12	6	11	0	5	21	1,02
			<i>Scarabeidae</i> (larves)	0	5	5	5	21	0	0	11	0,68
			<i>Elateridae</i> (larves)	0	0	5	5	0	5	5	5	0,36
			<i>Staphylinidae</i> (larves)	0	0	0	0	0	0	5	0	0,07
			Diptères	0	5	5	0	0	5	11	5	0,45
			Hyménoptères	<i>Myrmicinae</i>	5	5	0	32	160	0	11	11
		<i>Ponerinae</i>		0	0	0	5	0	5	5	0	0,22
		Dermaptères	0	0	0	0	0	0	11	0	0,16	
		Arachnides	Acariens	<i>Trombidiidae</i>	0	0	0	0	0	0	5	0,07
			Solifuges		0	0	5	0	0	0	5	0,14
			<i>Aranea</i>	Araignées	0	0	11	5	5	0	5	11
		Myriapodes	Chilopodes	Scolopendres	5	0	0	0	5	0	0	11
Diplopodes	<i>Iulidae</i>		5	11	0	0	21	21	0	5	0,91	
Annélides	Annélides oligochètes	vers de terre	11	0	37	59	11	17	53	32	3,17	
Autres				0	0	0	0	5	5	5	5	0,29
Nombre de groupes différents par traitement				7	8	9	10	9	7	10	14	

UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; CL : compost + labour ; To : témoin ; TM : tiges + mulch ; TUM : tiges + urée + mulch ; J : jachère.

Tableau XX : Diversité et abondance de la macrofaune sur les parcelles traitées (horizon 0-30 cm)

Embranchement	Classe	Ordre	Famille ou groupe échantillonné	UL	CUL	TUL	CL	To	TM	TUM	J
Arthropodes	Insectes	Isoptères	<i>Amitermes</i>	27	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Microtermes</i>	0	0	80	0	0	0	0	
		Coléoptères	<i>Scarabeidae</i>	0	0	16	0	0	0	5	0
	Myriapodes	Diplopedes	<i>Iulidae</i>	0	0	0	0	0	5	0	0
Nombre de groupes différents par traitement				1	0	2	0	0	1	1	0

UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; CL : compost + labour ; To : témoin ; TM : tiges + mulch ; TUM : tiges + urée + mulch ; J : jachère.

MENTION BIEN

I.6.4. Biomasse totale de la macrofaune

L'analyse statistique révèle que l'utilisation des pesticides a eu une influence hautement significative sur la biomasse de la macrofaune (Tableau XXII). Cependant, les mesures de CES et leur interaction avec les pesticides n'ont pas eu d'effets significatifs sur la biomasse totale de la macrofaune du sol.

La comparaison des moyennes ne révèle pas de différences significatives entre les parcelles non traitées UL et CUL et leurs homologues traitées avec des pesticides (Tableau XXI). Dans les parcelles non traitées, le traitement J présente la plus forte biomasse (16,83/m²), tandis que le traitement CUL (1,34 g / m²) présente la plus faible biomasse (Tableau XXI).

Dans les parcelles traitées, le traitement TM, avec la présence des *Iulidae* enregistre la plus forte biomasse. Mais il ne diffère pas des autres traitements (Tableau XX).

Tableau XXI : Biomasse totale de la macrofaune g / m²

Traitements	Biomasse totale de la macrofaune (g / m ²)	
	Parcelles traitées	Parcelles non traitées
UL	0,02	1,45
CUL	0	1,34
TUL	0,12	5,02
CL	0	5,65
To	0	7,40
TM	1,09	4,93
TUM	0,21	4,47
J	0	16,83
Lsd pour comparer les parcelles traitées aux parcelles non traitées		2,82

Lsd : la plus petite différence significative ; UL : urée + labour ; CUL : compost + urée + labour ; TUL : tiges + urée + labour ; CL : compost + labour ; To : témoin ; TM : tiges + mulch ; TUM : tiges + urée + mulch ; J : jachère.

Tableau XXII : ANOVA de l'impact des facteurs principaux sur la biomasse totale de la macrofaune au seuil de 5%

Facteurs	Ddl	Biomasse totale de la macrofaune (g / m ²)		
		Valeur de F	Probabilité	Signification
Pesticides	1	17,09	<0,001	HS
Mesures de CES	7	1,54	0,193	NS
Pesticides x mesures de CES	7	1,59	0,176	NS

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

II. DISCUSSION

II.1. Impact des mesures de CES et de la macrofaune sur la hauteur et la production du sorgho

Les résultats montrent que les mesures de CES ont eu un effet hautement significatif sur les rendements grain et paille du sorgho. Dans les parcelles avec macrofaune du sol, le traitement CL a été plus favorable à la croissance et à la production du sorgho que le traitement CUL avec un accroissement de 80,33% du rendement grain. Cependant, plusieurs études antérieures ont prouvé que l'usage combiné du compost et de l'urée permettait d'accroître les rendements (Sédogo, 1981 ; Dalzell *et al.*, 1988 ; Piéri, 1989). Janssen (1993) a conclu que les engrais minéraux et la matière organique ne sont pas compétitifs mais complémentaires. Mais l'apport d'urée en présence de la macrofaune, accélère la vitesse de minéralisation du compost (Ménard, 2005 ; Ouédraogo *et al.*, 2007). On assiste à une perte de nutriments surtout d'azote, indispensable pour le remplissage des grains (Gaucher, 1968 ; Gros, 1974). Dans les parcelles avec macrofaune, l'apport de compost seul a donc réduit ces pertes. La minéralisation progressive du compost a fourni les éléments nutritifs nécessaires à la production du sorgho (Dalzell *et al.*, 1988).

Par ailleurs, l'effet positif de la combinaison de la matière organique à l'urée a été observé sur le traitement TUL. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Bababe (1998) et Niang (2006). Les travaux de Ouédraogo *et al.* (2006) ont également montré que la combinaison de matière organique de pauvre qualité (C/N élevé) à l'urée permet d'accroître l'efficacité de l'utilisation de l'eau et des nutriments par le sorgho. L'enfouissement des pailles stimule le développement racinaire (Bababe, 1998), accroissant ainsi le volume de sol exploré par les racines (Bababe, 1998). La présence de la macrofaune est nécessaire pour la décomposition rapide de la matière organique (Ouédraogo *et al.*, 2004) et donc, pour la nutrition des cultures. C'est ce qui explique sans doute l'accroissement du rendement grain de 64% en présence de la macrofaune par rapport à la parcelle sans macrofaune.

Les résultats montrent aussi que les parcelles ayant reçu uniquement de l'urée donnent le meilleur rendement grain en absence de la macrofaune du sol. Pourtant, l'apport d'urée a baissé le rendement de 55,35% en présence de la macrofaune du sol. Cela peut s'expliquer par

le faible taux de matière organique du sol et sa minéralisation rapide liée à l'apport d'urée. En effet, l'activité de la macrofaune améliore les propriétés du sol (Bachelier, 1963). Elle stimule donc directement et indirectement les micro-organismes responsables de la minéralisation. Le déséquilibre nutritionnel est préjudiciable à la production du sorgho. Ces résultats sont conformes à ceux de Ouédraogo *et al.* (2007) qui ont observé que l'apport d'urée et le labour entraînaient une baisse du taux de matière organique du sol, sans augmenter les rendements.

Le traitement TM présente des rendements grain et paille plus faibles que celui du témoin en présence ou non de la macrofaune du sol. Ces résultats concordent avec les observations antérieures qui ont montré que l'apport d'un substrat organique à rapport C/N élevé entraînait une "faim" d'azote pour les cultures (Sédogo, 1981 ; Piéri, 1989 ; Janssen, 1993 ; Delville, 1996). L'azote étant un des éléments majeurs essentiels à la production végétale notamment du sorgho, la déficience nutritionnelle entraîne une baisse de la production. Ceci est d'autant plus vrai que le traitement TUM a permis d'accroître le rendement en présence comme en absence de macrofaune. Ces résultats corroborent ceux de Ouédraogo *et al.* (2007) qui ont montré que l'apport combiné d'urée et de pailles de maïs permettait d'accroître le rendement du sorgho par rapport à l'application de la paille seule. Cette déficience nutritionnelle est plus marquée en présence de la macrofaune. On peut donc conclure qu'au cours d'une année de bonne pluviosité comme c'était le cas, la disponibilité des nutriments est plus déterminante pour la production du sorgho.

Les résultats montrent que les traitements TUM, TUL et CL ont enregistré des rendements grain et paille plus élevés en présence de la macrofaune. La présence de la macrofaune a entraîné une augmentation du rendement grain de 157,91% dans le traitement CL. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que la présence de la macrofaune favorise une bonne synchronisation entre la minéralisation de la matière organique et les besoins du sorgho. Aussi, l'activité de la macrofaune améliore l'aération du sol et contribue au développement racinaire. L'usage de la matière organique de bonne qualité ou la combinaison d'un substrat organique de pauvre qualité à l'urée permet d'accroître les rendements en présence de la macrofaune du sol. Cependant, la macrofaune peut réduire la production du sorgho lorsqu'on applique de la matière organique de pauvre qualité ou deux substrats de bonne qualité. Dans le premier cas, on assiste à une immobilisation de l'azote par les micro-organismes stimulés par la macrofaune au détriment des cultures (Janssen, 1993). Dans le second cas, on assiste à une

mauvaise synchronisation entre la minéralisation de la matière organique et les besoins des cultures notamment due aux pertes. En effet, Crews et Peoples (2005) ont montré que l'apport combiné de deux substrats organiques de bonne qualité accentuait les pertes de nutriments notamment d'azote dues à une mauvaise synchronisation entre la minéralisation de la matière organique et la nutrition des cultures.

Exception faite des traitements To et UL, le rapport grain / paille a été relativement plus élevé en présence de la macrofaune du sol. L'apport de matière organique, support de la vie du sol permet d'augmenter l'efficacité de l'utilisation des nutriments par le sorgho en présence de la macrofaune. Ces résultats sont en accord avec les observations de Lavelle *et al.* (2006), qui indiquent que la présence de la macrofaune entraîne une augmentation de la production agricole grâce à son rôle dans l'amélioration des propriétés chimiques, physiques et biologiques du sol. Dans les traitements TM, TUM, la tendance est plus à la production des pailles, donc, on a une faible efficacité de l'utilisation des nutriments par le sorgho.

II.2. Impact des mesures de CES et de la macrofaune sur le ruissellement

Les résultats montrent des différences hautement significatives entre les traitements concernant l'impact des mesures de CES sur le ruissellement. Ils révèlent qu'en présence comme en absence de la macrofaune du sol, la jachère réduit le plus le ruissellement. La forte réduction du ruissellement dans la jachère serait due à la couverture du sol par la végétation notamment les graminées. En effet, plusieurs études antérieures ont montré que la couverture végétale, qu'elle soit morte ou vivante, était très efficace contre le ruissellement (Prat, 1990 ; César et Coulibaly, 1991 ; Roose, 1994 ; Niang, 2006 ; Morsli *et al.*, 2008). La couverture végétale dissipe une partie de l'énergie des gouttes de pluie, augmente la rugosité du sol et le protège contre la battance. Ceci explique également l'efficacité des traitements TUM et TM. Cependant, le mulch seul n'a pas été très efficace contre le ruissellement comparativement au traitement TUM. Cela est sans doute lié à la faible croissance du sorgho observée sur ce traitement.

La parcelle témoin aménagée en cordons pierreux a réduit significativement le ruissellement par rapport au témoin absolu dans les parcelles avec et sans macrofaune du sol. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Zougmore *et al.* (2004a ; 2004b) qui ont montré

que l'aménagement des parcelles en cordons pierreux était très favorable à la réduction du ruissellement. Les cordons pierreux réduisent la vitesse de l'eau de ruissellement et facilitent son infiltration.

Les résultats montrent des différences hautement significatives concernant l'impact de la macrofaune sur le ruissellement. Ils montrent que la contribution absolue de la macrofaune à la réduction du ruissellement est de 24,56% contre 27,87% lorsque les parcelles sont seulement aménagées en cordons pierreux. L'aménagement exclusif des parcelles en cordons pierreux a donc une faible influence sur la contribution de la macrofaune à la réduction du ruissellement. Exception faite du traitement UL, la présence de la macrofaune a été favorable à la réduction du ruissellement. Ces résultats confirment plusieurs études antérieures qui avaient montré que la présence de la macrofaune était favorable à la réduction du ruissellement (Casenave et Valentin, 1989 ; Mando, 1991 ; Mando, 1997 ; Léonard et Rajot, 1998 ; Blanchart *et al.*, 2004). En effet, les structures biogéniques produites par les macro-invertébrés augmentent la rugosité du sol et constituent des obstacles à l'écoulement de l'eau. En plus, l'activité de la macrofaune conduit au forage de pores et de galeries. Hallaire *et al.* (2004) avaient aussi montré que l'activité de la macrofaune conduisait à la formation d'agrégats fins avec une importante porosité d'assemblage. Elle améliore l'infiltration et de ce fait réduit le ruissellement. L'efficacité du traitement TUL en présence de la macrofaune confirme les observations de Nahal (1975) qui indiquent que l'enfouissement de pailles est favorable à l'infiltration.

L'apport d'urée s'est révélé efficace contre le ruissellement dans les parcelles sans macrofaune du sol. Cependant, la comparaison entre le traitement UL sans macrofaune et UL avec macrofaune révèle que la présence de la macrofaune a induit un accroissement du ruissellement de 84,50%. Sur ce traitement, on observe un taux d'humidité élevé et une faible croissance du sorgho en début de cycle dans les parcelles avec macrofaune par rapport aux parcelles sans macrofaune du sol. En effet, sans apport de substrat organique, la macrofaune et les micro-organismes stimulés par l'apport d'urée peuvent induire des pertes de l'azote du sol car le système racinaire des cultures n'est pas bien développé pour absorber les éléments nutritifs libérés. Cela aurait provoqué la faible croissance du sorgho observée sur ce traitement en début de cycle. La faible couverture végétale expose le sol à l'effet "splash" des gouttes de pluies. Cela peut conduire à une dégradation structurale qui entraîne la formation d'une

pellicule de battance. Eimberck (1990) avait montré que la naissance du ruissellement était liée à la diminution de la capacité d'infiltration du sol due à la saturation et à la diminution de la détention superficielle, toutes liées à la dégradation structurale des surfaces.

Par ailleurs, l'utilisation des résidus de culture sous forme de mulch ou enfouis augmente la contribution de la macrofaune à la réduction du ruissellement par rapport aux autres mesures de CES. Les résultats montrent en outre une densité plus élevée de macrofaune surtout de termites sur ces traitements. En effet, les travaux de Ouédraogo *et al.* (2004) ont montré une forte corrélation entre les termites et les matières organiques récalcitrantes. Ce qui expliquerait leur abondance sur les traitements à base de tiges de sorgho par rapport au compost. Le mulch améliore l'humidité à la surface du sol et stimule l'activité des vers de terre et surtout des termites qui augmente la macroporosité du sol (Bachelier, 1978 ; Roose, 1994 ; Mando *et al.*, 1996). Ceci explique ainsi leur forte contribution à la réduction du ruissellement. La faible densité de la macrofaune sur les traitements à base de compost expliquerait alors leur faible contribution à la réduction du ruissellement. La réduction du ruissellement sur ces traitements serait plus liée aux effets du compost et du labour.

II.3. Impact des mesures de CES et de la macrofaune sur le taux d'humidité du sol

Les résultats montrent qu'en présence ou non de la macrofaune du sol, les traitements J, TM, TUM et To ont enregistré les plus forts taux d'humidité de l'horizon 0–10 cm. On remarque qu'ils sont tous des parcelles non labourées. Les mesures étant faites sur l'horizon superficiel (0–10 cm), l'humidité est beaucoup influencée par le labour. Le labour favorise l'infiltration et l'aération du sol donc, un dessèchement rapide des horizons labourés (Nicou et Le Moigne, 1991). Par ailleurs, la couverture végétale protège le sol contre les rayons directs du soleil. Elle prévient ainsi l'élévation de la température à la surface du sol favorable à l'évaporation (Janssen, 1993 ; MAE, 2002). De ce fait, elle améliore le taux d'humidité du sol. Ces résultats sont conformes aux observations de Mrabet *et al.* (2008).

En présence comme en absence de la macrofaune, le taux d'humidité du sol a été relativement plus élevé dans les parcelles ayant reçu de la matière organique par rapport à l'urée. Cela est sans doute lié aux propriétés hydrophiles de la matière organique et à son effet sur l'amélioration des propriétés physiques du sol (Dalzell *et al.*, 1988 ; Soltner, 2003).

En comparant les parcelles sans macrofaune aux parcelles avec macrofaune du sol, on remarque que les effets de la macrofaune ont varié d'un traitement à l'autre. L'humidité étant mesurée dans l'horizon 0–10 cm, elle est beaucoup plus influencée par les mesures de conservation des eaux et des sols.

II.4. Impact des mesures de CES et de la macrofaune sur la matière organique du sol.

Les résultats montrent que la suppression de la macrofaune entraîne une accumulation du carbone total dans le sol sauf dans les traitements To et CUL. En effet, la macrofaune du sol constitue un élément essentiel dans le processus de décomposition et de minéralisation de la matière organique (Feller *et al.*, 1993). Elle contribue grâce à l'activité de nutrition à la fragmentation de la matière organique fraîche (Bachelier, 1963 ; Ouédraogo *et al.*, 2004). Elle améliore également l'aération du sol favorable aux micro-organismes (Bachelier, 1978). De ce fait, la macrofaune entraîne une accélération du processus de minéralisation. La suppression de ces organismes entraînerait donc une accumulation du carbone total. La plus forte augmentation de la teneur en carbone total du sol en absence de macrofaune dans le traitement J confirme ainsi le rôle prépondérant de la macrofaune dans la décomposition de la litière.

Dans les parcelles avec macrofaune du sol, le traitement tiges mulch a enregistré le plus faible taux de carbone. Ces résultats corroborent ceux de Sédogo (1981). Ouédraogo *et al.* (2007) qui ont indiqué que l'apport de substrat organique à rapport C / N élevé augmente la demande d'azote par les micro-organismes du sol et donc une minéralisation de la matière organique du sol pour couvrir leurs besoins azotés. Ceci est d'autant plus vrai que le traitement TUM a permis d'augmenter le taux de carbone du sol. Par ailleurs, la décomposition de la matière organique fraîche est influencée par les facteurs du milieu tels que la température et l'humidité du sol. Les pailles étant appliquées en surface et aucun apport d'urée n'ayant été fait pour stimuler le processus, il en résulte une faible décomposition. Ainsi, on note une faible contribution à l'amélioration du stock de carbone du sol en une saison de culture. L'apport de compost a induit un faible taux de carbone par rapport au témoin. Ces résultats sont conformes aux observations de Janssen (1993). En effet, Janssen (1993) avait indiqué que plus la matière organique apportée contribue à la nutrition des cultures, moins elle participe à la constitution du stock de carbone du sol.

L'efficacité du traitement jachère est liée à la litière et à la restitution racinaire. Ces résultats se rapprochent de ceux de Somé *et al.* (2007) qui ont montré que la teneur en carbone était plus importante sous les touffes que dans les parcelles cultivées.

Par contre, les résultats ne révèlent pas de différences significatives concernant l'impact des mesures de CES et de la macrofaune sur l'azote total du sol. Toutefois, exception faite des traitements TUM et J, la teneur en azote est relativement plus élevée dans les autres traitements en présence de la macrofaune. Cette baisse de la teneur en azote total en absence de la macrofaune serait liée à une perte de l'azote de la solution du sol. En effet, les nitrates ne sont pas retenus par le complexe absorbant et peuvent être perdus par lixiviation (Gaucher, 1968 ; Gros, 1974). Par ailleurs, dans les parcelles avec macrofaune du sol, les micro-organismes stimulés par la macrofaune réorganisent l'azote minéral libéré après la dégradation de la matière organique. Ce processus limite les pertes d'azote et contribue à l'augmentation du stock d'azote du sol (Mary et Justes, 2001).

Dans le cas des traitements J et TUM, le taux d'azote est plus élevé en absence de la macrofaune du sol. Ceci est en partie lié aux teneurs plus élevées de carbone observées sur ces traitements. Aussi, la forte réduction du ruissellement de ces traitements en présence comme en absence de la macrofaune limite les pertes l'azote. Par ailleurs MAE (2002) indique que sous jachère, l'absorption des éléments minéraux se fait au fur et à mesure de la minéralisation de la matière organique, réduisant ainsi les pertes.

II.5. Impact des mesures de CES et des pesticides sur la macrofaune du sol

Les pesticides ont eu un effet hautement significatif sur la macrofaune du sol. Ils ont éliminé 98,08% de la macrofaune. Les différences observées entre les traitements dans les parcelles traitées ne seraient donc pas liées à la macrofaune du sol.

La macrofaune du sol constitue une ressource qui remplit au sein de l'écosystème des fonctions essentielles pour le maintien de la qualité des sols. Les résultats montrent que les mesures de CES ont un effet significatif sur la densité de la macrofaune du sol. La qualité et l'abondance de la matière organique sont des facteurs contrôlant la macrofaune (Lavelle, 2000). On note une forte densité des termites (87,09%), contre une faible densité des vers de terre sur l'ensemble des traitements. En effet, les études de Lavelle *et al.* (1991) ont montré

que la densité des vers de terre diminue dès que la pluviométrie est inférieure à 1000 mm. Dans ce cas, les termites dominent la population de la macrofaune. Le traitement tiges mulch (TM) s'est révélé le plus favorable à la macrofaune et diffère significativement des autres traitements. Le mulch, par l'amélioration de l'humidité du sol et de la température, stimule la macrofaune du sol. Ces résultats confirment ceux de Ouédraogo *et al.* (2004 ; 2005) et Bagnian (2006). Ouédraogo *et al.* (2004) 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. Le traitement UL a une densité plus faible que le témoin. En effet, le non apport de matière organique associé au labour est défavorable à la macrofaune du sol (Bachelier, 1978 ; Lavelle *et al.*, 1991). Le traitement CL bien que présentant une densité plus faible que le témoin, a la plus forte densité de vers de terre. 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. Le traitement J, malgré une faible densité de la macrofaune, constitue le milieu le plus diversifié avec quatorze groupes de macrofaune. En effet, les études de Lavelle *et al.* (1991 ; 2006), ont montré que la mise en jachère augmentait la diversité des organismes du sol. Ce traitement enregistre également la plus forte biomasse de macrofaune. Ces résultats confirment ceux de Feller *et al.* (1993) qui ont montré que la mise en jachère s'accompagne d'une reconstitution de la population de macro-invertébrés présentant une forte biomasse. Ces résultats confirment la sensibilité des macro-invertébrés surtout des vers de terre aux pratiques culturales.

Les résultats montrent que la population de la macrofaune est plus abondante dans l'horizon 10–30 cm avec une forte densité de termites. Ces résultats se rapprochent des observations de Barros *et al.* (2001) et de Yaméogo (2007) qui ont montré à l'aide de la même méthode, que plus de 70% de la macrofaune occupaient la couche 10–30 cm. Cette répartition est en partie liée à la mobilité des organismes du sol. Pourtant, on note une biomasse de la macrofaune plus forte dans l'horizon 0–10 cm. Ces résultats s'expliquent par la présence de macro-invertébrés tels que les coléoptères et les vers de terre qui sont plus abondants dans cet horizon du fait de la présence de la matière organique.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Dans le contexte du changement climatique, la gestion rationnelle de l'eau et des nutriments constitue une priorité pour assurer une production agricole stable. Dans une telle situation, la gestion effective de la macrofaune, maillon indispensable du fonctionnement des sols tropicaux, pourrait constituer une opportunité pour l'accroissement de la production agricole et la restauration des sols.

Le premier objectif était d'évaluer l'effet de la macrofaune et des mesures de CES sur la croissance et la production du sorgho. Les résultats obtenus montrent que la présence de la macrofaune a différemment affecté la croissance du sorgho selon les traitements. Mais en fin de cycle, la croissance a été meilleure en présence de la macrofaune du sol sauf sur les traitements CUL et TM. Par contre, ce n'est que sur les traitements TUL, CL et TUM que la macrofaune du sol a eu un effet positif sur les rendements grain et paille du sorgho. Le rendement grain le plus élevé a été enregistré en présence de la macrofaune sur le traitement CL. Sur ce traitement, il est de près de 5 fois celui du témoin et la contribution de la macrofaune à l'accroissement du rendement du sorgho était d'environ 158%. Par contre sur le traitement UL, la macrofaune a eu un effet dépressif de 55 % sur le rendement grain du sorgho. En présence comme en absence de macrofaune du sol, le paillage simple (TM), a eu un effet dépressif sur le rendement grain du sorgho par rapport au témoin, sans doute dû à une immobilisation de l'azote causée par l'apport de la paille. Ce qui explique le fait que la combinaison du mulch à l'urée a permis d'accroître le rendement.

Le deuxième objectif était d'évaluer l'impact de la macrofaune et des mesures de CES sur le ruissellement et l'humidité du sol. Il ressort de cette étude que les mesures de CES et la macrofaune ont une influence hautement significative sur le ruissellement. En effet, le traitement jachère a été le plus efficace contre le ruissellement en présence et en absence de la macrofaune du sol. La contribution absolue de la macrofaune à la réduction du ruissellement a été d'environ 25%. L'aménagement des parcelles en cordons pierreux sans autres mesures de CES a induit une faible amélioration de la contribution de la macrofaune à la réduction du ruissellement. Avec l'apport de tiges de sorgho, utilisées sous forme de mulch ou enfouis avec de l'urée, on améliore nettement cette contribution de la macrofaune qui atteint 47% sur le traitement TUL. Les plus faibles contributions de la macrofaune à la réduction du

ruissellement ont été enregistrées sur les parcelles qui ont reçu du compost. Cependant, la présence de la macrofaune a entraîné un accroissement de 84,50% du ruissellement sur le traitement UL, probablement dû à la faible couverture du sol liée à la faible croissance du sorgho en début de cycle dans ce traitement. Par ailleurs, la macrofaune du sol a une faible influence sur l'humidité de l'horizon superficiel (0–10 cm) du sol qui a été plus influencée par le labour. L'usage de la matière organique notamment les pailles de sorgho a été plus favorable à l'humidité du sol par rapport à l'urée.

Le troisième objectif était de tester l'effet des mesures de CES et de la macrofaune sur la matière organique du sol. Il ressort de cette étude que la suppression de la macrofaune entraîne une accumulation du carbone total du sol, mais elle n'a pas eu d'effet significatif sur le taux d'azote total. Ces résultats confirment l'importance de la macrofaune dans la décomposition et la minéralisation de la matière organique.

Le quatrième objectif était d'évaluer l'impact des mesures de CES sur les effectifs et la biomasse de la macrofaune du sol. Les résultats obtenus montrent que l'usage des pesticides a été efficace et a permis d'éliminer 98,08% de la macrofaune. Dans les parcelles non traitées, le traitement TM 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. Pourtant, le traitement J présente la plus forte biomasse et constitue aussi le milieu le plus diversifié avec quatorze groupes différents de macrofaune, justifiant ainsi la sensibilité de la macrofaune aux pratiques culturales.

Des résultats obtenus, on peut retenir que :

➤ dans les systèmes de culture avec des apports de matières organiques (tiges ou compost), la performance des cordons pierreux est influencée par la macrofaune du sol, d'où la nécessité de la préserver pour lutter efficacement contre le ruissellement et améliorer la production agricole ;

➤ l'usage des pesticides augmente le ruissellement et constitue de ce fait un facteur de dégradation des sols ;

➤ la matière organique de pauvre qualité surtout lorsqu'elle est appliquée en surface, entraîne une augmentation de la densité de la macrofaune notamment des termites et réduit fortement le ruissellement. Cependant, si cet apport n'est pas combiné à l'urée, elle provoque une baisse du rendement des cultures. En présence de la macrofaune, l'enfouissement des tiges

en combinaison avec l'urée a induit un rendement grain de 4,67 fois celui du témoin et augmente le stock carboné du sol ;

➤ 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 sans doute à la mauvaise synchronisation entre la minéralisation et les besoins de la culture. Le compost a un effet marqué sur la production du sorgho et stimule particulièrement les vers de terre. Toutefois, elle a entraîné une baisse du taux de carbone total en présence de la macrofaune du sol par rapport au témoin ;

➤ l'apport exclusif d'urée a augmenté le ruissellement et a réduit le rendement en présence de la macrofaune du sol.

De ces résultats, nous suggérons :

✓ l'usage combiné des tiges de sorgho et de l'urée sur les parcelles aménagées en cordons pierreux qui permettra d'accroître les rendements, le stock carboné du sol et de stimuler la macrofaune qui améliorera les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol à long terme. Cette technique qui consomme moins de matière organique fraîche par rapport au compost repose toutefois sur l'option du producteur dans l'allocation des résidus de culture ;

✓ 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. Dans cet optique, l'extrait aqueux des amandes de neem (*Azadirachta indica*) dont l'efficacité est démontrée peut constituer une alternative ;

✓ la poursuite de l'étude en intégrant :

- les mesures de l'érosion et de la densité apparente afin de préciser l'impact des mesures de CES et des pesticides sur l'érosion du sol ;

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

BIBLIOGRAPHIE

- 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.
- Andrieux P., 2006.** Effets des pratiques culturales sur le ruissellement et l'érosion. Vigne, sol et environnement. 4 p. <http://www1.montpellier.inra.fr/vignesolenv/actes/ANDIEUX>, consulté le 25 février 2009.
- Bababe B., 1998.** Crop residue application systems and efficiency of water use by pearl millet in northern Nigeria. *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. 61-66.
- Bachelier G., 1963.** La vie animale dans les sols. Initiations – Documentations techniques, O.R.S.T.O.M., Paris, France, 279 p.
- 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., 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.
- Badolo M., 2008.** Indications sur les incidences potentielles des changements climatiques sur la sécurité alimentaire au Sahel. Cahier des changements climatiques. Bulletin mensuel d'information sur les changements climatiques de l'Institut d'Application et de Vulgarisation en Sciences, N° 6, 9 p.
- Bagnian 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. Université Polytechnique de Bobo-dioulasso (UPB). Institut du Développement Rural (IDR), Burkina Faso, 101 p.
- Barros E., Curmi P., Hallaire V., Chauvel A. & Lavelle P., 2001.** The role of macrofauna in the transformation and reversibility of soil structure of an oxisol in the process of forest to pasture conversion. *Geoderma* 100, 193–213.

- 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., 1991.** La gestion des résidus organiques de la ferme. *In* : « Savanes d’Afrique, terres fertiles ? Actes des rencontres internationales », Montpellier 10-14 décembre 1990. Ministère de la Coopération et du Développement, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), France, pp. 293-315.
- Berger M., 1996.** L’amélioration de la fumure organique en Afrique soudano-sahélienne. *Agriculture et développement*, n° hors série, 8 fiches.
- Blanchart E., Albrecht A., Brown G., Decaëns T., Duboisset A., Lavelle P., Mariani L. & Roose E., 2004.** Effects of tropical endogeic earthworms on soil erosion. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104, 303-315.
- Bland R. G. & Jaques H. E., 1947.** How to know the insects. Wm. C. Brown Company Publishers, Dubrique, Iowa, Third edition, 409 p.
- 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, France, 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.
- Brussaard L., 1998.** Soil fauna, guilds, functional groups and ecosystem processes. *Applied Soil Ecology* 9, 123 – 135.
- Casenave A. & Valentin C., 1989.** Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l’infiltration. Collection didactique, O.R.S.T.O.M., Paris, France, 230 p.
- CEAS, 2004.** Etude pédologique du jardin de recherche appliquée et de formation du Centre Ecologique Albert Schweitzer - Burkina Faso. Echelle 1/1000ème. CEAS-BF, 47 p.
- César J. & Coulibaly Z., 1991.** Le rôle des jachères et des cultures fourragères dans le maintien de la fertilité des terres. *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. 271-287.

Charpentier H., Séguy L. & Michellon R., 1991. Cultures associées, couvertures végétales mortes ou vivantes. *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. 333-355.

CMK, 2008. Plan Communal de Développement. Document du diagnostic. Rapport final. Commune rurale de Koubri, Burkina Faso, 65 p.

Crews T. E. & Peoples M. B., 2005. Can the synchrony of nitrogen supply and crop demand be improved in legume and fertilizer-based agroecosystems? A review. *Nutrient cycling in Agroecosystems* 72, 101–120.

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.

Dudal R. & Byrnes B. H., 1993. Effet de l’utilisation des engrais sur l’environnement. *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. 157-172.

Dupriez H. & De Leener P., 1990. Les chemins de l’eau : ruissellement, irrigation, drainage. Manuel tropical. Collection Terre et Vie. CTA, Harmattan, Paris, France, 380 p.

Eimberck M., 1990. Facteurs d’érodibilité des sols limoneux : réflexion à partir du cas du pays de Caux. Cah. O.R.S.T.O.M., Série Pédologie, vol. XXV, n°1-2, pp. 81-94.

Feller C., Lavelle P., Albrecht A. & Nicolardot B., 1993. La jachère et le fonctionnement des sols tropicaux : rôle de l’activité biologique et des matières organiques. Quelques éléments de réflexion. *In* : Floret C. & Serpentini G. (Eds.), la jachère en Afrique de l’Ouest. O.R.S.T.O.M. (colloques et séminaires), Paris, France, pp. 15-32.

- Floret C., Pontanier R. & Serpantié G., 1993.** La jachère en Afrique tropicale. Dossier MAB 16. UNESCO, Paris, France, 86 p.
- Gaucher G., 1968.** Traité de pédologie agricole. Le sol et ses caractéristiques agronomiques. Collection Agronomie Moderne, DUNOD, Paris, France, 578 p.
- Guinko S., 1984.** Végétation de la Haute Volta. Thèse de doctorat ès Sciences Naturelles. Université de Bordeaux III, tome 1, France, 318 p.
- Grassé P.-P., 1986.** Termitologia. Tome III : Comportement – Socialité – Ecologie – Evolution – Systématique. Masson, Paris, France, 715 p.
- Gros A., 1974.** Engrais. Guide pratique de la fertilisation. La Maison Rustique, 6ème édition, Paris, France, 436 p.
- Hallaire V., Lamandé M. & Heddadj D., 2004.** Effet de l'activité biologique sur la structure des sols soumis à différentes pratiques culturales. Impact sur leurs propriétés de transfert. *Etude et Gestion des Sols* 11, 47–58.
- INERA, 2004.** Projet 83 : recherche sur des technologies de lutte contre la désertification au sahel et étude de leur impact agroécologique. Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles, Département de recherche sur la Gestion des Ressources Naturelles et des Systèmes de Production (GRN/SP), 91 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.
- Jones C. G., Lawton J. H. & Shachak M., 1994.** Organisms as ecosystem engineers. *OIKOS* 69 (3): 373-386.
- Kumar R., 1991.** La lutte contre les insectes ravageurs. L'agriculture en régions tropicales. Collection Economie et Développement, CTA, Karthala, 310 p.
- Lavelle P., 2000.** La macrofaune du sol, une ressource en danger. Séminaire international sur la macrofaune du sol. IRD Bondy, 19-23 juin 2000, 3 p.
<http://www.ird.fr/fr/actualites/communiqués/2000/macrofaune.htm>, consulté le 19 février 2009.
- Lavelle P., Decaëns T., Aubert M., Barot S., Blouin M., Bureau F., Margerie P., Mora P. & Rossi J.-P., 2006.** Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of*

Soil Biology 42, S3-S15.

- 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.
- Le Bissonais Y., Bruand A. & Jamagne M., 1990.** Etude expérimentale sous pluie simulée de la formation des croûtes superficielles. Apport à la notion d'érodibilité des sols. Cah. O.R.S.T.O.M., Série Pédologie, vol. XXV, n°1-2, pp. 31-40.
- Le Clech B., 1998.** Environnement et agriculture. Ed. Synthèse agricole, 2ème édition, 344 p.
- Le Prun J.-C., da Silveira C. O. & Sobral Filho R. M., 1986.** Efficacité des pratiques culturales anti-érosives testées sous différents climats brésiliens. Cah. O.R.S.T.O.M., Série Pédologie, vol. XXII, n°2, pp. 223-233.
- Leonard J. & Rajot J. L., 1998.** Restoration of infiltration properties of crusted soils by mulching. *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. 191-196.
- Lepage M., 2006.** Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes. 11 p.
<http://www.biologie.ens.fr/bioemco/biodiversite/lepage.html>, consulté le 23 février 2009.
- 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., 1991.** L'impact de l'activité des termites sur la dégradation de la biomasse végétale et quelques propriétés physiques des terres dégradées. Etude menée à Zanamogo (province du Bam, Burkina Faso). Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural. Université de Ouagadougou (UO). Institut du Développement Rural (IDR), Burkina Faso, 76 p.
- Mando A., 1997.** The impact of termites and mulch on the water balance of crusted Sahelian soil. Soil Technology 11, 121-138.

- Mando A., Stroosnijder L. & Brussaard L., 1996.** Effects of termites on infiltration into crusted soil. *Geoderma* 74, 107–113.
- Manu A., Coleman T. L. & Juo A. S. R., 1998.** Soil restoration in degraded agro-pastoral systems of semi-arid West Africa. *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. 173-184.
- Mary B. & Justes E., 2001.** La fourniture de l'azote par les matières organiques du sol. Colloque GEMAS-COMIFER, 5^{èmes} rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre. 11 p.
- Ménard O., 2005.** Les ouvriers du sol et les pratiques agricoles de conservation. Colloque en Agroenvironnement : « des outils d'intervention à notre échelle ». Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 6 p. http://agriculture-de-conservation.com/doc/Menard_lombrics.pdf, consulté le 28 février 2009.
- Ministère de la Coopération, 1991.** Mémento de l'agronome. Collection « Techniques rurales en Afrique ». Ministère de la coopération, quatrième édition, France, 1635 p.
- Morsli B., Halitim A. & Mazour M., 2008.** Erosion et effet des pratiques culturales sur les versants semi-arides de l'Algérie. Cas des monts de Beni Chougrane. *In* : Roose E., Albergel J., De Noni G., Sabir M. & Laouina A. (Eds), efficacité de la gestion de l'eau et de la fertilité des sols en milieux semi-arides. Agence Universitaire de la Francophonie (AUF), Editions des Archives Contemporaines, IRD, Paris, France, pp.199–203.
- Mrabet R., Essahat A. & Moussadek R., 2008.** Influence des systèmes de travail du sol sur les propriétés du sol en zones semi-arides du Maroc. *In* : Roose E., Albergel J., De Noni G., Sabir M. & Laouina A. (Eds), efficacité de la gestion de l'eau et de la fertilité des sols en milieux semi-arides. Agence Universitaire de la Francophonie (AUF), Editions des Archives Contemporaines, IRD, Paris, France, pp. 274–289.
- Nahal I., 1975.** Principes de conservation du sol. Collection Géographie applicable, Masson et Cie, Paris, France, 143 p.

MENTION BIEN

- 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.
- Nicou R. & Le Moigne M., 1991.** Efficacité agronomique de la mécanisation des opérations culturales. *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. 475–506.
- Nonguierma G. B., 2006.** Contribution à l'évaluation des effets de l'utilisation des pesticides en production maraîchère dans la plaine périurbaine de Boulmiougou-Ouagadougou. Mémoire de Licence Professionnelle en Génie de l'Environnement. Université de Ouagadougou, Unité de Formation et de Recherche en Sciences Exactes et Appliquées. Institut de Génie de l'Environnement et du Développement durable, Burkina Faso, 45 p.
- Ouédraogo E., 1993.** Etude de l'influence d'un amendement de compost sur sols ferrugineux tropicaux en milieu paysan. Impact sur la production du sorgho, (Centre-sud Burkina Faso). Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural. Université de Ouagadougou (UO). Institut du Développement Rural (IDR), Burkina Faso, 123 p.
- Ouédraogo E., 1998.** L'utilisation des fertilisants et pesticides dans l'agriculture et leurs impacts sur l'environnement. Séminaire Atelier Résidentiel sous Régional sur les questions politiques, sectorielles et institutionnelles en gestion de l'environnement pour l'Afrique de l'ouest 1-10 août 1998. Communication, Ouagadougou, Burkina Faso, 10 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.
- Ouvry J-F., 1990.** Effet des techniques culturales sur la susceptibilité des terrains à l'érosion par le ruissellement concentré. Expérience du pays de Caux (France). *Cah. O.R.S.T.O.M., Série Pédologie*, vol. XXV, n°1-2, pp. 157-169.
- Piéri 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.
- Poesen J. W. A. & Bryan R. B., 1990.** Influence de la longueur de la pente sur le ruissellement : rôle de la formation des rigoles et des croûtes de sédimentation. *Cah. O.R.S.T.O.M., Série Pédologie*, vol. XXV, n°1-2, pp. 71-80.
- Prat C., 1990.** Relation entre érosion et système de production dans le bassin versant sud du lac de Managua (Nicaragua). *Cah. O.R.S.T.O.M., Série Pédologie*, vol. XXV, n°1-2, pp. 171-182.
- 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., 1977.** Erosion et ruissellement en Afrique de l'ouest : vingt ans de mesures en petites parcelles expérimentales. *Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M., n°78*, Paris, France, 108 p.
- Roose E., 1981.** Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Etude expérimentale des transferts technologiques et biologiques de matières sous végétations naturelles ou cultivées. *Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M., n°130*, Paris, France, 569 p.
- Roose E., 1986.** Terrasses de dispersion ou microbarrages perméables ? Analyse de leur efficacité en milieu paysan ouest africain pour la conservation de l'eau et des sols dans la zone soudano-sahélienne. *Cah. O.R.S.T.O.M., Série Pédologie*, vol. XXII, n°2, pp. 197–208.
- Roose, E., 1994.** Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES), *Bulletin Pédologique FAO 70*, Rome, Italie, 420 p.

- Savadogo P. W., Traoré O., Topan M., Tapsoba K. H., Sédogo M. P. & Bonzi-Coulibaly L. Y., 2006.** Variation de la teneur en résidus de pesticides dans les sols de la zone cotonnière du Burkina Faso. *Journal Africain des Sciences de l'Environnement*, n°1, 29–39.
- Scheu S., 2003.** Effects of earthworms on plant growth: patterns and perspectives. *Pedobiologia* 47, 846–856.
- Sédogo 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.
- Slingerland M. & Masdewel M., 1996.** Le paillage sur le plateau central du Burkina Faso. Une technique très utilisée et bien adaptée aux moyens des paysans. *In* : Reij C., Scoones I. & Toulmin C. (Eds.), techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en Afrique. CTA, CDCS, KARTHALA, pp. 127-132.
- Soltner D., 2003.** Les bases de la production végétale. Tome 1 : le sol et son amélioration. Collection Sciences et techniques agricoles, 23^e édition, 472 p.
- Somé N. A., Traoré K., Traoré O. & Tassebedo M., 2007.** Potentiel des jachères artificielles à *Andropogon* ssp. dans l'amélioration des propriétés chimiques et biologiques des sols en zone soudanienne (Burkina Faso). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 11 (3) : 245–252.
- Toé A. M., 1997.** Problématique sur l'utilisation des insecticides de synthèse au Burkina Faso. *In* : Ky K. J. - M. (Ed.) séminaire – atelier : agro écologie et sécurité alimentaire au Burkina Faso. Rapport général, Ouagadougou, Burkina Faso, pp. 68–78.
- Valentin C. & Janeau J. L., 1990.** Les risques de dégradation structurale de la surface du sol en savane humide (Côte d'Ivoire). *Cah. O.R.S.T.O.M., Série Pédologie*, vol. XXV, n°1-2, pp. 41-52.
- Van Caillie X. D., 1990.** Erodibilité des terrains sableux du Zaïre et contrôle de l'érosion. *Cah. O.R.S.T.O.M., Série Pédologie*, vol. XXV, n°1-2, pp. 197-208.
- 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.

- Villiers A., 1979.** Initiation à l'entomologie. Tome 1 : Anatomie, Biologie et Classification. Nouvelle société des éditions Boubée et Cie, Paris, France, 324 p.
- Yaméogo M., 2007.** Etude de l'impact de l'arrière effet de l'âge du compost sur les propriétés du sol et la production du sorgho. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural. Université Polytechnique de Bobo-dioulasso (UPB). Institut du Développement Rural (IDR), Burkina Faso, 82 p.
- Zhiping C., Yuhui Q., Baoqing W. & Qin X., 2006.** Influence of agricultural intensification on the earthworm community in arable farmland in the North China Plain. *European Journal of Soil Biology* 42, S362-S366.
- 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.
- Zougmore R., Guillobez S., Kambou N. F. & Son G., 2000.** Runoff and sorghum performance as affected by the spacing of stone lines in the semiarid Sahelian zone. *Soil and Tillage Research* 56, 175-183.
- Zougmore R., Mando A. & Stroosnijder L., 2004a.** Effect of soil land water conservation and nutrient management on the soil – plant water balance in semi – arid Burkina Faso. *Agricultural Water Management* 65, 103–120.
- Zougmore R., Mando A., Ringersma J. & Stroosnijder L., 2003.** Effect of combined water and nutrient management on runoff and sorghum yield in semiarid Burkina Faso. *Soil Use and Management* 19, 257-264.
- Zougmore R., Mando A., Stroosnijder L. & Ouédraogo E., 2004b.** Economic benefits of combining soil and water conservation measures with nutrient management in semiarid Burkina Faso. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 70, 261-269.
- Zougmore R., Ouattara K., Mando A. & Ouattara B., 2004c.** Rôle des nutriments dans le succès des techniques de conservation des eaux et des sols (cordons pierreux, bandes enherbées, zaï et demi-lunes) au Burkina Faso. *Sécheresse* vol. 15 (1) : 1-8.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche technique du sorgho

VARIETE SARIASO 14

Synonyme : CEF 322/53-1-1, CIRAD 437
Origine : Burkina Faso (INERA/CIRAD, Saria)

DESCRIPTION DES CARACTERES AGRONOMIQUES

Cycle semis – floraison : 76 à 82 jours	Résistance à la sécheresse : résistance au stade post floraison
Cycle semis – maturité : 110 à 115 jours	Résistance à la verse : assez résistante
Photosensibilité : moyenne	Résistance au Striga : tolérante
Hauteur de la plante : 1,90 m	Résistance aux maladies foliaires : assez résistante
Couleur du feuillage : anthocyané	Résistance aux moisissures des grains : assez résistante
Forme de la panicule : oblongue	Résistance à la cécidomyie : moyenne
Compacité de la panicule : semi-compacte	Résistance : résistante
Viscosité du grain : semi-vitreux	
Vigueur à la levée : très bonne	
Couleur du grain : blanc	
Rendement grain potentiel : 5 t / ha	
Rendement grain en milieu paysan : 1,7 t / ha (29 tests région Centre de 1997 à 1999)	
Gain moyen de rendement par rapport aux variétés locales en milieu paysan : +30%	

Points forts

- productivité élevée
- excellente régularité des rendements
- tolérance à la sécheresse post-floraison
- haut degré de résistance aux maladies

Points faibles :

- taches rouges sur les graines

AIRE DE CULTURE : zone entre les isohyètes 600 et 900 mm

Information complémentaire auprès de :

INERA / station de Saria, Section Sorgho, BP 10 Koudougou, Tel : 50 44 00 42

Annexe 2 : Impact de la macrofaune et des modes de gestion de la fertilité sur le ruissellement et l'humidité du sol

Tableau I : Humidité moyenne du sol (%) dans les parcelles traitées et non traitées

Traitements	Parcelles sans macrofaune	Parcelles avec macrofaune
UL	22,14	22,82
CUL	22,48	23,48
TUL	23,52	23,25
CL	23,28	23,76
To	23,85	24,39
TM	24,78	25,15
TUM	24,81	24,34
J	26,47	25,66

Tableau II : Pluviométrie hebdomadaire (mm) sur le site expérimental pendant la période de culture du sorgho

Mois	1ère semaine	2ème semaine	3ème semaine	4ème semaine
Juillet	88	17	86	52
Août	24,5	96,5	32,25	48,5
Septembre	31	59,75	77,5	36,5
Octobre	11,5	55,5	6,5	0

Tableau III : Impact des mesures de CES et de la macrofaune sur le ruissellement

Traitements	Ruissellement cumulé moyen (mm)		Contribution de la macrofaune (%)
	Parcelles sans macrofaune	Parcelles avec macrofaune	
UL	51,6 ^{ab}	95,2 ^c	-84,50
CUL	84,9 ^{bc}	73,5 ^{bc}	13,43
TUL	86,9 ^c	46,1 ^{ab}	46,95
CL	93,5 ^c	80,0 ^{bc}	14,44
To	138,0 ^d	99,6 ^c	27,83
Ta	212,5 ^e	160,3 ^d	24,56
TM	96,6 ^c	54,6 ^{ab}	43,48
TUM	68,4 ^{abc}	36,9 ^a	46,05
J	47,9 ^a	34,0 ^a	29,02
Lsd pour comparer les parcelles traitées aux parcelles non traitées		15,96	

Annexe 3 : Evolution de la taille du sorgho en fonction du temps

Tableau IV : Evolution de la taille du sorgho (cm) dans les parcelles avec macrofaune

Bloc	Traitements	21 JAS	28 JAS	35 JAS	42 JAS	49 JAS	56 JAS	63 JAS	70 JAS	77 JAS	84 JAS
Bloc I non traité	UL	25,15	40,45	54,33	80	108,08	136,78	155,75	176,6	190,13	190,43
	CUL	27,5	46,16	57,75	83,67	113,7	142,8	158,27	175,53	185,15	186,02
	TUL	29,58	46,03	64,65	92	129,07	157,13	170,83	189,55	197,37	197,43
	CL	26,7	37,31	54,5	78,08	106,77	140,42	160,37	182,33	192,47	192,86
	To	24,16	32,7	39,5	52,92	77,97	111,12	127,23	145,12	155	159,32
	TM	23,73	28,78	36,83	49	67,97	94,07	108,77	118,72	138,9	149,7
	TUM	21,33	33,34	45,25	60,67	85,9	115,12	138,75	158,47	170,5	174,8
Bloc II non traité	UL	25,25	31,95	44,75	65,5	89,67	120,83	143,92	167,6	182,13	182,47
	CUL	32,53	41,41	54,58	67,75	81,53	94,73	110,02	122,4	138,57	144,67
	TUL	31,16	43,58	60,42	81,75	108,77	134,97	152,63	172,95	182,3	182,9
	CL	25,25	36,86	53,33	76,75	103,33	129,03	144,9	160,2	171,27	175,1
	To	17,83	27,05	35	51	73,2	88,37	106,72	121,47	134,23	142,58
	TM	18	25,56	28,75	36	44,97	55,27	65,9	76,5	85,47	97,73
	TUM	18,41	27,33	39,25	50,75	73,23	103,13	125,3	123,17	161,17	164,1
Bloc III non traité	UL	21,2	26,78	33,25	43,75	59,6	77,23	87,63	97,85	111,93	123
	CUL	32,53	42,98	51,75	70,75	85,3	99,4	107,47	118,43	135,7	140,4
	TUL	32,16	44,2	63	89,92	115,22	141,03	153,07	171,37	177,13	179,45
	CL	28,33	43,16	64,91	83,17	108,2	135,23	150,97	169,98	179,93	182,38
	To	16,5	21,81	26,58	37,42	54,45	68,3	84,7	98,83	112,57	123,45
	TM	21,5	24,96	33,33	41,33	52,37	62,98	73,33	86,17	95,2	113,47
	TUM	19,73	26,98	32,91	42,17	66,07	97,07	106,32	121,62	131,8	148,23

Annexe 3 : Suite

Tableau V : Evolution de la taille du sorgho (cm) dans les parcelles sans macrofaune

Bloc	Traitements	21 JAS	28 JAS	35 JAS	42 JAS	49 JAS	56 JAS	63 JAS	70 JAS	77 JAS	84 JAS
Bloc I traité	UL	36,76	49,86	68,92	97,17	128	154,65	169,5	190,7	195,73	195,93
	CUL	28,16	37,38	53,92	81,83	112,67	142,6	159,25	177,83	185,9	186,63
	TUL	32,38	46,08	61,5	86,92	107,67	135,8	148,47	169	179,09	179,25
	CL	26,43	37,2	52,42	72,83	87,63	110,27	124,22	138	154,13	159,55
	To	19,9	26,28	32,33	47,5	64,75	82,87	99,62	108,47	127,2	140,3
	TM	24,4	32,91	43,33	55,75	72,15	95,3	109,87	126,08	138,2	149,68
	TUM	22,23	30,11	42,17	58,08	86,8	111,7	128,02	148,13	158,83	161,33
Bloc II traité	UL	22,43	24,83	33,25	44,25	55,03	70,2	80,47	93,83	108,9	117,7
	CUL	29,03	39,66	51,33	76,92	102,5	130,4	151,08	172,13	189	189,33
	TUL	32,5	45,42	61,58	86,75	108,93	127,17	139,27	155,32	162,97	168,17
	CL	25,13	30,41	40,58	46,08	58,6	74,93	79,57	92,47	107,7	117,87
	To	18,3	22,36	26,5	38,08	51,2	64,8	77,7	91,27	102,57	118,37
	TM	20,48	24,25	32,25	40,5	55,1	68,8	80,88	95,47	110,28	128,57
	TUM	23,2	35,36	46,67	62,83	84,4	104,33	120	134,4	149,13	153,72
Bloc III traité	UL	21,23	27,05	34,5	44,25	61,25	81,33	98,27	110,3	119,4	124,07
	CUL	29,03	40,21	49,25	65,08	89,47	117	138,27	157,3	175	175,45
	TUL	26,16	37,25	53,16	68,75	94,57	123,43	143,92	162,27	177,9	177,96
	CL	29,01	41,3	58,67	79,92	99,52	125,9	139,9	157,13	171,93	172,63
	To	22,83	31,43	41,08	57,08	74,7	99,13	116,98	138,93	156,2	161,68
	TM	23,75	33,13	43,67	57	72,87	92,85	111	126	141,4	152,53
	TUM	24,83	29,35	36,67	43,5	63,7	83,07	100,53	115,75	128,75	141,35

Annexe 3 : Suite**Tableau VI : Impact de la macrofaune sur hauteur moyenne du sorgho (cm)**

Traitements	Pesticides	21 JAS	28 JAS	35 JAS	42 JAS	49 JAS	56 JAS	63 JAS	70 JAS	77 JAS	84 JAS
UL	Sans macrofaune	26,81	33,91	45,56	61,89	81,43	102,06	116,08	131,61	141,34	145,90
	Avec macrofaune	23,87	33,06	44,11	63,08	85,78	111,61	129,10	147,35	161,40	165,30
CUL	Sans macrofaune	28,74	39,08	51,50	74,61	101,55	130,00	149,53	169,09	183,30	183,80
	Avec macrofaune	30,85	43,52	54,69	74,06	93,51	112,31	125,25	138,79	153,14	157,03
TUL	Sans macrofaune	30,35	42,92	58,75	80,81	103,72	128,80	143,89	162,20	173,32	175,13
	Avec macrofaune	30,97	44,60	62,69	87,89	117,69	144,38	158,84	177,96	185,60	186,59
CL	Sans macrofaune	26,86	36,30	50,56	66,28	81,92	103,70	114,56	129,20	144,59	150,02
	Avec macrofaune	26,76	39,11	57,58	79,33	106,10	134,89	152,08	170,84	181,22	183,45
To	Sans macrofaune	20,34	26,69	33,30	47,55	63,55	82,27	98,10	112,89	128,66	140,12
	Avec macrofaune	19,50	27,19	33,69	47,11	68,54	89,26	106,22	121,81	133,93	141,78
TM	Sans macrofaune	22,88	30,10	39,75	51,08	66,71	85,65	100,58	115,85	129,96	143,59
	Avec macrofaune	21,08	26,43	32,97	42,11	55,10	70,77	82,67	93,80	106,52	120,30
TUM	Sans macrofaune	23,42	31,61	41,84	54,80	78,30	99,70	116,18	132,76	145,57	152,13
	Avec macrofaune	19,82	29,22	39,14	51,20	75,07	105,11	123,46	134,42	154,49	162,38

Annexe 4 : Biomasse de la macrofaune (gm^{-2})**Tableau VII : Biomasse de la macrofaune (gm^{-2}) dans l'horizon 0–10 cm**

Traitements	Parcelles traitées	Parcelles non traitées
CUL	0	0,79
UL	0,02	1,38
TM	1,09	2,43
TUL	0,08	2,87
TUM	0,21	3,03
CL	0	4,19
To	0	6,45
J	0	16,15

Tableau VIII : Biomasse de la macrofaune (gm^{-2}) dans l'horizon 10–30 cm

Traitements	Parcelles traitées	Parcelles non traitées
UL	0	0,07
CUL	0	0,55
J	0	0,68
To	0	0,94
TUM	0	1,43
CL	0	1,46
TUL	0,04	2,15
TM	0	2,51