

TABLE DES MATIERES	Pages
Dédicace	iii
Liste des annexes.....	xiv
Résumé.....	xix
Abstract	xxi
Introduction générale.....	1
Partie I. Synthèse bibliographique	8
Chapitre I. Aperçu général du Burkina Faso	9
I. Climat.....	9
I.1. Régions climatiques	10
I.2. Température, insolation et vents	12
II. Végétation.....	13
III. Contexte géologique, contexte géomorphologique et sols	14
IV. Agriculture et élevage	15
Chapitre II. Présentation de la faune du sol	17
I. Sol : système vivant	17
II. Macrofaune du sol	18
II.1. Termites	18
II.2. Vers de terre.....	23
II.3. Autres groupes de macrofaune	26
II.4. Macrofaune du sol et fertilité des sols	27
III. Microfaune du sol : nématodes.....	29
III.1. Généralités sur les nématodes	29
III.2. Nématodes phytoparasites.....	29
III.3. Nématodes phytoparasites et rendements des cultures	31
V. Conclusion	32
Partie II. Matériel et méthodes	34

Chapitre III. Présentation du milieu d'étude.....	35
I. Région du Plateau Central.....	35
I.1. Climat.....	36
I.2. Végétation.....	36
I.3. Populations et systèmes de production	36
II. Station de Saria	37
II.1. Végétation.....	38
II.2. Contexte géomorphologique et sols	38
III. Sites expérimentaux.....	38
III.1. Essai Entretien de Fertilité	39
III.2. Essai Étude Comparative	40
III.3. Essai Étude Physique	41
III.4. Sites d'étude en milieu paysan	41
Chapitre IV. Méthodologie	46
I. Echantillonnage de la microfaune	46
II. Extraction des nématodes	46
III. Echantillonnage de la macrofaune.....	47
IV. Estimation des rendements des cultures.....	47
V. Traitement et analyse des données	48
Partie III. Résultats et Discussion.....	49
Chapitre V. Résultats.....	50
I. Étude des effets des rotations culturales sur la faune du sol et les rendements des cultures	50
I.1. Effet de la rotation culturale sur la microfaune.....	50
I.1.1. Nématodes du sol	50
I.1.2. Nématodes des racines	54
I.1.3. Conclusion partielle	55
I.2. Effet de la rotation culturale sur la macrofaune	56

I.2.1. Termites	56
I.2.2. Vers de terre	59
I.2.3. Autres groupes de macrofaune.....	62
I.2.4. Conclusion partielle	63
I.3. Effet des rotations culturales sur les rendements du sorgho	64
I.3.1. Rendements agricoles	64
I.3.2. Conclusion partielle	65
II. Étude des effets de différentes sources de matières organiques exogènes sur la faune du sol et les rendements des cultures	65
II.1. Effet de différentes sources de matières organiques sur la microfaune.....	66
II.1.1. Nématodes du sol.....	66
II.1.2. Les nématodes des racines.....	69
II.1.3. Conclusion partielle.....	70
II.2. Effet de différentes sources de matières organiques sur la macrofaune	71
II.2.1. Termites	71
II.2.2. Vers de terre.....	75
II.2.3. Les autres groupes de macrofaune.....	78
II.2.4. Conclusion partielle	80
II.3. Effet de différentes sources de matières organiques sur les rendements	80
II.3.1. Rendements agricoles	80
II.3.2. Conclusion partielle.....	81
III. Étude des effets de différents types de travail du sol sur la faune du sol et les rendements des cultures	82
III.1. Effet de différents types de travail du sol sur la microfaune	82
III.1.1. Nématodes du sol	82
III.1.2. Nématodes des racines	84
III.1.3. Conclusion partielle.....	85
III.2. Effet de différents types de travail du sol sur la macrofaune	85

III.2. 1. Termites.....	85
III.2. 2. Vers de terre	89
III.2.3. Autres groupes de macrofaune	92
III.2.4. Conclusion partielle.....	93
III.3. Effet de différents types de travail du sol sur les rendements des cultures	94
III.3.1. Rendements du sorgho	94
III.3.2. Conclusion partielle.....	95
IV. Étude des effets des pratiques paysannes de fertilisation sur la microfaune.....	95
IV.1. Effet des pratiques paysannes de fertilisation sur la microfaune sous culture de sorgho.....	95
IV.1.1. Nématodes du sol	95
IV.1.2. Nématodes des racines	96
IV.1.3. Conclusion partielle	97
IV.2. Effet des pratiques paysannes de fertilisation sur la microfaune sous culture de niébé.....	98
IV.2.1. Nématodes du sol	98
IV.2.2. Nématodes des racines	101
IV.2.3. Conclusion partielle	103
Chapitre VI. Discussion.....	104
I. Étude des effets des rotations culturales sur la faune du sol et les rendements des cultures	104
I.1. Effet de la rotation culturale sur la microfaune.....	104
I.1.1. Nématodes du sol	104
I.1.2. Nématodes des racines	106
I.2. Effet de la rotation culturale sur la macrofaune	107
I.3. Faune du sol et rendements des cultures sous rotations culturales	109
II. Étude des effets de différentes sources de matières organiques exogènes sur la faune du sol et les rendements des cultures	110
II.1. Effet de différentes sources de matières organiques sur la microfaune.....	110

II.1.1. Nématodes du sol.....	110
II.1.2. Nématodes des racines.....	111
II.2. Effet de différentes sources de matières organiques sur la macrofaune	112
II.3. La faune du sol et les rendements des cultures sous apport de diverses sources de matières organiques exogènes.....	113
III. Étude des effets de différents types de travail du sol sur la faune du sol et les rendements des cultures	114
III.1. Effet de différents types de travail du sol sur la microfaune	114
III.1.1. Nématodes du sol	114
III.1.2. Nématodes des racines	115
III.2. Effet de différents types de travail sur la macrofaune	115
III.3. La faune du sol et les rendements des cultures sous différents types de travail du sol.....	117
IV. Étude des effets des pratiques paysannes de fertilisation sur la microfaune.....	118
IV.1. Effet des pratiques paysannes de fertilisation sur la microfaune sous culture de sorgho.....	118
IV.1.1. Nématodes du sol	118
IV.1.1. Nématodes des racines	119
IV.2. Effet des pratiques paysannes de fertilisation sur la microfaune sous culture de niébé.....	119
IV.1.1. Nématodes du sol	119
IV.1.2. Nématodes des racines	120
Conclusion générale et perspectives	122
Conclusion générale	122
Perspectives	125
Références bibliographiques.....	126
Annexes	138
Liste des articles scientifiques issus de la thèse	146

Sigles et abréviations

ANOVA	: Analyse de variance
AGRHYMET	: Centre Régional de Formation et d'Application en Agrométéorologie et Hydrologie Opérationnelle
CIRAD	: Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CNUCC	: Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique
CNRST	: Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique
DPF	: Département des Productions Forestières
DMN	: Direction de la Météorologie Nationale
DGM	: Direction Générale de Météorologie
DGPSE	: Direction Générale des Programmes du Secteur de l'Elevage
DRREA	: Direction Régionale de Recherches Environnementales et Agricoles
EEC	: Essai Étude Comparative
EEF	: Essai Entretien de Fertilité
EEP	: Essai Étude Physique
FAO	: Organisation Mondiale de l'Agriculture et de l'Alimentation
FIT	: Front Intertropical
GRN/SP	: Gestion des Ressources Naturelles et des Systèmes de Productions
IGB	: Institut Géographique du Burkina
INERA	: Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
INSD	: Institut National de la Statistique et de la Démographie
NPK	: Azote -Phosphate –Potassium
MECV	: Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie
MEF	: Ministère de l'Économie et des Finances
MOS	: Matière Organique du Sol
MRA	: Ministère des Ressources Animales
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitat
SS	: Monoculture de Sorgho
SC	: Rotation Sorgho-Coton
SN	: Rotation Sorgho-Niébé
SP/CONAGESE	: Secrétariat Permanent du Conseil National pour la Gestion de l'Environnement

SVT : Science de la Vie et de la Terre
TSBF : Tropical Soil Biology and Fertility (Biologie et Fertilité des sols Tropicaux)
UPB : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso

Rapport-Gratuit.com

Liste des annexes**Pages**

Annexe 1: Pluviométrie mensuelle à Saria de 1990 à 2010	139
Annexe 2: Localisation des essais « longue durée » dans la Station de Saria.....	140
Annexe 3: Vue globale du dispositif « Essais longue durée de Saria »	141
Annexe 4: Fiche technique de la variété de sorgho Sariaso 14 utilisée dans les essais longue durée de Saria.	142
Annexe 5: Schéma du dispositif de Saria I : Essai Entretien de Fertilité.....	143
Annexe 6: Schéma du dispositif de Saria II : Essai Etude Comparative.....	144
Annexe 7: Schéma du dispositif de Saria III : Essai Etude Physique	145

Liste des figures	Pages
Figure I.1: Position du front intertropical en Afrique de l'Ouest (Delvaux et Nys, 2002)	9
Figure I.2: Carte des zones climatiques du Burkina Faso (DMN, 2010)	10
Figure I.3: Migration des isohyètes 600 mm et 900 mm cours des 80 dernières années au Burkina Faso (DGM, 2011).	11
Figure II.1: Polymorphisme chez les termites (Chinery, 1981)	19
Figure II.2: Représentation schématique d'ouvrier (A) et de soldat (B) de termite (<i>Coptotermes formosanus</i>). (Zaremski <i>et al.</i> , 2009)	20
Figure II.3: Représentation schématique d'un ver de terre	23
Figure II.4: Organisation schématique d'un nématode phytophage (Bachelier, 1978).	30
Figure III.1: Limites géographiques du Plateau Central.	35
Figure III.2: Sites d'étude en milieu paysan (villages de Villy, Saria et Godin).	43
Figure V.1: Infestation en nématodes dans la jachère de bordure de Saria I	53
Figure V.2: Nombre de termites par unité de surface à Saria I en fonction du type de rotation	58
Figure V.3: Biomasse des termites par unité de surface à Saria I en fonction du type de rotation	58
Figure V.4: Variation de l'indice de diversité des termites des différentes rotations à Saria I par rapport à la diversité moyenne (IS moyen = 0,6289)	59
Figure V.5: Nombre des vers de terre par unité de surface à Saria I en fonction du type de rotation	61
Figure V.6: Biomasse des vers de terre par unité de surface à Saria I en fonction du type de rotation	61
Figure V.7: Variation de l'indice de diversité des vers de terre des différentes rotations à Saria I par rapport à la diversité moyenne (IS moyen = 0,3230)	62
Figure V.8: Infestation en nématodes du sol dans la jachère à Saria II	69
Figure V.9: Nombre des termites par unité de surface à Saria II en fonction du type de traitement.....	73
Figure V.10: Biomasse des termites par unité de surface à Saria II en fonction du type de traitement.....	73
Figure V.11: Position de l'indice de diversité des termites des différents traitements de Saria II par rapport à la diversité moyenne (IS moyen = 1,0044)	74

Figure V.12: Nombre de vers de terre par unité de surface à Saria II en fonction du type de traitement.....	76
Figure V.13: Biomasse des vers de terre par unité de surface à Saria II en fonction du type de traitement.....	77
Figure V.14: Position de l'indice de diversité des vers de terre des différents traitements à Saria II par rapport à la diversité moyenne (IS moyen = 0,2866).....	78
Figure V.15: Infestation en nématodes dans la jachère de bordure à Saria III.....	84
Figure V.16: Nombre des termites par unité de surface à Saria III en fonction du type de traitement.....	87
Figure V.17: Biomasse des termites par unité de surface à Saria III en fonction du type de traitement.....	88
Figure V.18: Position de l'indice de diversité des termites des différents traitements à Saria III par rapport à la diversité moyenne (IS moyen = 0,7183).....	88
Figure V.19: Nombre des vers de terre par unité de surface à Saria III en fonction du type de traitement.....	90
Figure V.20: Biomasse des vers de terre par unité de surface à Saria III en fonction du type de traitements	91
Figure V.21: Position de l'indice de diversité des vers de terre des différents traitements à Saria III par rapport à la diversité moyenne (IS moyen = 0,5074).....	92

Liste des tableaux

Pages

Tableau III.1: Pratiques de fertilisation chez 32 producteurs de Niébé de Saria, Villy et Godin	44
Tableau III.2: Liste des producteurs appliquant le traitement T3 (fumure minérale faible (37-23-14-6S-1B) avec fumier ($5 \text{ t ha}^{-1} \text{ 2 ans}^{-1}$) avec exportation de la paille de sorgho.....	45
Tableau V.1: Infestation en nématodes (N/dm^3 de sol) du sol sous les différentes rotations en fonction des traitements sur le site Saria I.....	51
Tableau V.2: Importance relative de l'infestation (%) en nématodes des différentes rotations en fonction du traitement appliqué à Saria I	52
Tableau V.3: Nombre total de nématodes et proportion (%) selon la rotation culturale à Saria I	53
Tableau V.4: Infestation des racines du sorgho (N / g de racines) par <i>P. brachyurus</i> dans les différentes rotations en fonction des traitements sur le site Saria I.....	55
Tableau V.5: Espèces, nombre, biomasse, Indice de Shannon (IS) et Indice d'Équitabilité (IE) des termites à Saria I en fonction du type de rotation	57
Tableau V.6: Espèces, nombre, biomasse, Indice de Shannon (IS) et Indice d'Équitabilité (IE) des vers de terre des différentes rotations à Saria I en fonction des types de rotations	60
Tableau V.7: Autres types de macrofaune des différentes rotations de l'Essai Entretien de Fertilité (EEF)	63
Tableau V.8: Rendements moyens en grains et pailles (kg / ha) du sorgho par traitement et par rotation en 2008 de l'EEF	64
Tableau V.9: Infestation en nématodes (N/dm^3 de sol) à Saria II par type de traitement et par espèce	66
Tableau V.10: Nombre total de nématodes du sol et proportion (%) des différents traitements appliqués à Saria II.....	68
Tableau V.11: Infestation des racines du sorgho par <i>P. brachyurus</i> sous différents traitements à Saria II	70
Tableau V.12: Espèces, nombre, biomasse, Indice de Shannon (IS) et Indice d'Équitabilité (IE) des termites par type de traitement à Saria II.....	72
Tableau V.13: Espèces, nombre, biomasse, Indice de Shannon (IS) et Indice d'Équitabilité (IE) des vers de terre à Saria II en fonction des différents traitements	75
Tableau V.14: Autres types de macrofaune de Saria II en fonction du type de traitement.....	79

Tableau V.15: Rendements moyens en grains et pailles (kg / ha) du sorgho par traitement en 2008 de l'EEC	81
Tableau V.16: Infestation en nématodes du sol (N/dm^3 de sol) des différents traitements appliqués à Saria III en fonction des traitements	83
Tableau V.17: Nombre total de nématodes et proportion (%) des différents traitements appliqués à Saria III.....	83
Tableau V.18: Infestation des racines du sorgho par <i>P. brachyurus</i> à Saria III en fonction du type de traitement	85
Tableau V.19: Espèces, nombre, biomasse, Indice de Shannon (IS) et Indice d'Équitabilité (IE) des termites des différents traitements à Saria III.....	86
Tableau V.20: Espèces, nombre, biomasse, Indice de Shannon (IS) et Indice d'Équitabilité (IE) des vers de terre des différents traitements à Saria III.....	89
Tableau V.21: Autres types de macrofaune à Saria III en fonction du type de traitement	93
Tableau V.22: Rendements moyens en grains et pailles (kg / ha) du sorgho par traitement en 2008 de l'EEP.....	94
Tableau V.23: Infestation en nématodes du sol (N/dm^3 de sol) sous culture de sorgho chez 10 producteurs de Saria, Villy et Godin	96
Tableau V.24: Nombre de nématodes (N/g de racines) dans les racines du sorgho chez 10 producteurs de Saria, Villy et Godin	97
Tableau V.25: Infestation en nématodes du sol sous culture de niébé chez 32 producteurs de Saria, Villy et Godin (N/dm^3 de sol)	99
Tableau V.26: Infestation en nématodes (N/g de racines) des racines du niébé chez 32 producteurs de Saria, Villy et Godin	102

Résumé

Au Burkina Faso, les aléas climatiques, l'inadaptation des pratiques culturales et la pauvreté des sols constituent les contraintes biophysiques majeures à la production agricole. Ceci justifie la prise en compte de tous les facteurs limitant et/ou favorisant potentiels de la production agricole, car aucune intervention ne peut conduire à une réponse spectaculaire. Parmi ces facteurs, les invertébrés du sol sont reconnus comme des acteurs irremplaçables de la fertilité des sols. Les nématodes phytoparasites sont souvent les moins connus de tous les ravageurs des cultures et ont été en grande partie exclus de l'attention de la recherche. Notre étude dont les objectifs de recherche sont de: (i) déterminer la composition de la microfaune (nématodes) et de la macrofaune (termites, vers de terre et groupes secondaires) du sol sous différentes pratiques culturales, (ii) étudier les interrelations entre ces pratiques, la composition de la faune du sol et les rendements des cultures, est une contribution à la prise en compte du rôle de la faune du sol dans la gestion des terres agricoles.

Cette étude a été réalisée en 2006, 2008 et 2010 sur trois essais « longue durée » situés de la station régionale de recherches environnementales et agricoles de Saria et dans des champs paysans autour de cette station. Ces essais sont représentatifs de la production du sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sous différentes pratiques agricoles (rotation, apport de matière organique exogène et labour). L'échantillonnage de la macrofaune a été effectué par la méthode standard TSBF. Pour les termites, une fouille complémentaire est réalisée dans un transect autour du monolithe. Les nématodes ont été échantillonnés par la méthode des cultures en lignes. L'extraction des nématodes du sol a été faite par la méthode de l'élutriateur de Seinhorst, et les nématodes des racines ont été extraits par la méthode de l'appareil « asperseur » de Seinhorst.

Les résultats obtenus montrent que les rotations culturales associées aux fumures minérales permettent de baisser la pression des nématodes sur les cultures et d'augmenter les rendements. La monoculture de sorgho est la plus infestée en nématodes par rapport aux rotations sorgho-coton et sorgho-niébé. Les traitements associant la fumure minérale et le fumier sont moins infestés par rapport à ceux associant uniquement un de ces substrats. La macrofaune du sol est également plus diversifiée sous les rotations par rapport à la monoculture. Les rendements du sorgho sont plus élevés sous rotation par rapport à la monoculture. La nématofaune sous apport de matières organiques exogènes est riche de 7 espèces, dominée à 95% par *Pratylenchus brachyurus* et *Tylenchorhynchus martini*. Elle est plus importante sous les traitements avec apport de fumier et de compost par rapport à ceux avec incorporation de la paille. L'apport

d'azote a augmenté les taux d'infestation en nématodes du sol, à l'exception du traitement avec incorporation de compost anaérobie mais a offert une meilleure protection des racines pour tous les traitements. Les infestations des racines sont causées par *P. brachyurus* à des taux de 13 à 46 N g^{-1} , et sont moins importantes sous les traitements avec fumier et compost par rapport à la paille. L'apport de la paille a attiré plus de termites et le fumier a été favorable aux vers de terre. Les meilleurs rendements ont été obtenus dans les traitements avec fumier et compost aérobie et l'apport d'azote a augmenté les rendements pour tous les traitements. Le labour à la traction bovine a affecté plus les nématodes du sorgho par rapport au grattage manuel, particulièrement avec l'apport d'azote, où nous avons des taux respectifs de 240 et 727 N dm^{-3} de sol. Ce type de labour a affecté les vers de terre par rapport au grattage manuel mais a favorisé l'installation des termites et des autres groupes d'individus de la macrofaune. Les rendements agricoles des traitements par labour avec les bœufs sont plus élevés que ceux du grattage manuel. La nématofaune des exploitations paysannes sous culture de sorgho est constituée de 8 espèces dont cinq ont des densités de 381 à 4420 N dm^{-3} de sol. *Helicotylenchus multicinctus* et *Pratylenchus brachyurus* sont les deux plus importantes espèces de cette nématofaune. *P. brachyurus* et *S. cavenessi* sont les nématodes des racines, avec des taux de 0 à 27 N g^{-1} de racines. En culture de niébé, 7 espèces de nématodes dominées à plus de 90% par *H. multicinctus* et *Scutellonema cavenessi* ont été recensées. Les racines du niébé sont infestées dans 11 des 32 exploitations par *P. brachyurus*, *H. multicinctus* et *S. cavenessi* à des taux de 0 à 8 N g^{-1} de racines.

La préservation des ressources biologiques du sol, comme les invertébrés et le contrôle de l'infestation des cultures par les nématodes sont possibles par l'adoption de pratiques agricoles prenant en compte le rôle de ces acteurs du sol. Cette étude débouche sur des actions possibles mais conclut sur la nécessité de mieux caractériser le rôle fonctionnel des différentes espèces de faune du sol en tenant compte de l'influence des facteurs climatiques, édaphiques, chimiques ou biotiques.

Mots clés : Nématodes, termites, vers de terre, pratiques agricoles, rotation, matière organique exogène, travail du sol, sorgho, niébé, Saria, Burkina Faso, macrofaune, essais longue durée.

Abstract

In Burkina Faso, climate hazards, inadaptation of cultural practices and poor soils are major constraints to agricultural production. This justifies the consideration of all factors limiting and / or promoting potential of agricultural production possibilities, because no intervention can lead to a dramatic response. Among these factors, soil invertebrates are known as to be soil fertility irreplaceable actors. Plant-parasitic nematodes are often the least known of all pests and have been largely excluded from the research attention. Our study, the research goal of which is to determine the composition of the microfauna (nematodes) and macrofauna (termites, earthworms and secondary groups) of the soil under different farming practices and to study the interrelationships among these practices, the faunal composition of soil and crop yields is a contribution to the consideration of the role of soil fauna in agricultural land management.

This study was conducted in 2006, 2008 and 2010 on three "long term" trials located on the research Station of Saria in the Centre Regional Direction of environmental Agricultural Research and on farmers' fields around the station. These tests are representative of the production of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) under different agricultural practices (rotation, addition of exogenous organic matter and tillage). Sampling of the macrofauna was performed by standard TSBF. For termites, a complementary search was lead in a transect around the monolith. Nematodes were sampled by the method of row crops. The extraction of soil nematodes was made using the Seinhorst "elutriator" method and root nematodes were extracted by the Seinhorst "Sprinkler" unit method.

Our results show that crop rotations associated with mineral fertilizers can lower the pressure of nematodes on crops and increase yields. Monoculture of sorghum is the most infested by nematodes compared to the rotations, sorghum-cowpea and sorghum-cotton. Treatments involving mineral fertilizer and manure are less infested compared to those involving only one of these substrates. Soil macrofauna is also more diversified under rotations versus monoculture. Sorghum yields are higher under rotation compared to monoculture. The nematofauna under exogenous organic matter addition is rich in 7 species, 95% dominated by *Pratylenchus brachyurus* and *Tylenchorhynchus martini*. It is more important in the treatments with manure and compost compared to those with incorporation of the straw. Nitrogen application increased the rate of infestation by soil nematodes, except treatment including with anaerobic compost but offered better protection of the roots for all treatments. Infestations roots are caused by *P. brachyurus* at rates 13 to 46 N g⁻¹ and are less important in the treatments with manure and

compost from straw. The addition of straw attracted over termites and manure was favorable to earthworms. The best agricultural outputs were obtained in the treatments with manure and compost, aerobic nitrogen application increased outputs for all treatments. Oxen plowing affected more nematodes of sorghum compared to hand plowing, especially with the amount of nitrogen we have respective rates of 240 and 727 N dm⁻³ floor. This type of tillage affected earthworms compared to hand plowing but has encouraged the installation of termites and other groups of macrofauna. Agricultural outputs of treatment with oxen plowing are higher than those of hand plowing. The nematofauna in peasant's sorgho farms consists of eight species of which five have densities of 381 to 4420 N dm⁻³. *Helicotylenchus multicinctus* and *P. brachyurus* are the two most important species of this nematofauna. *Pratylenchus brachyurus* and *Scutellonema cavenessi* are root nematodes with rates from 0 to 27 N g⁻¹ of roots. In cowpea farms, 7 species of nematodes dominated over 90% by *Helicotylenchus multicinctus* and *Scutellonema cavenessi* were identified. Cowpea roots are infested in 11 of 32 producers by *P. brachyurus*, *H. multicinctus* and *Scutellonema cavenessi* at rates of 0-8 N g⁻¹ root.

Soil biological resources protection such as invertebrates and control of crops infestation by nematodes are possible by the adoption of agricultural practices taking into account the role of these actors in soil fertility. This study leads to possible actions but concludes on the need to better characterize the functional role of different types of soil fauna considering the influence of climate, soil, chemical or biotic factors.

Keywords: nematodes, termites, earthworms, agricultural practices, rotation, exogenous organic matter, tillage, sorghum, cowpeas, Burkina Faso, macrofauna, long term trials.

Introduction générale

Les ravageurs et les maladies ont été reconnus depuis longtemps comme des contraintes importantes à la production agricole dans le monde entier et ont été l'objet de recherches approfondies. En effet que sous l'action combinée des maladies et des attaques des ravageurs, plus de 50% de la production agricole mondiale sont perdus, et, cela, même dans les régions où les techniques agronomiques les plus récentes sont employées (Weber *et al.*, 1994). Ces pertes de récoltes surviennent aussi sur des terres agricoles dont 76% au niveau mondial souffrent d'une dégradation qui peut aller de légère à très sévère (Bot *et al.*, 2000).

Parmi les facteurs biotiques impliqués dans les pertes de rendements, les nématodes phytoparasites pourraient constituer l'un des principaux organismes. Et pourtant de tous les dangers potentiels qui menacent les cultures, les nématodes sont souvent les moins connus et ont été en grande partie exclus de l'attention de la recherche (Reversat, 1988 ; Cadet, 1998). Les données sur l'importance des nématodes, la composition et la densité des populations, leur caractère pathogène, en particulier la survenue des dommages causés par certaines espèces ou groupes d'espèces sont peu nombreuses (Talwana *et al.*, 2008). Dans la zone sahélienne, cette faible connaissance est aussi consécutive au fait que, relativement peu d'études nématologiques y ont été conduites en comparaison de son immensité et de la diversité des sols ou des systèmes cultureux que l'on y rencontre. Toutefois, plusieurs travaux ont démontré l'effet dévastateur des nématodes phytoparasites sur les cultures vivrières dans le monde et en Afrique semi-aride. Les nématodes ont été signalés comme de graves entraves aux productions céréalières et maraîchères dans différentes régions du monde (Luc, 1960 ; Mallamaire, 1965 ; Bachelier, 1978 ; Reversat, 1988 ; Bois *et al.*, 2000 ; Bélair, 2005 ; Talwana *et al.*, 2008). Ils sont présents sous toutes les latitudes et représentent un grave problème phytosanitaire, surtout dans le monde tropical où règne en permanence un climat favorable à leur multiplication. Ces déprédateurs affectent les rendements des cultures tropicales des pays du Tiers-monde, d'où leur importance économique (Prot, 1985 ; NDiaye, 1994a). En Afrique subsaharienne, la presque totalité des cultures vivrières et de rente enregistrent des baisses de rendements du fait des nématodes qui les parasitent (Cadet, 1998 ; Bois *et al.*, 2000). Ces baisses de rendement dues aux nématodes peuvent atteindre 25 à 40% en l'absence de traitement nématicide (Prot, 1985).

Comme à l'échelle mondiale et dans beaucoup de pays de la zone sahélienne, l'appauvrissement des terres agricoles est une préoccupation au Burkina Faso. On y estime qu'en 2002, les terres

étaient à des niveaux de dégradation, respectivement, très dégradé (11%), élevé (2% des terres), moyen (34% des terres) et faible (49% des terres) (Sawadogo-Kaboré *et al.*, 2006). Cette dégradation des terres se traduit notamment par un abandon du système traditionnel de culture en particulier un raccourcissement de la durée de la jachère ou sa disparition en particulier dans le Centre du pays. La conséquence est la baisse des niveaux de fertilité des terres et celle de la production (Hien *et al.*, 1991). Les aléas climatiques, l'inadéquation des pratiques culturales, et, surtout, la pauvreté des sols, ainsi que la faible fertilisation sont soulignés comme les contraintes majeures à la production agricole du pays (Sedogo, 1981 ; Bado, 2002 ; Hien, 2004). Parmi les actions qui concourent à la protection du sol, un grand nombre d'auteurs attribuent un rôle prépondérant aux invertébrés du sol, qui sont des indicateurs très sensibles de la qualité des sols et de leur fertilité (Bachelier, 1978 ; Lavelle *et al.*, 1994 ; Black et Okwakol, 1997 ; Lavelle *et al.*, 2006 ; Rombké *et al.*, 2006). Pour ces auteurs, la qualité biologique des sols fait référence à l'abondance, à la diversité et à l'activité des organismes vivants qui participent au fonctionnement du sol. Ainsi, la non – durabilité générale actuelle des systèmes agricoles mondiaux provient, au moins en partie, de la disparition des invertébrés du sol (Lavelle, 1997). Parmi ces invertébrés, la macrofaune du sol constitue une ressource qui remplit au sein des écosystèmes, des fonctions essentielles pour le maintien de la qualité des sols. Les " organismes ingénieurs ", fourmis, termites et vers de terre vivent principalement dans le sol et créent de nombreuses structures (pores, galeries et agrégats) qui entretiennent les propriétés hydrauliques des sols (infiltration et rétention de l'eau, notamment). Ils influencent également l'activité des organismes plus petits, particulièrement les microorganismes. Ces invertébrés régulent ainsi la dynamique de la matière organique, stimulant, à diverses échelles de temps et d'espace la minéralisation ou l'humification. Ils jouent un rôle de conditionneurs du sol par leurs actions de bioturbation et leurs effets sur les paramètres physiques du sol (Bachelier, 1978 ; Lavelle *et al.*, 1994). Dans les écosystèmes tropicaux et sub – tropicaux, la macrofaune est essentiellement représentée par les termites, les fourmis et les vers de terre, avec des abondances respectives de 37%, 23% et 9% (Fragoso et Lavelle, 1995). Ils constituent une ressource essentielle qui remplit au sein de ces écosystèmes des fonctions essentielles pour le maintien de la qualité des sols au côté des autres organismes vivants. Dans ces écosystèmes, l'élimination de la faune du sol par des pratiques agricoles inappropriées devra être évitée, à cause de leurs contributions bénéfiques à la disponibilité des éléments nutritifs des plantes. C'est ainsi qu'il a été montré, en culture du sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench, 1794) au Burkina Faso, que la présence de la macrofaune du sol représentée par les termites et les vers de terre entraîne une économie d'eau et une utilisation efficiente des ressources organiques (Ouédraogo, 2004).

Contexte et justification

Le sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) est la cinquième céréale la plus cultivée dans le monde, après le maïs, le blé, le riz et l'orge. Sa production représentait 61,7 millions de tonnes en 2007/2008, dont 25,6 millions de tonnes pour l'Afrique où il occupe 4% des terres arables (FAO, 2010). Au Burkina Faso, le sorgho est la céréale la plus répandue, sa culture y est pratiquée partout en saison des pluies, là où les précipitations sont supérieures à 400-500 mm. La superficie consacrée à la culture du sorgho est passée de 1 225 223 ha en 2000 à 1 983 120,30 ha en 2010. Les quantités de céréales produites passent, au cours des mêmes années de 847 297 tonnes à 1 990 227 tonnes (FAO, 2010). Cette production présente une évolution en dent de scie avec une tendance à la hausse. Malgré cette hausse de production, le Burkina Faso, à l'instar de la plupart des pays du Sahel, est confronté, depuis de nombreuses années, à une grave crise alimentaire liée aux effets des phases de sécheresse, mais aussi à la dégradation de la qualité des terres cultivables (Sedogo, 1993). La culture du sorgho, comme toutes les autres cultures vivrières du Burkina Faso, est fortement tributaire des conditions climatiques dont les fluctuations affectent considérablement la production d'ensemble (Sedogo, 1993; Bonzi, 2002 ; Bado, 2002 ; Hien, 2004). En particulier, une fertilisation inadéquate ne permet pas à ces plantes de lutter efficacement contre les maladies et ravageurs, qui constituent de principales contraintes à la production agricole. Un certain nombre de nématodes associés à la culture du sorgho ont été inventoriés, mais peu d'informations sont disponibles sur eux. Toutefois l'augmentation des rendements (jusqu'à 70%) après le traitement nématicide du sol où des densités élevées de population de nématodes inféodés à cette culture ont été enregistrées, fournit néanmoins des preuves qu'ils sont responsables de dommages économiques considérables (Prot, 1985 ; McDonald et Nicol, 2005).

Le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) est une plante bien adaptée aux conditions climatiques de la zone sahélienne. En effet, cette plante à cycle court permet d'assurer une certaine production vivrière, en dépit du déficit pluviométrique que connaît cette zone. Elle constitue une importante denrée de base en Afrique subsaharienne, particulièrement dans les savanes arides de l'Afrique de l'Ouest. Ses graines représentent une précieuse source de protéines végétales, de vitamines et de revenus pour l'homme, ainsi que du fourrage pour les animaux. Les feuilles juvéniles et les gousses immatures sont consommées sous forme de légume (Dugje *et al.*, 2009). Au Burkina Faso, le niébé occupe une place importante dans l'alimentation de la population tant en milieu urbain que rural. A partir du début des années 90, la demande en niébé augmente

progressivement, sous l'effet du changement des habitudes alimentaires et de l'urbanisation mais aussi à cause d'une demande sous régionale en progrès. Les avantages liés à sa production et la forte demande tant interne qu'à l'exportation placent le niébé dans les filières stratégiques pour la sécurité alimentaire au Burkina Faso (Kaboré *et al.*, 2010). L'extension de la culture du niébé a été préconisée dans tout le pays. En effet, cette plante à cycle court (60 jours) permet d'assurer une certaine production vivrière en dépit du déficit pluviométrique que connaît le pays, déficit caractérisé par un raccourcissement de la durée des pluies. De 2000 à 2010, la superficie consacrée à la culture du niébé est passée de 27 098 ha à 121 404,98 ha. La production à la même période est passée de 127 682 tonnes à 626 119 tonnes (FAO, 2010).

Une production agricole durable en général, et pour ces deux cultures en particulier, interpelle la recherche scientifique, l'invitant à développer des outils de gestion des terres agricoles qui permettent de prévoir les implications écologiques des pratiques agricoles et leurs conséquences sur le maintien de la stabilité structurale du sol. L'enjeu étant de pouvoir produire plus, et de façon durable en proposant des systèmes de cultures originaux adaptés aux spécificités climatiques et pédologiques des zones soudano- sahéliennes (Sedogo, 1993). Le maintien de la qualité du sol est un élément essentiel de toute pratique de production agricole durable. Le sol est une ressource essentielle pour les sociétés humaines, les écosystèmes, et la durabilité de la vie sur terre dépend de sa qualité. Étant soumis à des pressions de plus en plus importantes et n'étant pas une ressource renouvelable, il est nécessaire d'assurer sa protection pour le développement durable des sociétés (Ruiz Camacho, 2004).

Les essais longue durée de Saria ont fait l'objet de nombreux travaux qui ont permis l'acquisition des connaissances sur l'impact des pratiques culturales sur les propriétés du sol et les rendements des cultures (Sedogo, 1981 ; Guira, 1988 ; Sedogo, 1993 ; Ouattara, 1994; Bonzi, 2002 ; Hien, 2004; Lompo, 2009). Cependant, dans ces travaux, l'impact réel des pratiques culturales sur la faune du sol a été très peu exploré. Dans les agroécosystèmes, une diminution, à la fois qualitative et quantitative, souvent spectaculaire, de la macrofaune du sol a été observée dans le temps (Decaëns *et al.*, 1994). Ce phénomène est expliqué par les auteurs par l'action du travail du sol, la fertilisation et la diminution de la matière organique du sol. L'impact réel des pratiques culturales sur la composition de la macrofaune nécessite une prise en compte du facteur temps à l'échelle pluriannuelle que seuls des essais longue durée, comme ceux de Saria permettent de réaliser. Dans les travaux antérieurs sur ces essais, il est rarement fait mention de suivi de la composition de la faune du sol en fonction du type de travail du sol. Par ailleurs, on ne sait pas si

les pratiques culturales affectent la qualité ou la quantité de la faune du sol. Aucune analyse n'a non plus été faite de la relation qui pourrait exister entre la faune du sol et les rendements des cultures.

La raréfaction des apports d'intrants, et en particulier des engrais par les agriculteurs, justifie aussi la prise en compte de tous les facteurs limitant potentiels de la production agricole, car aucune intervention ne peut désormais conduire à une réponse spectaculaire. Dans ce contexte, le rôle de la faune est revalorisé. Elle est reconnue comme un excellent décrypteur du fonctionnement du sol (Lavelle *et al.*, 1994). Une utilisation pertinente de ces indicateurs impose d'avoir une parfaite connaissance du peuplement global de cette faune du sol et de son évolution sur les terres agricoles (Pontanier et Floret, 2003). Les nématodes phytoparasites agissent sur la fonction assimilatrice du système racinaire, capitale pour la plante, et sont sources de baisse de rendements. Par ailleurs, il n'est plus possible d'éliminer physiquement les nématodes parasites, en particulier dans les cultures vivrières soudano-sahéliennes, pour lesquelles il n'existe pas de variétés résistantes. Dès lors, il apparaît nécessaire de s'orienter vers des méthodes de gestion des nématodes et de leurs conséquences directes ou indirectes avec, comme seuls outils, la manipulation des processus biologiques ou des facteurs édaphiques de l'écosystème.

Objectifs de l'étude

Notre étude est un apport dans la prise en compte de l'impact de la faune du sol sur la fertilité des terres et sur les rendements agricoles. Elle est basée sur l'étude de deux groupes de la faune du sol : la microfaune, représentée par les nématodes phytoparasites et la macrofaune représentée par les termites, les vers de terre et les groupes secondaires. Cette étude est une contribution à l'élaboration de modes de gestion des terres agricoles qui permettront de réduire l'impact des nématodes sur les cultures, de préserver la macrofaune du sol et d'augmenter les rendements.

L'objectif général est de proposer des pratiques culturales qui permettront de réduire l'impact des nématodes sur les cultures, de préserver la macrofaune du sol et d'augmenter les rendements à l'échelle de la parcelle, dans un agroécosystème caractérisé par la monoculture de sorgho, la rotation sorgho-coton et la rotation sorgho-niébé. Les pratiques culturales évoquées ici incluent le travail du sol, la fertilisation minérale, la gestion des résidus culturaux et leur valorisation.

Les objectifs spécifiques visés dans cette thèse sont de déterminer:

- la composition de la microfaune (nématodes) du sol et des racines au niveau de la parcelle ;
- la composition de la macrofaune du sol (termites, vers de terres et groupes secondaires) à l'échelle de la parcelle ;
- l'influence des pratiques culturales sur la microfaune et la macrofaune du sol ;
- les interrelations entre pratiques culturales, composition de la faune et rendements des cultures.

Hypothèses de travail :

Trois hypothèses de travail ont été formulées par la présente thèse :

- les pratiques agricoles telles que les rotations culturales, les fertilisations et le travail du sol permettent de contrôler et de réduire l'infestation des cultures par les nématodes phytoparasites ;
- les pratiques agricoles telles que les rotations culturales, les fertilisations et le travail du sol influencent différemment la dynamique de la macrofaune du sol dans les agrosystèmes ;
- l'infestation des cultures par les nématodes et la présence de la macrofaune du sol ont une influence sur les rendements des cultures.

Le présent mémoire, qui rend compte des résultats obtenus est organisé en trois grandes parties.

La première partie du document est consacrée à la revue bibliographique et comporte 02 chapitres :

- présentant un aperçu général du Burkina Faso, sur 08 pages ;
- et traitant de la faune du sol, de 17 pages.

La deuxième partie du document, intitulée « matériel et méthodes » comporte 02 chapitres, dont :

- l'un de 11 pages est consacré à la présentation du milieu d'étude ;
- et l'autre de 03 pages, traitant de l'approche méthodologique.

La troisième et dernière partie du document, intitulée « résultats et discussion, est organisée en 02 chapitres :

- un premier de 53 pages, qui rapporte les résultats obtenus, respectivement, sur les effets des rotations sur la faune du sol et les rendements des cultures (16 pages), les effets des différences sources de matières organiques sur la faune du sol et les rendements des cultures (15 pages), les effets des différents de travail du sol sur la faune et les rendements des cultures (14 pages), les effets des pratiques paysannes de fertilisation sur la microfaune (8 pages).
- le second de 18 pages, qui discute les résultats présentés.

La thèse s'achève par une conclusion générale, des perspectives, les références bibliographiques, les annexes, et la liste des articles scientifiques publiés, et issus de la thèse.

Partie I. Synthèse bibliographique

Chapitre I. Aperçu général du Burkina Faso

Le Burkina Faso est un pays sahélien enclavé d'une superficie de 274 000 km². Le pays est situé à l'intérieur de la boucle du fleuve Niger entre 9° et 15° de latitude Nord, 2° de longitude Est et 5°30' de longitude Ouest. La population est estimée à 14 017 262 habitants, et croît au taux de 2,8 % selon le recensement général de la population et de l'habitation de 2006 (INSD, 2009a).

I. Climat

Le climat général du Burkina Faso est caractérisé par l'alternance de deux saisons fortement contrastées : la saison sèche et la saison des pluies ou hivernage. La situation géographique et la continentalité agissent sur les éléments du climat et font du Burkina Faso un pays tropical à caractère soudano – sahélien nettement marqué. La longueur de la saison sèche varie de huit mois au Nord et de cinq à six mois au Sud et la saison humide ou hivernage, varie d'avril à octobre au Sud, de juin à septembre au Nord, avec des intersaisons plus ou moins marquées (une période fraîche de novembre à février et une période chaude de mars et avril).

Les saisons sont déterminées par le déplacement du Front Intertropical (FIT) qui atteint le Sud du pays en mai, affecte le Nord en juillet, et à nouveau les régions méridionales en septembre (Figure I.1). Le passage de Front, lié au mouvement apparent du soleil, déclenche des phénomènes orageux qui favorisent les chutes de pluies (Guinko, 1984)

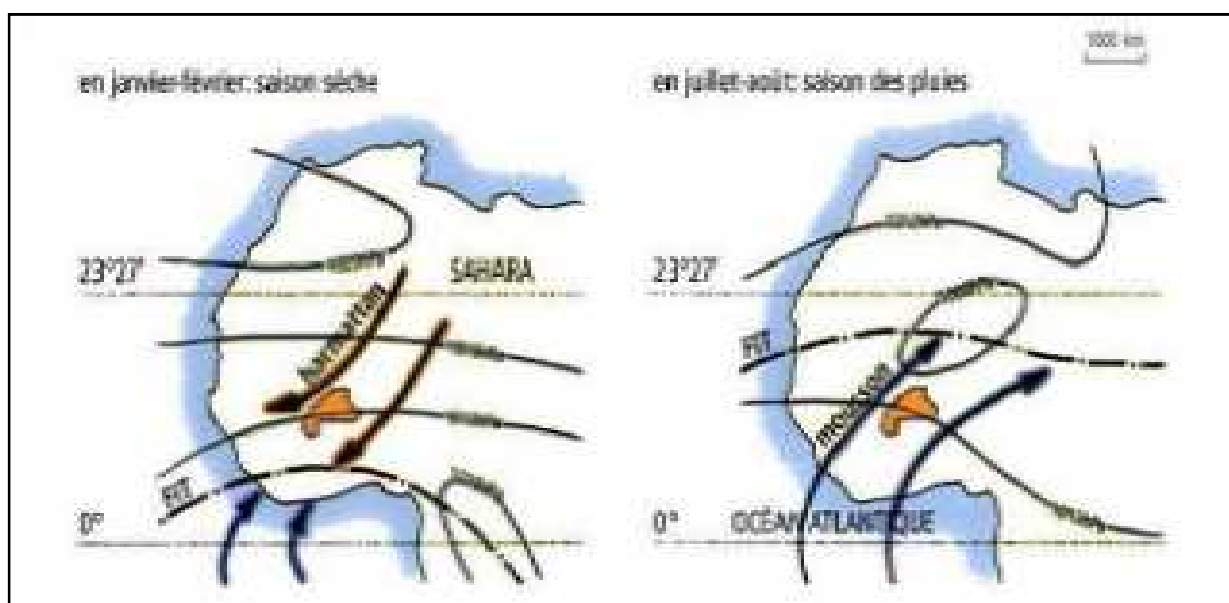


Figure I.1: Position du front intertropical en Afrique de l'Ouest (Delvaux et Nys, 2002)

I.1. Régions climatiques

Dans la panoplie de classifications des zones climatiques, celle relativement simple, qui fait appel à la répartition spatiale de la pluviosité annuelle semble la plus adaptée pour les régions sahéliennes. Ainsi, la position de deux isohyètes de pluviométrie annuelle (600 mm et 900 mm) permet de définir trois zones climatiques (INERA, 1995).

- La zone soudanienne ou zone sud - soudanienne, délimitée au nord par l'isohyète 900 mm, occupe tout le Sud. C'est la partie la plus humide du pays avec une saison des pluies qui dure six mois et des maxima pouvant aller jusqu'à 1200 mm par an. Elle occupe 36% du territoire du pays (Ouédraogo, 2005).
- La zone soudano - sahélienne comprise entre les isohyètes 900 et 600 mm, encore appelée zone nord - soudanienne, s'étale sur tout le centre et constitue la région climatique la plus vaste du Burkina Faso (elle occupe 52,4% de superficie du pays), avec une saison des pluies de quatre à cinq mois.
- La zone sahélienne au Nord qui représente environ 11 % de la superficie du pays est délimitée au Sud par l'isohyète 600 mm (Figure I .2). C'est la région climatique la plus sèche du pays avec des pluviométries pouvant descendre en dessous de 150 mm, et une saison des pluies de durée parfois inférieure à deux mois. C'est la zone d'élevage par excellence du pays.

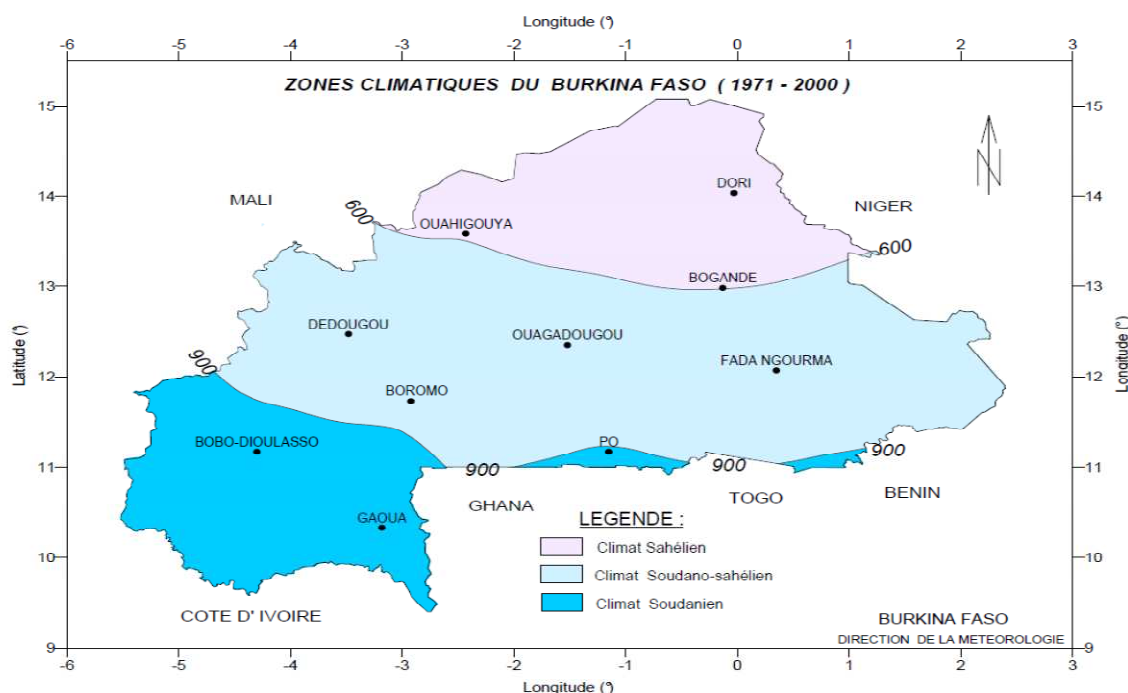


Figure I.2: Carte des zones climatiques du Burkina Faso (DMN, 2010)

La pluviométrie est très variable d'une année à l'autre et, dans la même année, elle varie dans l'espace et dans le temps. Au niveau spatial, les précipitations sont concentrées pendant la saison des pluies, période qui diminue du Sud (environ 6 mois) au Nord (environ 3 mois). Les mois de juillet et août sont généralement les mois les plus pluvieux.

La pluviométrie moyenne annuelle a connu une baisse sensible comme l'atteste la Figure (I.3) ci-après qui montre le déplacement latitudinal des isohyètes moyennes vers le Sud en l'espace de cinq périodes (période de 80 années consécutives) : 1931-1960, 1951-1980, 1961-1990, 1971-2000 et 1981-2010.

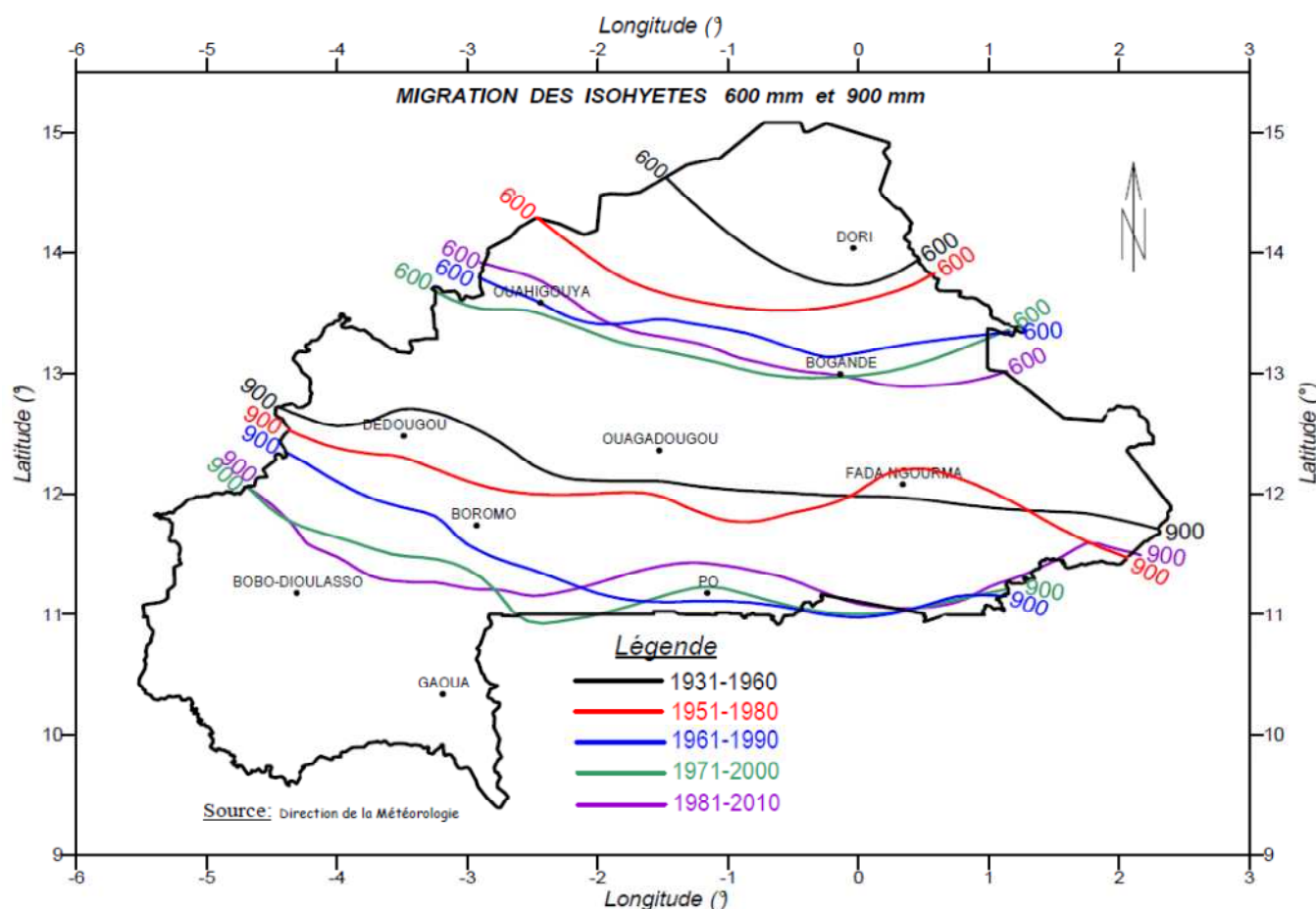


Figure I.3: Migration des isohyètes 600 mm et 900 mm cours des 80 dernières années au Burkina Faso (DGM, 2011).

Ces migrations des isohyètes ont aussi eu pour conséquences des changements notables dans la délimitation des zones climatiques du pays. Leur conséquence est un rétrécissement très important de la zone soudanienne. Le climat soudano - sahélien (pluviométrie annuelle < 900 mm) et le climat sahélien (pluviométrie < 600 mm) sont respectivement descendus d'environ 100

km vers le Sud. Ceci permet de détecter clairement les signes d'une crise climatique (Agrhymet, 2001). Ainsi les analyses comparées de la migration des isohyètes, montrent :

- une importante modification de leur tracé ;
- l'existence de « poches » généralement humides dans des secteurs plus secs ;
- la disparition de l'isohyète 1100 mm dans le Sud du pays et l'apparition de l'isohyète 300 mm dans le Nord traduisant une diminution globale de la quantité de pluie reçue. La tendance à l'aridification entraîne de graves problèmes d'approvisionnement en eau, des bouleversements du calendrier agricole et des changements dans les pratiques culturelles.

A l'intérieur du contexte global d'évolution climatique, les pratiques culturelles accentuent localement les causes de ce déséquilibre, sensible depuis les années 1960. La destruction massive du couvert végétal, la surexploitation des terres, le surpâturage, les feux de brousse répétés et non contrôlés, constituent des facteurs qui fragilisent le milieu et aggravent les conditions naturelles (Hien, 2004).

I.2. Température, insolation et vents

Les températures présentent de grandes variations saisonnières et de fortes amplitudes diurnes. On a noté au cours des dix dernières années, une légère augmentation des températures moyennes dans plusieurs grands centres urbains. Les températures moyennes atteignent leurs fortes valeurs en mars, avril puis en octobre, leurs faibles valeurs (en dessous de 25°C) en novembre, décembre, janvier et en février. Les valeurs les plus élevées ainsi que les plus faibles se rencontrent dans la partie Nord du pays (Dori et Ouahigouya) donnant des amplitudes thermiques diurnes, mensuelles et annuelles élevées. Les températures maximales ont une évolution annuelle similaire à celle des moyennes, mais restent comprises entre 28°C et 42°C. Mais les maxima absolus peuvent parfois atteindre 46°C en avril (Markoye en avril 1980). A l'exception de la pointe Nord du pays, les températures minimales moyennes restent comprises entre 16°C et 27° C. La plus basse température enregistrée à nos jours est de 5°C ; elle a été observée en 1971, à Banankélédaga et en 1975, à Markoye (SP/CONAGESE, 2001).

La durée de l'insolation enregistrée au Burkina Faso varie de 8 heures par jour dans le Sud-Ouest à plus de 9 heures dans le Nord. Elle diminue progressivement du nord au sud-ouest. On enregistre un rayonnement global moyen de plus de 2000 joules/cm²/jour. A l'intérieur de l'année, le mois d'août reste le moins ensoleillé mais ; de par l'importance du rayonnement

solaire, l'énergie disponible dans le sol reste suffisante pour les cultures. L'humidité relative est très faible (10-20 %) en milieu de journée, notamment, en saison sèche. Pendant la saison des pluies, cette humidité est élevée de juin à septembre, où elle est saturante ($> 90 \%$) au lever du jour (Hien, 2004).

Les vents sont tributaires de la position du Front Intertropical Tropical (FIT). En saison des pluies, ce sont les vents humides de secteur Sud-Ouest à Sud qui dominent. Il s'agit donc de vents relativement faibles (2 m s^{-1}) sauf en début et en fin d'hivernage où ils peuvent atteindre des vitesses de 120 km h^{-1} (SP/CONAGESE, 2001).

II. Végétation

Par sa végétation, le Burkina Faso est rattaché à la vaste région soudano-zambézienne. Le découpage phytogéographique reconnaît deux grands domaines : le domaine sahélien et le domaine soudanien (Fontès et Guinko, 1995). La végétation naturelle est fortement influencée par le régime pluviométrique.

Selon les formations végétales, Guinko (1984) distingue 4 zones :

- le Nord, avec les formations steppiques à dominance de *Acacia senegalensis* L. Willd., de *Acacia raddiana* Savi., et de *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. ;
- le Centre-Nord, avec la présence d'une strate arbustive (à dominance de *Combretum micranthum* G. Don., et *Guiera senegalensis* J.F. Gmel.), et de formations herbeuses nettement majoritaires ;
- le Centre, avec la savane arborée à *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn., *Guiera senegalensis*, *Faidherbia albida* J.F. Gmel., et *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. ;
- le Sud, avec une dominance d'espèces ligneuses et, une strate herbacée plus dense.

Le paysage est constitué de savanes boisées et de forêts claires à *Isobertia doka* Craib. et Stapf, *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn., *Tamarindus indica* L., et *Khaya senegalensis* (Desr) A. Juss.

La forte densité de population de certaines régions (le Plateau Central en particulier), le taux de croissance démographique très élevé, les migrations internes et l'urbanisation concourent à une dégradation accélérée des milieux naturels déjà fragiles, et menacent les perspectives d'un développement durable du pays (Grouzis et Albergel, 1989).

III. Contexte géologique, contexte géomorphologique et sols

Du point de vue géologique, le Burkina Faso est constitué par des formations du Protérozoïque inférieur, représentant le socle recouvert, en discordance, par des séries détritiques du Protérozoïque supérieur à Cambro-Ordovicien (Fontès et Guinko, 1995). La plus grande partie de la superficie du Burkina Faso est couverte par des roches cristallines granitiques, par des roches métamorphiques schisteuses et par des roches sédimentaires (Jenny, 1964). Ces trois groupes de roches très différentes, tant par leur aspect que par leurs compositions minéralogique et chimique, appartiennent au Précambrien et au Primaire. Le système Primaire est représenté par le grès siliceux et les grès fins schisteux appartenant au Cambrien. Le système Précambrien comprend les roches cristallines granitiques et les roches métamorphiques schisteuses.

D'après la carte géologique du Burkina Faso à l'échelle de 1/1000 000, dressée par Hottin et Ouédraogo (1976) cité par Pallo (2009), les éléments géomorphologiques du Burkina Faso peuvent être classés en deux grandes catégories : le relief en structure cristalline et le modelé des terrains sédimentaires à côté duquel existent quelques modelés spécifiques. Plus de 80% du pays reposent sur une vaste pénéplaine de 250 à 300 m d'altitude à peine marquée par le réseau hydrographique (Fontès et Guinko, 1995). Les principaux types d'éminences du relief en structure cristalline sont les inselbergs et les pains de sucre, les collines et chaînes de collines structurales ou non, les buttes à sommet cuirassé et les dômes (assez rares). Les traits caractéristiques du modelé des terrains sédimentaires sont les fausses falaises gréseuses, le relief ruiniforme, les cascades de Banfora, les « aiguilles » ou pic de Sindou. Tout ce dispositif est parsemé de failles, de diaclases et chaos de blocs rocheux de multitudes de formes. Les traits dominants des modelés spécifiques sont le modelé éolien (dunes ou cordons dunaires de l'Oudalan), les chaînes birimiennes (qui sont une racine d'une ancienne chaîne de montagne qui a été érodée, aplanie et cuirassée, allant de Seba à Batié), le modelé cuirassé riche en fer et en alumine (rencontré aussi bien sur la majeure partie des collines et buttes non structurales que dans les lits des cours d'eau).

Le Burkina Faso bénéficie d'une hétérogénéité de sols à potentialités agro - sylvopastorales également variées dont la nature dépend essentiellement du type d'altération des principales roches. Toutefois, les sols riches en sesquioxydes de fer et d'aluminium et de texture limono-sableuse constituent plus de 70 % des ressources en terres du pays. Ces sols, généralement peu fertiles, sont également très sensibles à la dégradation physique sous la double action des

facteurs climatiques et anthropiques. Selon la carte des processus pédogénétiques de Somé et *al.*, (1992), on peut distinguer trois sous-classes de sols :

a) La sous-classe des sols ferrugineux tropicaux (Lixisols) plus ou moins lessivés et indurés, et les sols faiblement ferrallitiques plus ou moins indurés qui occupent la majeure partie du territoire burkinabè. Les sols ferrugineux plus ou moins indurés occupent la plus grande partie du territoire burkinabè dont le plateau central où se déroulés nos travaux, et le Sud, tandis que les sols ferrallitiques (Ferralsols) se situent dans le sud-ouest. Ces sols se développent sur des matériaux sableux, sablo-argileux ou argilo sableux riches en argile kaolinitique, et se caractérisent par une individualisation d'oxydes et hydroxydes de fer et de manganèse, qui leur confère la couleur rouge ocre.

b) les vertisols (Gleysols) (dans les vallées), les sols bruns eutrophes (Gleysols calciques), les sols alcalins ou sodiques (en zone sahélienne) ;

c) le groupe des sols non climatiques avec les lithosols sur cuirasses ou roches (Leptosols eutriques ou lithoques), les sols peu évolués d'apport ou d'érosion, les sols hydromorphes des bas-fonds ou des plaines alluviales.

Du fait du caractère ancien des matériaux qui les composent, ces sols sont pauvres en éléments minéraux avec des teneurs faibles en Ca, P et K.

En culture continue, les systèmes traditionnels ne sont pas aptes à limiter la perte de fertilité initiale acquise sous jachère et engendrent des propriétés physiques défavorables : mauvaise structure, compacité, cohésion forte, susceptibilité à l'érosion. La capacité de rétention en eau est moyenne à bonne (Hien 2004).

IV. Agriculture et élevage

Le secteur rural occupe une place prépondérante dans l'économie ; 86% de la population totale vit en milieu rural où elle pratique l'agriculture et l'élevage.

Traditionnellement, l'agriculture est l'activité économique la plus importante du Burkina Faso. Elle occupe plus de 84 % de la population active. Cette activité se pratique dans le cadre de très petites exploitations familiales tournées, en priorité, vers la production de denrées alimentaires de première nécessité. Ainsi, la majeure partie des terres cultivées (environ 80%) est consacrée à

la production de céréales : le sorgho, dans les régions plus arrosées, et, le mil, dans les régions sèches et sur les sols sableux (Bonzi, 2002). Ces deux cultures céréalières fournissent plus de 1,6 millions de tonnes par an et occupent 73% des terres cultivées du Burkina Faso. Le Nord, très sec, est surtout le domaine du petit mil, tandis que le reste du pays, plus humide, est celui du sorgho et du maïs. En pays Mossi, dans le Centre du pays, les deux céréales sont souvent associées, dans le but d'assurer un minimum de récolte, au cas où une vague de sécheresse intempestive viendrait à s'abattre sur le pays.

Parmi les cultures vivrières complémentaires figurent principalement le maïs, le manioc, le fonio, le niébé, les ignames, le riz et l'arachide. La plupart d'entre elles, comme le riz ou l'igname, sont cultivés dans les régions les plus humides du Burkina Faso, comme l'extrême Sud-Ouest. Le coton, l'arachide, le niébé et les fruits et légumes représentent les principales cultures commerciales. Parmi ces cultures, le niébé occupe de plus en plus une place importante comme culture de rente et dans l'alimentation de la population aussi bien en milieu urbain que rural.

L'élevage constitue la deuxième ressource du secteur primaire burkinabé, représentant 27 % de sa valeur ajoutée. Il participe à 12% dans le PIB, et sa part dans l'exportation est comprise entre 25 et 30 %. De par son poids économique, l'élevage fait donc partie de ces filières qui concentrent de réelles opportunités tant sur le plan national qu'à l'exportation.

Il s'agit d'un élevage extensif dont le cheptel était estimé, en 2008 à 8 072 420 têtes de bovins, 19 404 079 têtes d'ovins et de caprins et 28 267 052 têtes de volailles (MRA, 2008). Le cheptel burkinabè est l'un des plus importants de la sous région. Cette richesse d'espèces permet une diversification des produits dérivés. Le pays compte plus de 1400 marchés de bétail répartis selon trois types ; marchés de collecte sans aménagement, marchés de regroupement localisés dans les régions intérieures et les grands carrefours nationaux tels que Ouagadougou et Djibo et marchés terminaux de commercialisation (Bittou, Guelwongo, Kantchari, Fada).

Chapitre II. Présentation de la faune du sol

I. Sol : système vivant

Le sol est une ressource essentielle pour les sociétés humaines et les écosystèmes, et la durabilité de la vie sur terre dépend de sa qualité (Ruiz Camacho, 2004). Il est le support sur lequel vivent et se déplacent les êtres vivants aériens. Les végétaux y puisent leurs ressources minérales et c'est aussi l'habitat d'une grande diversité d'espèces souterraines. Pour Lavelle et Fragoso (2000), le sol est la source essentielle de la grande diversité des services écosystémiques qui se définissent comme les fonctions des écosystèmes fournissant des avantages aux populations humaines. Ces services écosystémiques sont entre autres l'appui à la production agricole à travers la dynamique de la matière organique, le contrôle des flux des gaz à effet de serre, la séquestration du carbone, etc. Ces services sont fournis par un large éventail d'organismes dont les effets sont encore relativement peu explorés.

On estime actuellement que la faune du sol représente plus de 23 % de la biodiversité animale décrite de nos jours (Lavelle *et al.*, 2006). Cette faune a un rôle mécanique de fragmentation de la matière organique et un rôle chimique, grâce à une succession de transits digestifs à travers de multiples animaux. Plantes, animaux et bactéries mêlent constamment leurs activités et leurs actions et agissent ainsi sur le sol pour un bon équilibre. Gobat *et al.* (2003) définissent la faune du sol comme l'ensemble des animaux qui passent une partie importante de leur cycle biologique dans le sol (faune endogée) ou à la surface (faune épigée), ceci incluant la litière. Suivant cette définition, ces auteurs classent la faune du sol en quatre catégories selon la taille :

- **la microfaune** : Elle est constituée d'animaux d'une longueur inférieure à 0,2 mm et de diamètre < 0,1 mm. Cette catégorie regroupe essentiellement les protozoaires unicellulaires et les nématodes. Selon Bachelier (1974), les individus appartenant à cette catégorie de la faune du sol ne peuvent vivre que dans l'eau et les espèces doivent être de taille microscopique ou de forme très effilée, pour pouvoir pénétrer dans les capillaires du sol. Les différentes espèces qui constituent cette catégorie présentent le plus souvent des formes de résistance à la sécheresse (vie ralentie, déshydratation, enkystement) ;

- **la mésofaune** : Cette catégorie comprend les animaux dont la longueur varie entre 0,2 et 0,4 mm (diamètre de 0,1 à 2 mm). La mésofaune comprend les némathelminthes (nématodes), des Acariens (gamases, oribates) et des insectes aptérygotes (collembolles, diploures). Les arthropodes appartenant à cette catégorie (collembolles et acariens), sont nommés microarthropodes. Les représentants de la mésofaune (ou meiofaune) sont soit des édaphos hygrobiontes qui recherchent seulement l'humidité, soit des édaphos xérophiles capables de supporter la sécheresse ;

- **la macrofaune** : Cette catégorie se rapporte à des animaux d'une longueur de 4 à 80 mm environ (diamètre de 2 à 20 mm). Ses principaux représentants sont : les Annélides Oligochètes (enchytrées, lombrics) ; les mollusques gastéropodes (limaces, escargots) ; des arthropodes (appelés ici macroarthropodes) autres que les insectes (Crustacés Isopodes, Myriapodes, Arachnides) ; les insectes (Isoptères, Orthoptères, Coléoptères, Diptères, Hyménoptères) ;

- **la mégafaune** : Cette catégorie de la faune du sol comprend les individus dépassant 80 mm de longueur. Ce sont les vertébrés qui agissent sur le sol par leurs galeries : reptiles, mammifères fouisseurs, des crabes, des insectivores (taupes, rats), des édentés (tatous, oryctérope). Les individus de cette catégorie, qui sont de taille de 80 mm à 1,60 m, ont comme activité pédologique principale la remontée des matériaux correspondant à la confection de leurs terriers ou de leurs habitats.

La faune du sol considérée dans cette étude est constituée par la macrofaune (termites et vers de terres et groupes secondaires) et la microfaune (nématodes).

II. Macrofaune du sol

II.1. Termites

Les termites sont des insectes vivants en société dans des nids appelés termitières. Ils appartiennent à l'embranchement des arthropodes (classe des Insectes, ordre des Isoptères). Une société de termites réunit un nombre variable d'insectes, de quelques centaines à plusieurs millions selon les espèces. Comme chez les autres insectes sociaux (abeilles, guêpes, fourmis), il existe plusieurs castes : des individus de taille et d'aspect différents jouent des rôles divers dans la vie de la société (Eggleton *et al.*, 2000 ; Zaremski *et al.*, 2009).

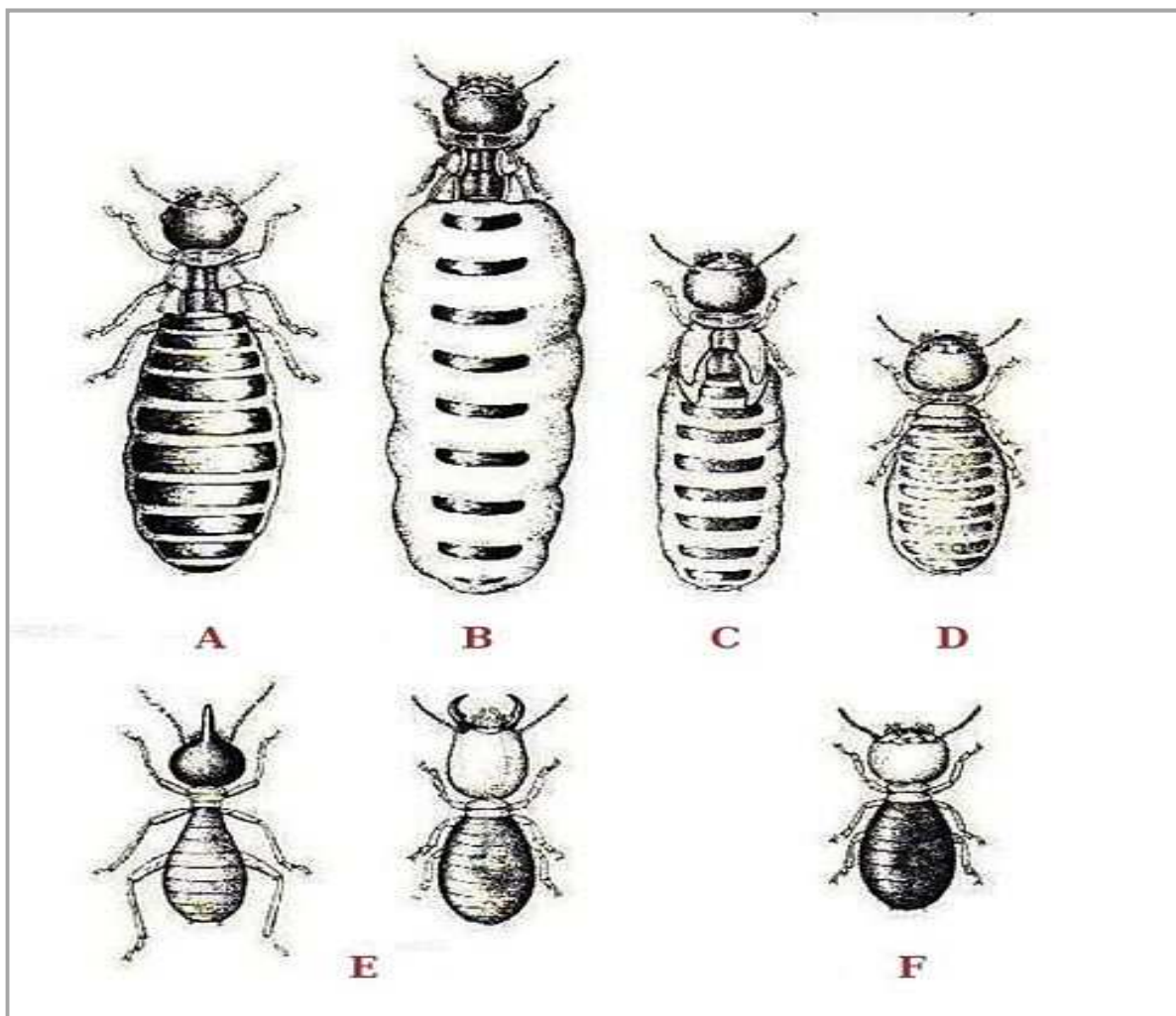


Figure II.1: Polymorphisme chez les termites (Chinery, 1981)

A : Roi principal, B : Reine principale, C : Reine secondaire, D : Reine tertiaire, E : Soldats, F : Ouvrier

La caste des sexués comprend un mâle et une femelle (le roi et la reine) qui forment le couple royal. Ils ont une seule fonction : assurer la reproduction et la croissance de la société. Ce sont les seuls à posséder des ailes. Les ouvriers sont dépourvus d'ailes. Leurs yeux sont peu développés, voire absents. Ils sont plus petits et vivent moins longtemps que les sexués. Ils assurent tous les travaux, en particulier la recherche de la nourriture, la construction et l'entretien du nid. Les ouvriers sont seuls capables de se nourrir. Ils alimentent les termites des autres castes, de même que les larves, en régurgitant des gouttes d'aliments digérés. Les ouvriers forment la caste la plus nombreuse. Ce sont les vrais «white ants» des Anglais et ils sont de type broyeur simple. Les soldats ont une grosse tête, souvent aussi développée que le reste du corps. Ils sont chargés de défendre la colonie et quand un danger se présente, ils accourent en masse et

frappent l'air en tous sens pour atteindre l'ennemi. Les soldats apparaissent plus pigmentés avec une tête de grande taille munie d'ordinaire de puissantes mandibules en cisailles. Les termites sont des isoptères hétérométaboles à antennes simples et à thorax segmenté.

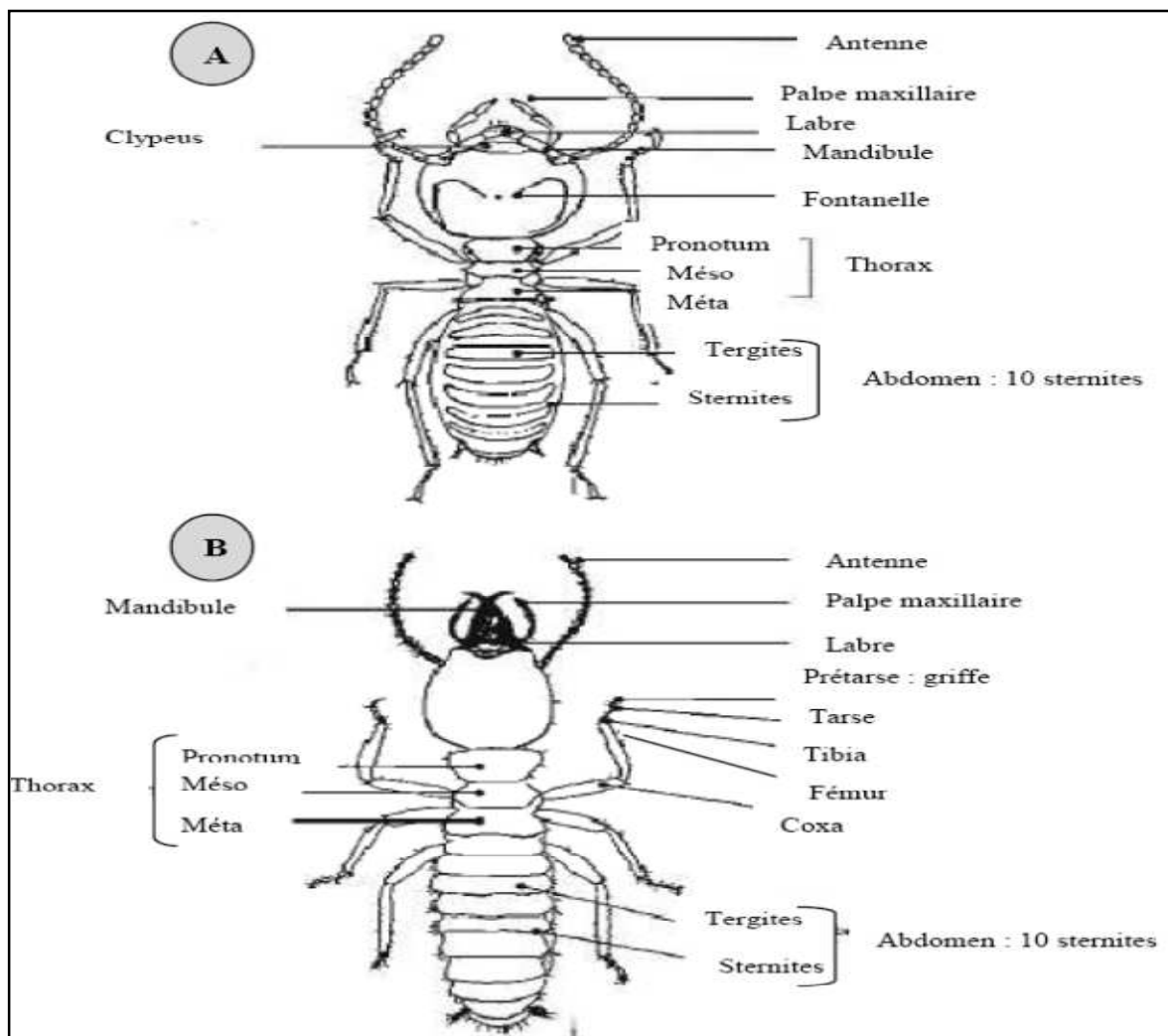


Figure II.2: Représentation schématique d'ouvrier (A) et de soldat (B) de termite (*Coptotermes formosanus*). (Zaremski *et al.*, 2009)

Les termites occupent une place importante dans les écosystèmes tropicaux. Ils participent à de nombreux services écosystémiques, entre autres, la décomposition de la matière organique et l'évolution de la structure physico-chimique des sols (Tano, 1993 ; Holt et Lepage, 2000). Ils peuvent influencer la structure et le fonctionnement des écosystèmes de plusieurs manières. Ils peuvent modifier fortement la texture et la structure du sol et avoir également un impact énorme sur le cycle du carbone par le traitement de grandes quantités du matériel végétal (Jouquet *et al.*, 2002 ; Konaté *et al.*, 2003). Les structures biogéniques (termitières) des termites sont aussi des

sites favorables pour la régénération de la végétation dans les écosystèmes de savanes. Ceci a été démontré pour les termitières des genres *Bellicositermes* (Lepage, 1972), *Trinervitermes* (Lepage, 1972 ; Janau et Valentin, 1987) et *Macrotermes* dans les savanes boisées (Traoré, 2008).

On compte environ 2600 espèces et 281 genres (Zaremski *et al.*, 2009). On y distingue actuellement six familles de termites (Chinery, 1981):

- **les Mastotermitidae** représentés par une seule espèce primitive d'Australie septentrionale : *Mastotermes darwiniensis* ;
- **les Kalotermitidae**. Ce sont des termites primitifs peu différenciés en dehors du couple royal. Ils forment des colonies, renfermant au maximum 5 000 individus. Ces colonies se localisent dans le bois et s'avèrent d'étendue limitée. Leurs crottes moulées sont d'aspect très caractéristique. Le genre *Cryptotermes* est commun dans toute l'Afrique occidentale, ses soldats sont typiques et affectionnent les bois bien sains ou secs. Le genre *Neotermes* renferme de nombreuses espèces attaquant les parties sèches des arbres vivants. Certains *Neotermes* sont parasites des cacaoyers, des théiers ou des tecks ;
- **les Hodotermitidae** forment des colonies complètes avec ouvriers et soldats. Les espèces sont peu nombreuses dans cette famille. Bouillon et Mathot (1965) divisent toutefois les représentants de cette famille en deux sous groupes, à savoir : les Termopsidae, qui sont des termites demeurant dans le bois, et les Hodotermitidae *sensu stricto*, qui sont des termites moissonneurs (genres *Hodotermes* et *Anacauthotermes*, par exemple) ;
- **les Rhinotermitidae**. Cette famille ne renferme que 13 genres et 166 espèces, mais elle a une très grosse importance économique de part les dégâts que peuvent occasionner certaines de ces espèces. On y trouve, notamment, *Coptodermes sjostedti*, un des termites les plus nuisibles d'Afrique (Basse Côte d'Ivoire, Guinée). Ses colonies, logées dans le bois, restent toujours en communication avec le sol pour l'humidité ; ce qui n'empêche pas ces termites de s'attaquer à des bois très secs. Leurs nids sont des sortes d'éponges à trame serrée, construites en carton de bois d'origine stercorale. Les *Psammotermes* vivent dans les déserts et savanes sèches d'Afrique, y construisant des nids hypogés de la taille d'un poing à celle d'une tête humaine. Ils se nourrissent de bois et d'herbes ;

- **les Serritermitidae**, ancienne sous-famille des Rhinotermitidae ;

- **les Termitidae** (ou termites supérieurs). Cette dernière famille renferme les 3/4 des Isoptères décrits et plus des 9/10 des termites africains. Le mode de vie de ces termites varie d'un genre à l'autre. La nidification y est notamment très variée et des différences considérables peuvent se manifester à l'intérieur d'une même sous-famille.

Bachelier (1978) distingue dans les Termitidae quatre sous-familles, à savoir :

- les Macrotermitinae (12 genres, 277 espèces). Les genres *Bellicositermes* et les *Macrotermes* sont des termites champignonnistes, de grande taille, formant des colonies de plusieurs millions d'individus avec possibilité de 2 à 3 termitières à l'hectare. Ces termites vont à des distances considérables du nid par un réseau de galeries souterraines ou couvertes, appelé péricie. Le genre *Odontotermes* est constitué de termites à termitières modestes. Le genre *Protermes* est constitué de termites qui construisent en Afrique des nids à cratères typiques et à exoécie très développée. L'exoécie qui est l'ensemble des galeries reliées aux cratères, n'est pas en communication avec l'intérieur du nid, et donc non parcourue par les termites. Le genre *Microtermes* est constitué de termites de très petite taille, dont certaines espèces installent leur nid dans la paroi ou au voisinage immédiat des grandes constructions précédentes ;

- les Nasutitermitinae (48 genres, 550 espèces) qui incluent les *Trinervitermes*, termites moissonneurs s'attaquant aux feuilles des litières sèches et aux tiges de graminées, et les *Nasutitermes*, dont certaines espèces font sur les arbres des demeures en carton brun foncé, formé de bois mâché ;

- les Amitermitinae (21 genres, 345 espèces) qui comprennent les *Amitermes*, les *Anoplotermes* et les *Microcerotermes* se nourrissant de bois en décomposition et édifiant des nids en carton stercoral ;

- les Termitinae (56 genres, 345 espèces), dont la plupart sont humivores. Parmi eux, les *Cubitermes* édifient des nids en forme de champignon à un ou plusieurs chapeaux, en forme de colonnes trapues, plus ou moins coalescentes, ou encore en forme de monticules coniques. Les autres représentants des Termitinae sont les genres *Procubitermes*, *Apicotermes* et les *Thoracotermes*.

II.2. Vers de terre

Les vers de terre ou Annélides, sont des vers à symétrie bilatérale et à cavité générale libre (coelomates). Leur corps est cylindrique et formé d'une succession de segments semblables, compris entre un lobe céphalique, et un lobe terminal. Contrairement aux Nématodes, ces vers possèdent un appareil circulatoire clos, à sang parfois rouge.

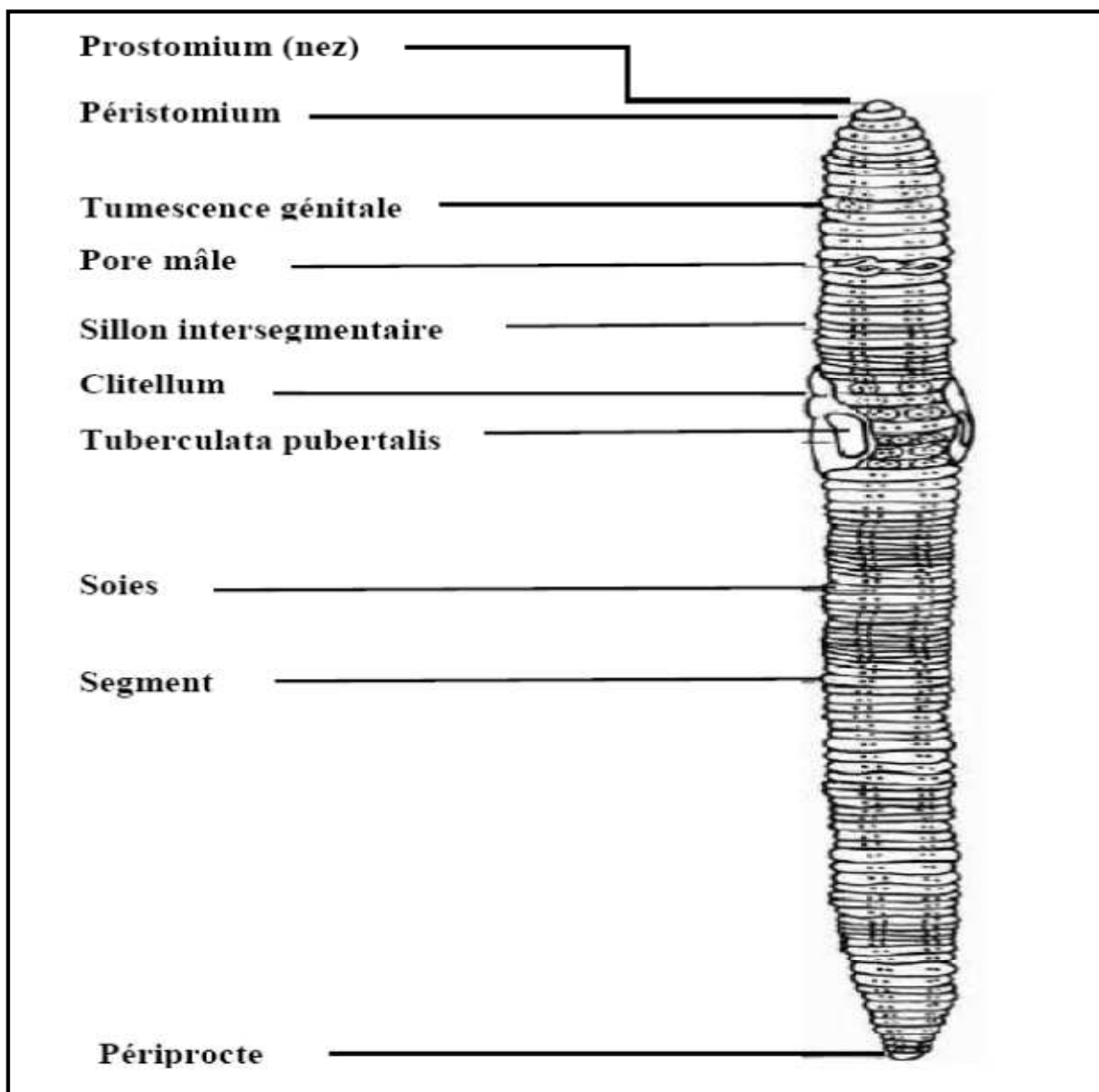


Figure II.3: Représentation schématique d'un ver de terre

(<http://www.futura-sciences.com>)

Tous les vers de terre partagent un besoin d'humidité minimale dans leur environnement, raison pour laquelle on en trouve plus dans les régions humides. Dans les régions sèches et désertiques, ils sont rares.

Bachelier (1978) divise l'embranchement des Annélides de la façon suivante :

- classe des **Annélides polychètes** : Ce sont des Annélides presque toutes marines pourvues de soies locomotrices portées sur des expansions latérales dites parapodes ;
- classe des **Annélides oligochètes** : Ce sont des Annélides d'eau douce ou terrestres dont les soies généralement peu nombreuses sont implantées directement dans les téguments ;
- classe des **Annélides achètes ou hirudinées** : Ce sont les sangsues, parasites externes fixés par des ventouses et dépourvus de soies.

Le groupe de vers annelés, important du point de vue pédobiologique et entrant dans la définition de la macrofaune du sol est constitué par les Oligochètes terricoles, communément appelés vers de terre. Les principales familles sont les Lumbricidae, Megascolécidae et les Acanthodrilidae. On en connaît environ 2 500 espèces. Le peuplement des vers de terre des savanes se compose de 13 espèces, dont 9 sont abondantes partout. Par la morphologie, le régime alimentaire et la distribution verticale dans le sol, ces espèces se rattachent à trois groupes écologiques (Lavelle, 1997) :

- **les vers de terre de surface (épigés)** : Ce sont de petits vers, fortement colorés qui se trouvent dans les débris végétaux tels que le compost, la litière et le bois plutôt que dans le sol. Ce sont des vers peu ou pas adaptés pour creuser le sol ;
- **les vers de terre géophages de faible profondeur (anéciques)** : Ce sont des vers de couleur brun rougeâtre ou gris bleuté d'une taille moyenne à grande. Ils vivent dans des galeries dans la couche minérale du sol mais se nourrissent à la surface du sol ou près de la surface. Ils se nourrissent essentiellement de terre prélevée dans l'horizon 0-10 cm et quelque fois plus profondément. Ils sont adaptés à creuser des galeries et s'y déplacer rapidement.
- **les vers géophages de grande profondeur (endogés)** : Ce sont des vers apigmentés d'une taille petite ou moyenne qui vivent toujours dans la couche minérale du sol. Ils se nourrissent de fractions organiques prélevées dans la terre à 30 cm de profondeur où ils vivent. Ils sont adaptés à creuser des galeries plus ou moins horizontales, qu'ils rebouchent au fur et à mesure avec leurs déjections.

A l'âge adulte, les vers de terre mesurent en moyenne de 3 à 16 cm. Certains vers, plus rares, dépassent 50 cm et même plus comme c'est le cas du vers géant *Rhinodrilus fafner* d'Amérique du Sud dont on a trouvé des spécimens de plus de deux mètres et de *Magascolides australis* en Australie, qui dépasse parfois trois mètres (Bachelier 1978). Du point de vue de la coloration, les vers de surface apparaissent plus pigmentés que ceux qui vivent en profondeur. Les *Lumbricus*, les *Eisenia* et les *Dendrobaena* qui vivent au milieu des litières en décomposition sont de couleur rouge. Les *Allolobophora* et les *Octolasion*, qui vivent plus en profondeur et ingèrent davantage de matières minérales sont de couleur gris à gris-bleuté. Les vers des régions relativement sèches sont souvent de couleur plus sombre que les vers des régions humides.

Sous les tropiques, les vers sont principalement actifs pendant les saisons des pluies. Pendant les périodes sèches, les vers s'enfoncent et rentrent en repos. Ce sont les vers endogés qui dominent le plus souvent dans les sols tropicaux (Lavelle *et al.*, 1995). De manière générale, les périodes de repos des vers sont des caractères endogènes qui peuvent être influencés par des facteurs exogènes, telles que l'humidité, la température ou la nourriture.

Les vers de terre se nourrissent, essentiellement, à partir des débris végétaux plus ou moins décomposés qu'ils ingèrent avec de la terre. En l'an 350 ans avant J.C., Aristote les appelait déjà «les intestins de la terre» (Bachelier, 1974). L'importance de cette ingestion de terre par les vers varie selon les espèces, mais aussi selon les sols, les saisons et la nature des matériaux végétaux. Les vers de terre se révèlent de précieux alliés, non seulement pour structurer et maintenir la qualité des sols, mais aussi pour limiter les effets des nématodes sur les plantes cultivées. Leur prise en compte et leur préservation dans les écosystèmes agricoles sont donc nécessaires (Lavelle et Reversat, 2005).

En agriculture, où l'enfouissement des résidus organiques est une pratique courante, l'activité des vers de terre est stimulée par un enfouissement superficiel. La matière organique enfouie en profondeur est plus délaissée, surtout s'il s'y installe, même temporairement, un milieu anaérobique toujours très nuisible à la faune. Par des expériences conduites en colonnes de terre avec enfouissement de matières organiques à différents niveaux, Jeanson (1961) cité par Bachelier (1978) a confirmé l'intérêt de l'enfouissement superficiel des résidus organiques.

II.3. Autres groupes de macrofaune

- **Les Hyménoptères (fourmis) :** Les fourmis sont des Hyménoptères holométaboles à antennes coudées et différenciées, à thorax simple et possédant typiquement un pétiole formé par les premiers segments abdominaux. Ce sont des espèces pionnières que l'on rencontre aussi bien sur les dépôts récents de rivières que sur les terres dénudées ou les tourbières. Dans les régions tropicales, elles résistent bien aux feux de brousse. On en a décrit plus de 240 genres et plus de 280 000 espèces (Cherix, 1986). La classification actuelle des fourmis, assez complexe, fait appel à de nombreux caractères morphologiques et anatomiques : formes des antennes, du pétiole, nervation alaire des sexués, structure du gésier et des glandes anales etc. Selon ces critères, la Myrmécologie moderne répartit les fourmis en huit familles (Ramade, 1972). Les fourmis jouent un rôle important sur la pédogenèse et les propriétés édaphiques, en contribuant à la décomposition des matières organiques, à la concentration et au stockage des nutriments, à la redistribution et à l'organisation des constituants organiques et minéraux du sol (Holec et Frouz, 2006).

- **Les Diptères :** L'ordre des Diptères est représenté dans les macros – invertébrés du sol par des phases immatures. En général, les Larves de diptères aiment l'humidité et très peu d'entre elles peuvent survivre à la dessiccation pendant des périodes prolongées. Dans les sols où elles sont fortement représentées, les larves de diptères jouent un rôle important dans le fonctionnement biologique du sol, en intervenant dans la décomposition de la matière organique et la libération des nutriments (Deleporte, 1987).

- **Les Coléoptères :** les Coléoptères et leurs larves représentent une proportion importante des communautés des animaux du sol, surtout des sols tempérés. Les larves jouent un rôle crucial dans l'enfouissement de la matière organique (Brussaard et Hijdra, 1986).

- **Les Hémiptères :** Ils font partie des groupes de macrofaune les moins abondants. Ce sont des insectes phytophages qu'on trouve dans le sol ou sous les écorces des arbres. Ils sont très sensibles à l'application des pesticides dont les effets sont une forte réduction de leur diversité (Bachelier, 1978).

- **Les Dermaptères** : Ils vivent à la surface du sol, dans la litière ou sous les pierres. Dans les terrains sablonneux, certains ont développé une vie entièrement cachée dans le sol en creusant des galeries profondes (Chinery, 1981). Ce sont des insectes omnivores.

- **Les Arachnides (araignées)** : Les Araignées du sol se trouvent principalement dans la litière et le sol superficiel. Elles abondent aussi bien dans les milieux naturels que dans les milieux cultivés. Elles sont, à quelques exceptions près, solitaires, prédatrices et terrestres. L'abondance et la diversité d'araignées d'un milieu est indicatrice de la qualité biologique de ce milieu (Wise, 1993). Il s'agit d'une indication indirecte qui est en rapport avec la quantité de proies qu'elles peuvent trouver dans ce milieu.

- **Les Myriapodes** : Les myriapodes de la faune du sol sont représentés par deux sous-classes : les chilopodes et les diplopodes. Ils vivent dans la litière et les horizons superficiels car ils ne peuvent creuser le sol. Ils jouent un rôle important dans le processus de décomposition de la matière organique (Bachelier, 1978).

- **Les Gastéropodes** : La plupart des gastéropodes sont phytophages généralistes. Beaucoup d'entre eux consomment des champignons et quelques espèces sont carnivores ou se nourrissent d'autres invertébrés du sol, y compris d'autres gastéropodes. Ils ont un rôle limité dans la vie des sols (Deprince, 2003).

- **Les Isopodes** : Les Isopodes terrestres composent l'un des groupes de Crustacés qui a été capable de s'adapter à la vie dans le sol. La plupart sont omnivores ou charognards, se nourrissant principalement des végétaux mais aussi de matière animale morte ou en décomposition. Ce sont des régulateurs du processus de décomposition et de recyclage de nutriments. Ils sont très sensibles à l'application des pesticides, qui se traduit par une augmentation de leur mortalité et une réduction de leur diversité (Paoletti, 1985).

II.4. Macrofaune du sol et fertilité des sols

Le grand défi actuel pour le développement de l'agriculture est de conserver la biodiversité et développer l'usage des ressources biologiques complètement négligées pendant des décennies, comme c'est le cas des invertébrés du sol. Pour Rombké *et al.* (2006), la qualité des sols doit faire référence, à l'abondance, à la diversité et à l'activité des organismes vivants qui participent

au fonctionnement du sol. Parmi ces invertébrés, les organismes ingénieurs du sol, termites, vers de terre et fourmis, jouent un rôle de conditionneurs du sol par leurs actions de bioturbation et leurs effets sur les paramètres physiques du sol (Bouché *et al.*, 1997). Ces invertébrés de grande taille, capables de creuser et de transporter le sol, déterminent l'activité des organismes plus petits, par leur activité mécanique et leur redistribution de ressources nutritives qu'ils opèrent. Pour Brussaard (1998) et Lavelle (1997), les fonctions essentielles réalisées dans le sol sont régulées par des processus telles que la fragmentation et la transformation des substrats organiques, la minéralisation de l'azote, la bioturbation, la formation d'agrégats, etc., lesquels dépendent principalement de l'activité de la microflore, des racines et de la faune du sol.

La faune du sol, selon les divers groupes fauniques et selon les espèces, agit plus ou moins fortement sur les caractéristiques morphologiques des sols, sur la dégradation et l'humification des litières, sur les caractéristiques physiques, les caractéristiques chimiques et ainsi que les caractéristiques biochimiques et biologiques des sols. De par leur activité de fouissage, par les transports de sol qu'ils effectuent, par leur action sur la dégradation des matières végétales, par leurs produits d'excrétion et par leur influence sur la microflore, les animaux agissent sur la porosité, la structure, le pouvoir de rétention d'eau, le bon équilibre air-eau des sols et même sur la nature et la saturation du complexe absorbant (Eschenbrenner, 1986; Ekschmitt et Griffiths, 1998; Deprince, 2003).

En milieu tropical, ce sont surtout les vers de terre et les termites, et, à un degré moindre, les fourmis, qui exercent un rôle prépondérant sur les propriétés et le fonctionnement des sols. A la différence des animaux plus petits de la mésofaune (collembolles, acariens, etc.), ils sont capables, tels des "ingénieurs du sol" "d'aménager" le milieu (Feller *et al.* 1993 ; Wright *et al.*, 2004). Ouédraogo *et al.* (2006) ont montré qu'en zone semi-aride d'Afrique de l'Ouest, la macrofaune favorise une utilisation efficiente de l'azote et de l'eau. En présence de la macrofaune, une augmentation de la teneur en éléments fins du sol, du carbone et de l'azote total et une amélioration du potentiel de minéralisation du carbone ont été constatées sur un sol ferrugineux tropical lessivé (Arenosol haplique) (Doamba *et al.*, 2011).

III. Microfaune du sol : nématodes

III.1. Généralités sur les nématodes

Les Nématodes (ou Némathelminthes) – les anciens « vers ronds » - forment un groupe zoologique homogène par leurs caractères anatomiques et morphologiques mais sont très diversifiés par leurs modes de vie. Beaucoup vivent en parasites des animaux. En particulier les Strongles, Ankylostomes et autres Ascaris sont des ennemis bien connus de l'homme et des animaux domestiques. D'autres peuplent le sol ; parmi eux, ceux qui se nourrissent des végétaux, les nématodes phytoparasites. Un nématode est un animal vermiforme, très simple, constitué, *grosso modo* d'un tube externe ou cuticule enveloppant 2 tubes internes superposés : le tube digestif et le tractus génital (mâle ou femelle). Ce sont des vers à symétrie bilatérale, à corps cylindrique et, le plus souvent, d'aspect filiforme. Ils ne possèdent pas de soies et ne sont pas segmentés, mais sont revêtus d'une épaisse cuticule. Certaines espèces sont toutefois ornementées ou superficiellement annelées (Criconematidae).

La plupart des nématodes terricoles sont des organismes utiles qui contribuent à décomposer la matière organique et à rendre biodisponibles les éléments nutritifs qu'elle renferme (Bachelier, 1978). Certains nématodes utiles exercent une prédation sur d'autres nématodes ainsi que sur des insectes, des champignons et des bactéries nuisibles vivant dans le sol. Malheureusement, plusieurs espèces se nourrissent à la surface ou à l'intérieur des racines, de tiges et de bulbes, et occasionnent ainsi des baisses de rendement importantes des cultures vivrières et les cultures horticoles pratiquées.

III.2. Nématodes phytoparasites

Il y a deux ordres de nématodes parasites de plantes :

- **l'ordre des Tylenchida**, qui contient la majorité des nématodes parasites de plantes. Ils ont un stomatostyle normalement pourvu de protubérances distinctes à sa base et l'œsophage comporte trois parties;
- **l'ordre des Dorylaimida**, est l'autre ordre de nématodes parasites de plantes. Les nématodes de cet ordre ont un odontostyle provenant d'une dent élargie et modifiée. Les nématodes de l'ordre des Dorylaimida ont un œsophage en deux parties.

Les nématodes phytoparasites ont des organes sensoriels, dont des chémorécepteurs, qui les aident à trouver les plantes hôtes. Certains des organes sensoriels antérieurs sont appelés amphides. Les phasmides sont des organes sensoriels postérieurs. La forme de la queue des nématodes est un important caractère d'identification. Les nématodes femelles pondent des œufs. Les œufs sont visibles dans le tissu de la racine. La première mue se produit alors que le nématode est encore à l'intérieur de l'œuf. Les nématodes passent par quatre stades juvéniles avant de devenir adultes. La cuticule, incluant la partie antérieure du stylet, est abandonnée à chaque mue.

La plupart des nématodes parasites de plantes ont un diamètre comparable à celui d'un cheveu humain et ils sont seulement visibles à l'œil nu lorsqu'ils sont en suspension dans l'eau, après leur extraction du sol ou des tissus de plantes. La taille d'une femelle adulte du nématode cécidogène peut être comparée à celle d'une tête d'épingle. Tous les nématodes parasites de plantes possèdent un stylet creux protrusible. Le stylet sert à percer et à traverser les parois cellulaires durant la prise de nourriture ou durant leurs mouvements dans les tissus de la plante. Ce stylet perforant est suivi d'un canal œsophagien aboutissant à un bulbe musculueux, pompe aspirante et refoulante (Figure II.4). La plante une fois perforée par le stylet, reçoit des enzymes digestifs produits par les glandes salivaires qui y sont injectés par cette pompe, laquelle, ensuite, aspire le produit de la digestion et le déverse dans l'intestin. Les dégâts directs sont avant tout un affaiblissement de la plante, parfois des déformations, des décolorations, des galls, etc. Les dégâts indirects consistent en l'aggravation de maladies à champignons et en la transmission de maladies à virus.

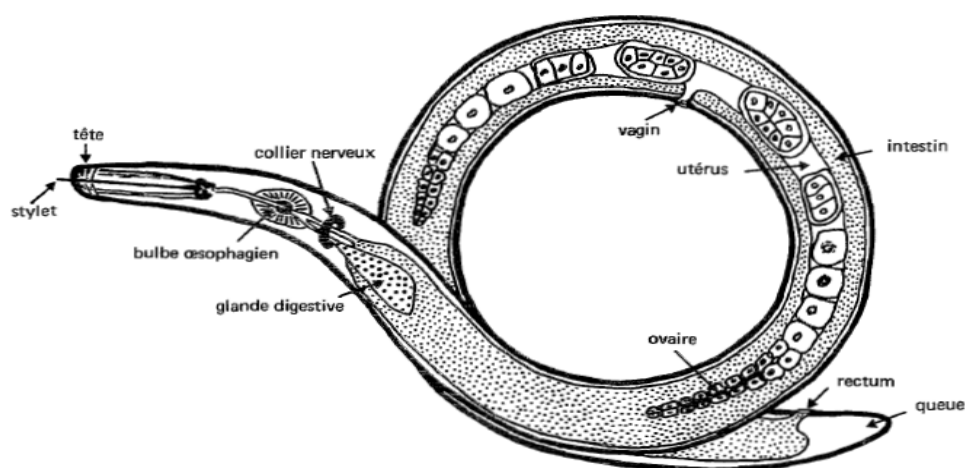


Figure II.4: Organisation schématique d'un nématode phytophage (Bachelier, 1978).

Considérant leur mode de vie par rapport à la plante, on distingue les nématodes des racines, dont tout le cycle a lieu dans le sol et les nématodes des parties aériennes, moins nombreux (*Ditylenchus*, *Aphelenchoides*). Parmi les nématodes des racines, certains sont mobiles à tous les stades, parasites externes (*Tylenchus*) ou internes (*Pratylenchus*), d'autres sédentaires : nématodes à kystes (*Heterodera*, *Globodera*), nématodes à galles (*Meloidogyne*).

On distingue trois groupes de nématodes phytoparasites selon le mode de parasitisme (NDiaye, 2003) :

- **les endoparasites** : les nématodes, après destruction des cellules externes, pénètrent peu à peu dans les tissus de la plante. (Genres : *Globodera*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Ditylenchus*). Parmi les endoparasites, on distingue les nématodes phytoparasites migrants, qui ont une vie libre dans la plante (*Ditylenchus*, *Pratylenchus*), et les sédentaires qui, après une courte migration à l'intérieur de la plante, vont se fixer (sous-famille : Heteroderinae et Meloidogynae) près du système vasculaire ;
- **les ectoparasites** : les nématodes se nourrissent sur des cellules externes (radicelles) (Genre : *Paratylenchus*, *Tylenchorhynchus*) ;
- **les semi-endoparasites** : Les nématodes se fixent sur des radicelles ou racines tout en conservant une partie de leur corps à l'extérieur. (Genre : *Rotylenchus*, *Tylenchulus*)

III.3. Nématodes phytoparasites et rendements des cultures

Les nématodes phytoparasites sont un groupe important parmi les facteurs biotiques qui constituent des contraintes importantes à la production agricole dans le monde. Cependant, de tous les dangers potentiels qui menacent les cultures, les nématodes sont souvent les moins connus et ont été en grande partie exclus de l'attention de la recherche (Reversat, 1988). Les données sur l'importance des nématodes, la composition et la densité des populations, leur caractère pathogène, en particulier la survenue des dommages causés par certaines espèces ou groupes d'espèces sont peu nombreuses (Talwana *et al.*, 2008). Dans la zone sahélienne, cette méconnaissance est aussi consécutive au fait que relativement peu d'études nématologiques y ont été conduites, en comparaison de son immensité et de la diversité des sols ou des systèmes culturels que l'on y rencontre. Cependant, plusieurs travaux ont démontré l'effet dévastateur des

nématodes phytoparasites sur les cultures vivrières dans le monde et en Afrique semi-aride. Ils ont été signalés comme de graves entraves aux productions céréalières et maraîchères dans différentes régions du monde (Luc, 1960 ; Mallamaire, 1965 ; Bachelier, 1978 ; Reversat, 1988 ; Bois *et al.*, 2000 ; Bélair, 2005 ; Talwana *et al.*, 2008). Ils sont présents sous toutes les latitudes et représentent un grave problème phytosanitaire, surtout dans le monde tropical où règne en permanence un climat favorable à leur multiplication. Ces déprédateurs affectent les rendements des cultures tropicales des pays du Tiers-monde, d'où leur importance économique (Prot, 1985 ; NDiaye, 2003). En Afrique subsaharienne, la presque totalité des cultures vivrières et de rente enregistre des baisses de rendements du fait des nématodes qui les parasitent (Cadet, 1998 ; Bois *et al.*, 2000). Ces baisses de rendement dues aux nématodes peuvent atteindre 25 à 40%, en l'absence de traitement nématicide (Prot, 1985 ; Bélair, 2005). Un certain nombre de nématodes associés à des cultures particulières ont été inventoriés, mais peu d'informations sont disponibles sur les dommages occasionnés par ces nématodes. Mais l'augmentation des rendements (jusqu'à 70% dans certains cas) après le traitement chimique du sol où des densités élevées de populations de ces nématodes ont été enregistrées, fournit des preuves de dommages économiques considérables causés par ceux-ci aux cultures (Prot, 1985 ; McDonald et Nicol, 2005).

V. Conclusion

La richesse spécifique des organismes du sol est extrêmement importante. Des groupes fonctionnels définis sur la base des processus de l'écosystème pour lesquels les organismes du sol interviennent permettent de distinguer entre autres des ingénieurs de l'écosystème (macrofaune du sol) et des nuisibles dont les nématodes phytoparasites (microfaune du sol).

La macrofaune du sol, selon les divers groupes fauniques et selon les espèces, exerce un rôle important sur la pédogenèse et les propriétés édaphiques à travers ses effets de décomposition des matières organiques, la concentration et le stockage des nutriments, la redistribution et l'organisation des constituants organiques du sol. En milieu tropical, ce sont surtout les vers de terre et les termites, et, à un degré moindre, les fourmis qui exercent un rôle prépondérant sur les propriétés et le fonctionnement, à la différence des animaux plus petits de la mésofaune (collemboles, acariens, etc.).

Les nématodes phytoparasites sont d'importants ravageurs des plantes en agriculture. Ils sont présents sous toutes les latitudes à l'échelle de la planète et représentent un grave problème phytosanitaire qui occasionne annuellement des pertes de production estimées à plusieurs dizaines de milliards de dollars. Dans le monde tropical où règne en permanence un climat favorable à leur multiplication, ces déprédateurs affectent les rendements de toutes cultures. La sévérité des dommages occasionnés aux plantes est reliée à plusieurs facteurs comme la combinaison plante-nématode et aussi aux facteurs environnementaux comme les précipitations, le type de sol et les pratiques culturales.

Partie II. Matériel et méthodes

Chapitre III. Présentation du milieu d'étude

I. Région du Plateau Central

Le Plateau Central s'étend sur environ 94.000 km². Dans son ensemble, il regroupe 17 provinces administratives et couvre environ 26 % du territoire national. La région est à cheval entre la zone sahélienne au Nord et la zone soudano sahélienne au Sud (Figure III .1).

Il possède les coordonnées géographiques ci-après :

- Latitude : 11° à 14° nord ;
- Longitude : 0° à 3° ouest.

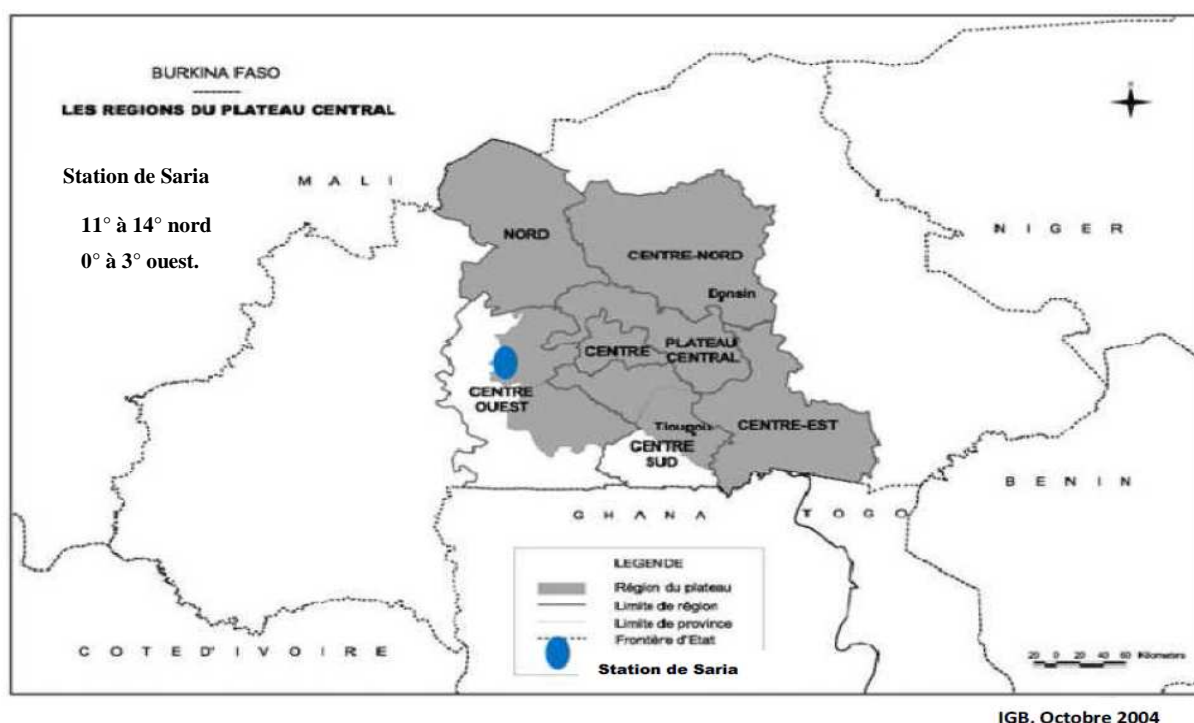


Figure III.1: Limites géographiques du Plateau Central.

Le Plateau Central est la région la plus peuplée du Burkina Faso. Sa population est passée de 4.878.967 en 1996 à 6 933 117 en 2006 avec un taux d'accroissement annuel moyen de 3,1% (INSD, 2009b), ce qui représente 49,5% de la population totale du pays. La densité moyenne de la population est de 51,8 habitants / km². Cette moyenne cache cependant d'importantes variations régionales : 28 habitants / km² dans la province du Namentenga dans le Centre Nord en 1985 contre 88 habitants / km² dans le Kouritenga dans le Centre Est et 391 habitants / km² dans le Kadiogo, au Centre, qui abrite la capitale Ouagadougou. Cette forte concentration de la population n'est pas sans poser des problèmes dans la mesure où plusieurs des maux dont souffre

le Plateau Central lui sont imputables. Cette surpopulation aboutit à un dépassement des taux limites d'occupation des terres (60 à 70% au lieu de 30 à 40% dans certaines parties du Yatenga, du Kadiogo etc). Elle contraste avec les potentialités agricoles de la région (Ouédraogo, 2005).

I.1. Climat

Le centre du Plateau Central (où est situé notre zone d'étude) est soumis à un climat de type soudano-sahélien, avec une saison des pluies de quatre à cinq mois et une saison sèche de sept à huit mois.

I.2. Végétation

Le couvert végétal est essentiellement constitué de formations secondaires de dégradation. En raison de l'action de l'homme et du feu, les savanes arbustives et herbeuses prédominent dans les zones à population dense. Les activités agropastorales ont eu un impact considérable sur la végétation naturelle. La végétation ayant subi, d'une manière marquée, l'influence de l'homme, agriculteur et/ou éleveur, certaines formations anthropiques prennent une grande importance dans le paysage. Ces agro - systèmes relevant d'une agroforesterie de type traditionnel, se caractérisent par des parcs de nature variée. Le parc à *Faidherbia albida* (Del) A. Chev dans le Plateau Central est plus fréquent dans la zone de Kokologo, dans les environs de Ouagadougou et de notre zone d'étude Saria. Le karité (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn) et le néré (*Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth.), préservés lors des défrichements cultureux et bien protégés par les populations (et par les textes de la réglementation forestière en raison de leur intérêt économique) demeurent les espèces dominantes des champs cultivés partout, à l'exception en zone de climat sahélien (au Nord) où ils sont absents dans les conditions naturelles (Guinko, 1984). Les forêts claires qui contiennent une forte proportion d'arbres de petite ou moyenne taille, dont les cimes sont plus ou moins jointives sont considérées comme faisant partie de la végétation originelle. Du fait de la dégradation extrêmement poussée de la végétation, dans cette zone, on n'en trouve que quelques lambeaux près des villages (en général des bois sacrés) ou dans certaines forêts classées ayant bénéficié d'une protection suffisante.

I.3. Populations et systèmes de production

Le Plateau Central est une région de forte concentration humaine, historiquement très peuplée. Les densités de population atteignent parfois un niveau élevé : 100 habitants au km² dans le

Boulkiemdé (site de notre station d'étude) et 91 dans le Kourittenga (Koupèla). Cette forte densité de population se traduit par une pression foncière. La croissance de la population agricole, conjuguée avec des ressources limitées en terres cultivables entraînent inéluctablement une saturation de l'espace agricole, toute chose qui favorise des courants migratoires vers l'étranger mais aussi vers les régions qui bénéficient d'importants aménagements agricoles (Ouédraogo, 2005). Les grands courants de migrations internes vont du Plateau Central vers les régions de l'Ouest, du Nord-Ouest et du Sud-Ouest et en direction des deux grandes villes du pays, Ouagadougou et Bobo-Dioulasso.

Le Plateau Central est principalement occupé par de petites exploitations familiales dont la superficie varie entre 3 et 8 ha. L'activité agricole y est dominée par les productions végétales bien que l'élevage y occupe de plus en plus une place importante (Sedogo, 1993 ; Ouédraogo, 2005). Les principales cultures vivrières sont essentiellement le sorgho et le mil. Elles sont souvent cultivées en association avec d'autres cultures (niébé, sésame, arachide, oseille). D'ailleurs les cultures associées sont les plus répandues. L'arachide et le niébé constituent les principales cultures de rente dans le Plateau Central. Les autres cultures, sésame, vouandzou et oseille sont très marginales. Les terres cultivées se répartissent en trois catégories suivant la localisation des champs. Les cultures semblent aussi suivre le même processus. Le maïs, qui est exigeant en sol riche, y est cultivé sur les champs de case qui sont les plus fertiles parce qu'ils reçoivent chaque année la matière organique provenant des ordures ménagères. Dans les champs de village et de brousse, on cultive le sorgho et le mil, souvent en association avec le niébé.

II. Station de Saria

C'est une station de recherches agronomiques implantée depuis 1923 à 82 km au Sud-Ouest de Ouagadougou et à 23 km au Nord-Est de Koudougou dont les coordonnées géographiques sont de 12°16'N et 2°9'W (Figure III.1, page 34). La pluviosité moyenne annuelle des vingt dernières années est de 798 mm/an selon une compilation des relevés pluviométriques de la Station de Saria (Annexe 1). Selon Sedogo (1993), cette station est représentative, tant du point de vue de la couverture pédologique que du climat, de l'ensemble du Plateau Central.

II.1. Végétation

A l'image de celle du Plateau Central, la végétation de Saria est fortement éprouvée par la pression démographique et surtout par les pratiques culturales inadaptées. Les zones de mise en défens permettent de reconstituer la végétation originelle. Les essences arborées épargnées sont : *V. paradoxa* C.F. Gaertn, *P. biglobosa* (Jacq.) Benth., *F. albida* (Del) A. Chev, *L. microcarpa* Engl. et K. Krause, *T. indica* L. et *A. digitata* L. *A. gayanus* Kunth domine la strate herbacée mais devient de plus en plus rare (Sedogo, 1993). On y trouve aussi *Pennisetum pedicellatum* Trin, *Crotalaria retusa* L. ainsi que certaines espèces adventices notamment *Striga hermonthica* (Del.) Benth.

II.2. Contexte géomorphologique et sols

Les principaux sols de la station de Saria ont été décrits par plusieurs travaux de terrain. Jenny (1964), Roose (1980) et Sedogo (1981) ont classé les sols de Saria dans le sous groupe de sols ferrugineux tropicaux lessivés sur la base de la classification française. Hien (2004), sur la base de la World Base Reference (FAO, 1999), et d'une description morphologique sur le terrain et de différentes analyses, a classé ces sols en Acrisol ferrique. Le même auteur, sur la base de la classification américaine, a classé ces sols en Kanhaplic haplustalfs. Les analyses physiques et chimiques réalisées sur les échantillons du solum de référence sous jachère ont révélé une texture grossière, limono- sableuse en surface et limono-argileuse en profondeur. La texture déséquilibrée de ce sol en surface (faible teneur en argile (14, 4%), teneur élevée en sables fins (32%) et limons grossier (17,4%)) en plus de la faible teneur de Matière Organique du Sol (MOS) conduit à des phénomènes de prise en masse dans ces sols (Nicou, 1975) cité par Hien (2004). La somme des bases, constituée essentiellement des ions Ca, est faible et le pH est acide (Hien, 2004).

III. Sites expérimentaux

Les dispositifs «essais longue durée» sont situés dans la partie Nord de la Station de la Direction Régionale de Recherches Environnementales et Agricoles (DRREA) du Centre, dans le village de Saria (Annexe 2). Les dispositifs sont constitués de 03 essais nommés respectivement Saria I, Saria II et Saria III (Annexe 3). Ces essais sont mis en place pour étudier la fertilité d'un sol ferrugineux tropical (Arenosol) sous plusieurs pratiques agricoles (rotations, fertilisations et labour).

III.1. Essai Entretien de Fertilité

Il s'agit d'un dispositif mis en place en 1960, pour étudier l'évolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de différentes pratiques culturales comprenant des fumures minérales et organiques. Trois systèmes de rotation sont utilisés :

- monoculture de sorgho ;
- rotation sorgho – coton ;
- rotation sorgho – légumineuse (arachide jusqu'en 1973, puis niébé ensuite).

A la suite de phénomènes d'acidification observés sur l'ensemble du dispositif, un chaulage a été effectué en 1978 et en 1988, à raison de $1,5 \text{ t ha}^{-1}$ de chaux agricole (74 % CaO) enfouie au moment du labour. Les fumures minérales et organiques ont été réajustées après 1976, sans remettre en cause la définition des traitements, le dispositif et les techniques culturales appliquées sur l'ensemble de l'essai (préparation, semis à la bonne date, respect de la densité de semis pour chaque culture, démariage précoce, sarclo-binages précoces et réguliers). Le labour est effectué tous les ans pour tous les traitements, à 15-20 cm de profondeur. Le sorgho cultivé est la variété Sariaso 14 (Annexe 4) Une synthèse a été faite par Sedogo (1993).

Six traitements identiques sont appliqués à chacun des trois systèmes ; la composition de la fumure minérale est adaptée à la nature de la culture. La fertilisation est exprimée en kg de N, kg de P_2O_5 et kg de K_2O . Les six traitements sont :

T (T1): témoin absolu ;

fmr (T2): fumure minérale faible (37-23-14-6S-1B) + recyclage des pailles de sorgho tous les deux ans ;

fmo (T3): fumure minérale faible + fumier ($5 \text{ t ha}^{-1} 2 \text{ ans}^{-1}$) ;

fm (T4): fumure minérale faible sans fumier ;

FMO (T5): fumure minérale forte (60-23-44-6S-1B)+fumier ($40 \text{ t ha}^{-1} 2 \text{ ans}^{-1}$). De 1960 à 1963 le fumier est apporté à raison de $5 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$. De 1964 à 1976 la dose passe à $40 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$. C'est après 1976 donc que les doses actuelles de 40 t sont adoptées ;

FM (T6): fumure minérale forte sans fumier.

La paille est exportée pour l'ensemble des traitements à l'exception de T2. Le recyclage de la paille de sorgho est effectué à partir des pailles de l'année précédente ; elle est hachée avant d'être apportée sur les parcelles. Le fumier est un mélange de paille de sorgho et de déjections

animales produites à l'étable, stocké dans des fosses où il évolue pendant 6 mois environ. Le fumier et la paille sont enfouis par le labour ainsi que les engrais minéraux, lors du semis. Les engrais apportés à la montaison et à la floraison sont enfouis par le sarclo-binage réalisé juste après leur épandage. L'urée est fractionnée au semis, à la montaison et à la floraison.

Le dispositif est un split-plot en blocs complets, avec six répétitions. Les parcelles mesurent 10 m de long sur une largeur de 8,40 m. Une allée de 2 m sépare deux blocs voisins (Annexe 5).

L'étude des nématodes sur ce site a été faite pour les trois rotations culturales, sur les 06 traitements. L'étude de la macrofaune sur ce site a été faite pour les trois rotations uniquement sur le traitement T3 (traitement vulgarisé en milieu paysan).

III.2. Essai Étude Comparative

Ce dispositif a été implanté en 1980, pour comparer les effets de diverses sources de matières organiques exogènes (fumier, pailles de sorgho, composts aérobies, composts anaérobies), en présence ou non de fumure azotée (sous forme d'urée) sur les rendements du sorgho (variété Sariasso 14) et la fertilité du sol. Un accent particulier est porté sur les effets des traitements sur la matière organique du sol (MOS) et la nutrition azotée du sorgho. Le labour est effectué pour tous les traitements à 15 – 20 cm de profondeur. Les parcelles mesurent 5,20 m de longueur sur 4 m de largeur. Une allée de 2 m sépare deux blocs voisins. C'est un dispositif en factoriel 5 x 2 avec 6 répétitions (Annexe 6).

Ce dispositif combine quatre (04) types de substrats organiques avec deux niveaux d'azote :

T1: Témoin sans azote T (-N) ;

T2 : Témoin avec azote T (+N);

T3 : Compost anaérobie ($10 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) sans azote Can (-N);

T4 : Compost anaérobie ($10 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) avec azote Can (+N);

T5 : Compost aérobie ($10 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) sans azote Cae (-N);

T6 : Compost aérobie ($10 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) avec azote Cae (+N);

T7 : Fumier ($10 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) sans azote F (-N);

T8 : Fumier ($10 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) avec azote F (+N);

T9 : Paille ($10 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) sans azote P (-N);

T10 : Paille ($10 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) avec azote P (+N).

L'apport de l'azote est de $60 \text{ kg ha}^{-1}\text{an}^{-1}$ sous forme d'urée (46% de N) en deux fractions : une moitié au semis et une autre à la montaison (30 jours après semis). Le compost aérobie est obtenu par le compostage de paille de sorgho et de déjections de bovins, dans des fosses pendant 3 mois. Il est préparé dans des compostières de $1,5 \text{ m}^3$. Ce que l'on nomme compost anaérobie dans cette expérimentation est en fait un sous produit de méthanisation issu de la fermentation dans des cuves de biogaz anaérobie de la station ; la paille de sorgho et les déjections animales sont fermentées en milieu anaérobie, pendant 5 à 6 mois. Il y a aussi une application de fumure PK uniforme.

Tous les traitements ont été considérés dans l'étude de la microfaune.

Les traitements considérés dans l'étude de la macrofaune sont : T (-N), T (+N), P (-N), P (+N), F (-N) et F (+N).

III.3. Essai Étude Physique

L'essai EEP a été implanté en 1990 en vue d'étudier les effets à long terme des modes de travail du sol sur l'évolution des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol sous culture de sorgho (variété Sarioso 14). Deux types de préparation du sol (grattage du sol à la daba, (sorte de houe), ou travail manuel, labour à plat aux bœufs) associés ou non à l'apport de $10 \text{ t ha}^{-1} \text{an}^{-1}$ de fumier sont ainsi évalués. Le labour aux bœufs est effectué à 15-20 cm et le grattage manuel à 3-5 cm de profondeur. La fumure minérale est apportée chaque année sous forme de NPK (14-23-14) et d'urée (46% de N), aux doses respectives de 100 et 50 kg ha^{-1} . Les parcelles mesurent 8 m de longueur et 7 m de largeur. Une allée de 2 m sépare deux blocs voisins. C'est un dispositif en bloc de Fisher avec 3 répétitions (3 blocs) (Annexe 7).

Tous les 04 traitements ont été considérés dans l'étude de la microfaune et de la macrofaune du sol.

III.4. Sites d'étude en milieu paysan

L'inventaire des nématodes a été réalisé dans 42 champs paysans sous des pratiques culturales différentes. Les prélèvements d'échantillons pour étudier les nématodes ont été effectués dans 32 exploitations en culture de niébé et 10 en culture de sorgho. Les exploitations paysannes sont

situées dans les villages de Saria, Villy et Godin autour dans la station de recherches environnementales et agricoles de Saria (Figure III.2).

Les champs de niébé ont été essentiellement fertilisés en NPK (14-23-14). Deux exploitants ont fait un épandage de fumier (Sa21 et Vi18), et un seul (Sa12) a épandu des feuilles de neem (*Azadirachta indica* A. Juss). La superficie des champs de niébé varie de 0,1 à 2 ha ; exception faite du producteur Sa16 dont le champ de niébé a une superficie de 7 ha. Les détails de la fertilisation dans les différentes exploitations de niébé sont donnés dans le Tableau III.1. Pour l'analyse des résultats, les exploitations ont été réparties en 4 groupes selon la dose de NPK appliquée :

- groupe I (GI): 0-20 kg/ha;
- groupe II (GII) : 20-40 kg/ha ;
- groupe III (GIII) : 40-60 kg/ha ;
- groupe IV (GIV) : 60-120 kg/ha.

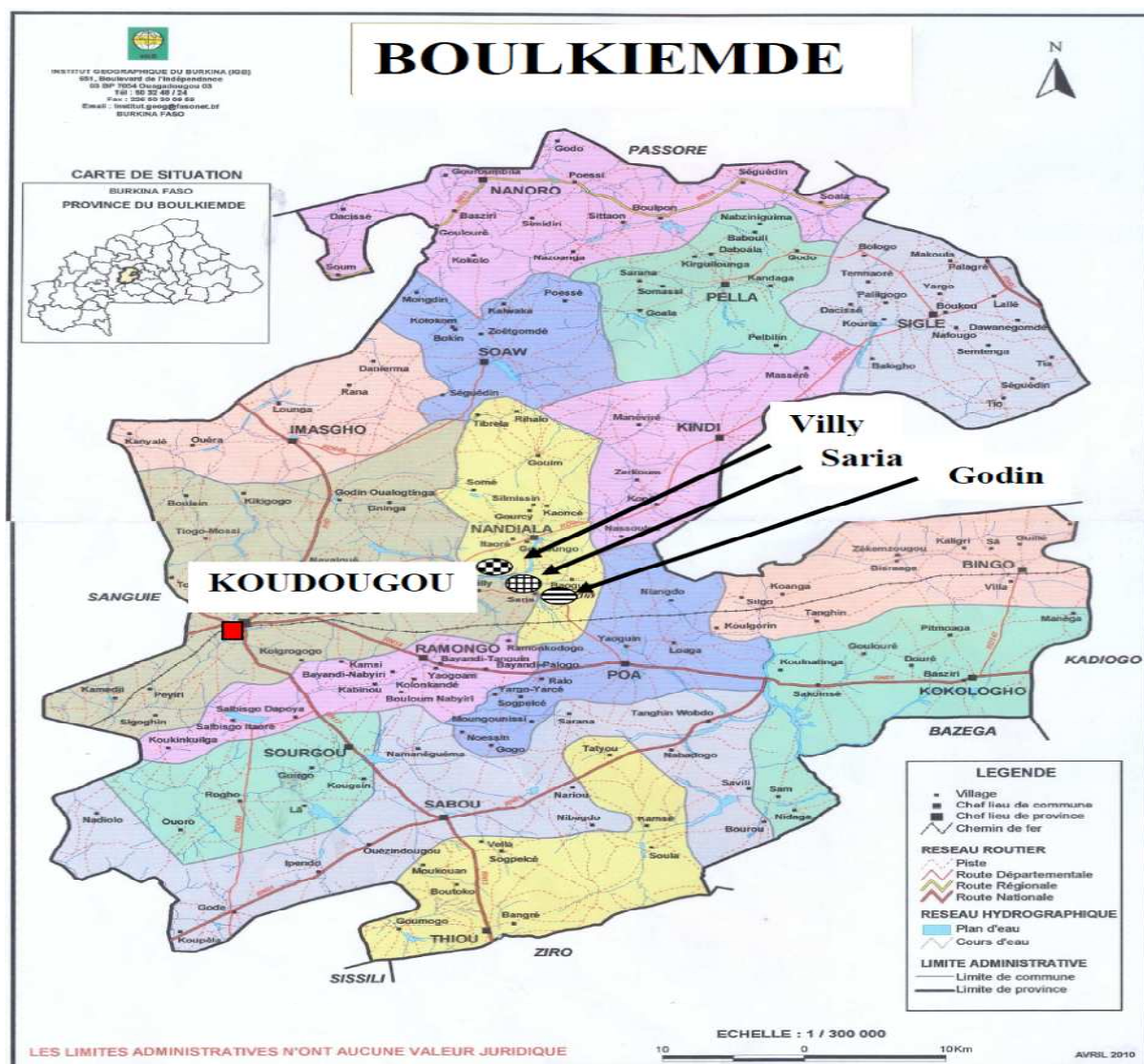


Figure III.2: Sites d'étude en milieu paysan (villages de Villy, Saria et Godin).

Tableau III.1: Pratiques de fertilisation chez 32 producteurs de Niébé de Saria, Villy et Godin

N°	Nom des producteurs	Codes	Fumier (t/ha)	Feuilles de neem (x 300 kg)	NPK (k/ha)
Groupe I					
1	Nana Gilbert	Sa26	0	0	0
2	Kiemtoré Daniel	Sa17	0	0	18
3	Kaboré T Michel	Sa22	0	0	18
4	Kiemtoré Manegda	Sa16	0	0	0
5	Ouédraogo Ousmane	Sa14	0	0	20
6	Kabré Issaka R	Sa21	1	0	0
7	Kiemtoré Ousmane	Sa15	0	0	0
8	Kologo Benjamin	Go01	0	0	8
9	Kologo Marc Guitare	Go20	0	0	0
10	Zonga Moryouré Parzoum	Go27	0	0	3
11	Kiemdé Augustin	Vi05	0	0	6
12	Kiendrebeogo Jean	Vi19	0	0	0
13	Bonkougou Antoine	Vi18	5	0	0
Groupe II					
14	Kabré Lassané	Sa23	0	0	33,3
15	Kaboré Souleymane	Sa08	0	0	32
16	Kiemtoré Inoussa	Sa30	0	0	36
17	Kabré Mohaï	Sa10	0	0	27
18	Kiemtoré Marcel	Sa20	0	0	24
19	Kologo Emmanuel	Go30	0	0	36
20	Kabré Tahibou	Sa12	0	10	24
21	Zongo Pascal	Go16	0	0	30
22	Bonkougou Sombé	Vi16	0	0	25
23	Bonkougou Nobi	Vi13	0	0	24
Groupe III					
24	Kabre Adama	Sa05	0	0	48
25	Ouédraogo Antoine	Sa19	0	0	50
26	Zongo jonas	Go21	0	0	58,6
Groupe IV					
27	Simporé Tasséré	Sa07	0	0	90
28	Kaboré Issaka	Sa02	0	0	100
29	Souly Pascal	Sa09	0	0	100
30	Kaboré Oumarou	Sa03	0	0	90
31	Zongo Jacques	Go24	0	0	120
32	Zongo Alidou	Go29	0	0	100

Le traitement T3 (fumure minérale faible +5 tonnes de fumier par ha tous les deux ans+exportation de la paille) pratiqué sur le site Saria I (EEF) est un traitement conseillé à la vulgarisation en milieu paysan, notamment au sein des producteurs agricoles situés dans les villages autour de la station de recherches de Saria. Un inventaire des nématodes sous cultures de sorgho chez 10 de ces producteurs a permis d'étudier l'infestation en nématodes au sein de leurs exploitations. Les champs de sorgho sont séparés de ceux du niébé même s'ils appartiennent au même producteur.

Tableau III.2: Liste des producteurs appliquant le traitement T3 (fumure minérale faible (37-23-14-6S-1B) avec fumier ($5 \text{ t ha}^{-1} \text{ 2 ans}^{-1}$) avec exportation de la paille de sorgho.

N°	Nom, Prénom(s)	Codes
1	Kaboré Issaka	Sa02
2	Kologo Emmanuel	Go30
3	Kiemtoré Manegda	Sa16
4	Ouédraogo Ousmane	Sa14
5	Nana Gilbert	Sa26
6	Kiemtoré Marcel	Sa20
7	Zongo Jacques	Go24
8	Kabré Mohaï	Sa10
9	Kabré Lassané	Sa23
10	Kabré Issaka R	Sa21

Chapitre IV. Méthodologie

I. Echantillonnage de la microfaune

Les nématodes ont été échantillonnés selon la méthode des cultures en rangs. L'échantillon d'une parcelle est constitué par des prélèvements de sols effectués à 20 cm de profondeur, en plusieurs endroits à l'aide d'une truelle, en fonction de la taille de la parcelle, de manière à couvrir toute la parcelle (pour la taille de nos parcelles qui varient de 20,8 à 84 m², le prélèvement a été fait en 5 points). Un échantillon pèse en moyenne 3 kg de sol et des fragments de racines du sorgho. Le prélèvement des échantillons a été effectué au lendemain de la récolte. Les populations de la plupart des nématodes phytoparasites dans le sol ont tendance à culminer en cette période, une fois que la partie aérienne des cultures s'est fanée ou est morte (Celetti, 2006). Au total 102 échantillons ont été prélevés sur les 03 sites des essais "longue durée" : 54 échantillons à Saria I, 30 échantillons à Saria II, 12 échantillons à Saria III et 06 échantillons dans les jachères bordant les sites. Trente (30) échantillons ont été prélevés dans les exploitations paysannes. Les échantillons de sols ont été placés dans des sacs plastiques attachés et étiquetés, entreposés à l'abri des rayons du soleil dans un endroit frais et transportés au laboratoire de nématologie de la Direction Régionale de Recherches Environnementales et Agricoles (DRREA) de Farako-bâ (Bobo-Dioulasso, Burkina Faso) pour l'extraction et l'identification des nématodes.

II. Extraction des nématodes

L'extraction des nématodes du sol a été faite en utilisant la méthode de l'élutriateur de Seinhorst (Merny et Luc, 1969). Une fraction de sol de 250 cm³ a été prélevée par échantillon et soumise aux trois phases que comporte cette méthode d'extraction : la phase d'élutriation, la phase de tamisage et la phase de filtration active qui sépare les nématodes des impuretés du sol sur la base de leur mobilité. Après extraction, l'identification des nématodes est effectuée à l'aide de critères biologiques telles que la forme du corps, la forme du stylet et les soies de la tête. Le dénombrement des nématodes est effectué à l'aide de la plaque de comptage sous la loupe binoculaire. Les effectifs de la population sont exprimés en nombre de nématodes / dm³ de sol (N/dm³).

L'extraction des nématodes des racines a été faite par la méthode de l'appareil « asperseur » de Seinhorst (Merny et Luc, 1969). L'échantillon des racines est lavé, découpé en menus morceaux, placé sur un support à grosses mailles et déposé dans un entonnoir relié à un récipient. Les

racines sont maintenues sous un brouillard pendant 14 jours. Leur décomposition entraîne la libération des nématodes qui sont retenus dans le récipient. Ils sont soumis à une filtration active avant le comptage. Après extraction, l'identification et le dénombrement des nématodes sont effectués à l'aide de la plaque de comptage sous la loupe binoculaire. L'identification des nématodes est effectuée à l'aide de critères biologiques tels que la forme du corps, la forme du stylet et les soies de la tête. Les effectifs de la population des nématodes sont exprimés en nombre de nématodes / gramme de racines fraîches (N/g racines).

III. Echantillonnage de la macrofaune

L'échantillonnage de la macrofaune a été effectué huit semaines après les semis, par la méthode des monolithes, méthode standard TSBF. Le monolithe est un bloc du sol de 25 cm x 25 cm x 30 cm de profondeur, prélevé dans chaque parcelle (Anderson et Ingram, 1993). Pour les termites, une fouille complémentaire est réalisée dans un transect de 5 x 2 m réalisé autour du monolithe (Jones et Eggleton, 2000). Le transect a été fouillé en surface et à une profondeur de 5 cm à la daba, puis les termites sont collectés dans des flacons de conservation contenant de l'alcool à 75%.

Pour chaque traitement, trois (03) monolithes ont été pris. La macrofaune a été recueillie par tri à la main à l'aide de pincettes sur un plateau en plastique. Au total cinquante sept (57) monolithes ont été prélevés (dix huit (18) à Saria I, dix-huit (18) à Saria II, douze (12) à Saria III et neuf (09) dans les jachères bordant les sites de culture). Les vers de terre ont été tués dans 75% d'alcool, puis fixés dans du formaldéhyde 4%. Les termites et les autres groupes de macrofaune ont été conservés dans des flacons contenant de l'alcool à 75% et acheminés au laboratoire pour l'identification. Celle-ci a été réalisée au Département de zoologie des invertébrés du Musée National de Nairobi au Kenya et au Laboratoire d'Histoire Naturelle du Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique au Burkina Faso.

IV. Estimation des rendements des cultures

Le rendement en grains et en pailles du sorgho d'une parcelle est le rendement de tous les pieds de la parcelle utile. La parcelle utile est obtenue en éliminant deux lignes de culture de chaque côté de la parcelle élémentaire. Sur cette partie restante, un poquet est également abandonné à chaque bout de ligne pour éviter les effets de bordure. Les rendements en grains et en pailles sont calculés en prenant en compte tous les pieds du sorgho la parcelle utile à la récolte.

V. Traitement et analyse des données

Les données obtenues ont été introduites dans le tableur Excel et soumises à l'analyse de variance (ANOVA), General Linear Model (GLM) en utilisant Minitab version 13.1. Les moyennes ont été comparées à l'aide du test de Fisher, au seuil de probabilité de 5%. Pour la description de la macrofaune des sites, plusieurs paramètres ont été utilisés. La diversité spécifique a été exprimée par l'Indice de Shannon : $H' = - \sum (p_i \ln p_i)$, où H' : indice de biodiversité de Shannon, i : une espèce du milieu d'étude, p_i : proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude (ou richesse spécifique du milieu), qui se calcule de la façon suivante: $p(i) = n_i / N$ où n_i est le nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total (les individus de toutes les espèces). Cet indice est accompagné d'un autre indice, l'indice d'Equitabilité (IE), qui traduit l'abondance relative des différentes espèces au sein du peuplement : $IE = H' / \ln S$, où S est la richesse spécifique du peuplement (Magurran, 2006). Un paramètre d'ordre quantitatif, l'abondance a été utilisé pour exprimer le nombre d'individus d'une espèce par unité de surface. Enfin la biomasse, masse totale de la substance vivante présente sur une unité de surface, a été utilisée pour exprimer l'importance des différentes espèces sur les sites.

Partie III. Résultats et Discussion

Chapitre V. Résultats

I. Étude des effets des rotations culturales sur la faune du sol et les rendements des cultures

I.1. Effet de la rotation culturale sur la microfaune

Cette étude s'est déroulée sur l'Essai Entretien de Fertilité. En rappel, trois (03) systèmes de rotations culturales sont mises en place sur cet essai pour étudier l'évolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical (Arenosol) sous l'influence de différentes pratiques culturales: monoculture de sorgho ou rotation sorgho-sorgho (SS), rotation sorgho – coton (SC) et rotation sorgho – niébé (SN).

I.1.1. Nématodes du sol

Au total 05 espèces de nématodes ont été identifiées dans les 03 rotations. Il s'agit de *Pratylenchus brachyurus* Godfrey, 1929 (Famille : Hoplolaimidae, sous – famille : Pratylenchinae), *Tylenchorhynchus martini* Cobb, 1913 (Famille : Tylenchidae), *Helicotylenchus multicinctus* Cobb, 1893 (Famille Hoplolaimidae), *Scutellonema cavenessi* Andrassy, 1958 (Famille Hoplolaimidae), *Criconemoides curvatum* Raski, 1952 (Famille : Criconematidae). Leurs densités varient de 7 à 3770 N / dm³ de sol selon le traitement appliqué à la rotation. La cinquième espèce *C. curvatum* a été rencontrée uniquement sur la rotation SN à raison de 27 N par dm³. Les trois premières espèces (*P.brachyurus* *T. martini*, et *H. multicinctus*) représentent plus de 98% du nombre de nématodes. L'espèce *S. cavenessi* est très faiblement représentée sur l'ensemble des 03 rotations, avec des densités de 0 à 60 individus par dm³ de sol (Tableau V.1). La densité de population de *P. brachyurus* est significativement corrélée au type de rotation ($p = 0,002$) et non significative quant au type de traitement ($p=0,731$). La densité de population de *T. martini* est significativement corrélée au type de traitement ($p = 0,007$) et non significative pour le type de rotation ($p = 0,892$); celle de *H. multicinctus* est significativement corrélée au type de rotation ($p = 0,001$) et au type de traitement ($p = 0,034$). Les densités de population de *S. cavenessi* et *C. curvatum* ne sont pas significativement corrélées ni au type de rotation ($p = 1,000$ et $p = 0,376$) ni au type de traitement ($p = 0,273$ et $p = 0,428$).

Dans la monoculture de sorgho, nous enregistrons de faibles taux d'infestation en nématodes du sol avec les traitements T3, T5 et T6, par rapport aux traitements T1, T2 et T4. Les deux

principaux nématodes enregistrent des taux d'infestation respectifs de 3591 et 3280 N/dm³ de sol pour *P. brachyurus* et 2963 et 1207 N/dm³ de sol pour *T. martini* au niveau des traitements T2 et T4. Les deux autres nématodes ont de faibles densités de populations, de 60 à 200 N/dm³ de sol dans cette rotation (Tableau V.1).

Tableau V.1: Infestation en nématodes (N/dm³ de sol) du sol sous les différentes rotations en fonction des traitements sur le site Saria I

Types de traitements appliqués aux 03 rotations	Espèces de nématodes				
	Praty	Tylencho	Helico	Scutello	Crico
SST1	2433 ^{ab} ±191	1320 ^b ±105	113 ^a ±8,72	0	0
SST2	3591 ^a ±287	2963 ^{bc} ±239	27 ^{ba} ±2,21	60 ^a ±5	0
SST3	940 ^b ±72	727 ^{ba} ±61	80 ^a ±6,47	0	0
SST4	3280 ^a ±263	1207 ^b ±96	27 ^{ba} ±2,19	0	0
SST5	460 ^c ±32	353 ^a ±32	200 ^c ±16,01	0	0
SST6	1175 ^b ±94	1027 ^b ±82	0	0	0
SCT1	20 ^d ±1,54	707 ^{ba} ±55	287 ^c ±25	20 ^b ±1,63	0
SCT2	20 ^d ±1,49	2827 ^{bc} ±228	193 ^c ±17	13 ^{bc} ±1,62	0
SCT3	80 ^e ±6,1	853 ^{ba} ±71	260 ^c ±20	10 ^{bc} ±0,85	0
SCT4	13 ^f ±1,02	980 ^{ba} ±77	1220 ^{ab} ±102	0	0
SCT5	7 ^f ±0,53	1320 ^b ±106	227 ^c ±10	20 ^b ±1,69	0
SCT6	27 ^d ±2,24	520 ^a ±40	27 ^{ba} ±2,2	0	0
SNT1	20 ^d ±1,52	1153 ^b ±92	100 ^a ±8,24	20 ^b ±1,4	0
SNT2	13 ^f ±1	3770 ^d ±305	667 ^{bc} ±51	13 ^{bc} ±0,1	27 ^a ±2,6
SNT3	120 ^e ±9,88	1067 ^b ±85	520 ^{bc} ±38	0	0
SNT4	220 ^h ±17	623 ^a ±50	1307 ^{ab} ±103	20 ^b ±1,09	0
SNT5	113 ^e ±9,23	527 ^a ±41	127 ^c ±10	7 ^{bc} ±0,05	0
SNT6	1187 ^b ±95	967 ^{ba} ±77	3220 ^{ca} ±262	0	0

Les chiffres portant une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil $p < 0,05$, selon le test de Fisher

Praty = *P. brachyurus* ; **Tylencho** = *T. martini* ; **Hélico** = *H. multicinctus*; **Scute** = *S. cavenessi* ; **Crico** = *C. indicus*,
T1 – T6 : Traitements appliqués **SS**: Monoculture de sorgho; **SC**: Rotation Sorgho-Coton; **SN**: Rotation Sorgho-Niébé

Dans la rotation sorgho-coton, les infestations sont dues essentiellement à *T. martini* et à *H. multicinctus* avec des densités de population pouvant atteindre, respectivement 2827 à 3220 N/dm³ de sol au traitement. Les deux autres espèces *P. brachyurus* et *S. cavenessi* apparaissent avec des densités de populations très faibles, de 7 à 80 N/dm³ de sol. Les traitements T3, T5 et T6 sont, sous cette rotation, les traitements les moins infestés en nématodes du sol (Tableau V.1).

La rotation sorgho-niébé enregistre une infestation en nématodes du sol due aussi essentiellement à *T. martini* et à *H. multicinctus*. Leurs densités de population sont, par contre plus importantes qu'au niveau de la rotation sorgho-coton. On enregistre jusqu'à 3770 N/dm³ de sol pour *T. martini* sous le traitement T2. L'espèce *P. brachyurus*, qui avait pratiquement disparue sous la rotation sorgho-coton, réapparaît dans la rotation sorgho-niébé, avec des densités de populations allant de 13 à 1187 N/dm³ de sol sous T6. Les traitements T3, T4 et T5 sont, sous cette rotation, les traitements les moins infestés (Tableau V.1).

Dans tous les trois (03) systèmes de culture, les traitements T2 et T4, qui associent la fumure minérale à faible dose sans fumier, ont été les plus infestés (Tableau V.2). Ces deux traitements ont représentés en moyenne 55% des infestations pour la rotation S et SC. Pour la rotation SN, le traitement T6 rejoint les traitements les plus infestés et les trois traitements regroupent 77% des infestations. Les traitements associant la fumure minérale et le fumier (T3, T5) se sont révélés, par contre, moins infestés par les nématodes. Toutes espèces confondues, ces traitements entraînent en moyenne, 10 % des infestations par rotation, sauf pour le sorgho-coton où on enregistre un taux de 16% pour T5 (Tableau V.1).

Tableau V.2: Importance relative de l'infestation (%) en nématodes des différentes rotations en fonction du traitement appliqué à Saria I

Types de traitement	Types de rotations		
	Sorgho-sorgho	Sorgho-coton	Sorgho-niébé
T1	19	11	8
T2	33	32	28
T3	9	12	11
T4	23	23	14
T5	5	16	5
T6	11	6	34

De façon générale, la monoculture de sorgho est la plus infestée en nématodes, suivie de la rotation sorgho-niébé (Tableau V.3). Ces deux rotations représentent, respectivement, 44% et 35% du total des infestations, contre 21% pour la rotation sorgho-coton.

Tableau V.3: Nombre total de nématodes et proportion (%) selon la rotation culturale à Saria I

Type de rotation	Nombre de nématodes	Pourcentage (%)
Rotation sorgho-sorgho	19 983	44
Rotation sorgho-coton	9 651	21
Rotation sorgho-niébé	15 808	35

Un inventaire des nématodes dans la jachère qui borde le site a été effectué pour comparer les populations de nématodes du site de culture (Figure V.1). Cet inventaire montre une nématofaune plus diversifiée, on note l'apparition de *Telotylenchus indicus*, espèce non recensée sur le site cultivé.

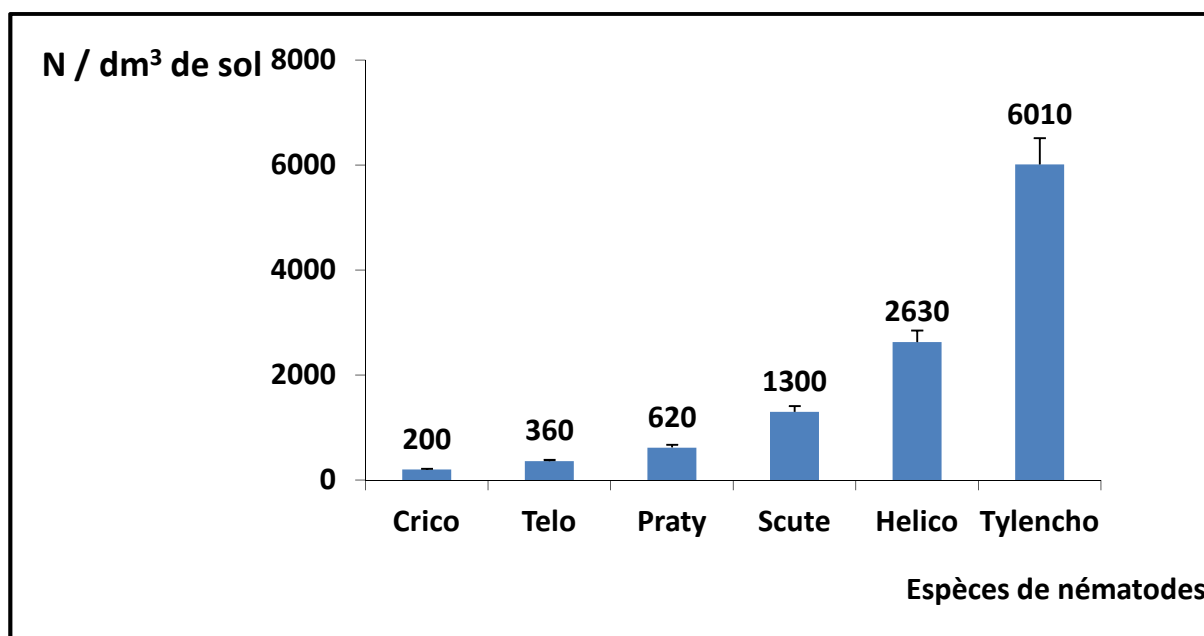


Figure V.1: Infestation en nématodes dans la jachère de bordure de Saria I

Praty = *P. brachyurus* ; **Tylencho** = *T. martini* ; **Hélico** = *H. multicinctus*; **Scute** = *S. cavenessi* ; **Crico** = *C. indicus* ; **Telo** : *T. indicus*

Cette population est dominée par *T. martini* et *H. multicinctus* et *S. cavenessi*, avec des densités respectives de 6010, 2630 et 1300 N/dm³ de sol. *P. brachyurus*, a des densités relativement faibles (620 N/dm³ de sol) dans la jachère par rapport au site de culture.

I.1.2. Nématodes des racines

Parmi les 5 nématodes rencontrés dans le sol, un seul est responsable des infestations des racines du sorgho. Il s'agit de *P. brachyurus*, dont les taux d'infestation vont de 1 à 35 N/g de racines (Tableau V.4).

Dans la rotation sorgho continu, le T1 (témoin absolu) est le plus infesté, avec 35 N/g de racines. Les traitements les moins infestés sont les traitements T3 (fumure minérale de faible dose avec fumier) et T5 (fumure minérale de forte dose avec fumier) avec, respectivement 4 et 2 N/g de racines. Les 3 autres traitements T2 (fumure minérale faible dose avec recyclage des pailles de sorgho tous les deux ans), T4 (fumure minérale de faible dose sans fumier) et T6 (fumure minérale de forte dose sans fumier) occupent une position intermédiaire, avec, respectivement, 8, 12 et 11 N/g de racines (Tableau V.4).

Au niveau de la rotation sorgho-coton, les taux d'infestation vont de 0 à 18 N/g de racines. Le taux d'infestation le plus élevé est enregistré au niveau du T1 avec 18 N/g de racines. Ici aussi c'est le traitement T5 qui n'enregistre pas une infestation et le traitement T3 a un taux d'infestation de 1 N/g de racines. Les 3 autres traitements ont des taux d'infestation qui varient de 3 à 5 N/g de racines.

La tendance observée dans la monoculture de sorgho et la rotation sorgho-coton se confirme au niveau de la rotation sorgho-niébé. Le taux maximum d'infestation est rencontré au niveau de T1, avec 11 N/g de racines. Le traitement T3 n'est pas infesté et les autres traitements ont de faibles taux d'infestation, allant de 1 à 4 N/g de racines.

D'une manière générale, les racines des cultures sont plus infestées par *P. brachyurus* dans la monoculture de sorgho par rapport aux deux autres types de rotation, sorgho-coton et sorgho-niébé. Le sorgho-niébé étant la rotation où les racines des plantes sont les moins infestées par *P. brachyurus*. Les taux moyens d'infestation des 3 systèmes de rotation (rotation sorgho-sorgho, sorgho-coton et sorgho-niébé) sont respectivement de 12, 5,5 et 3,5 N/ g de racines (Tableau V.4).

Tableau V.4: Infestation des racines du sorgho (N / g de racines) par *P. brachyurus* dans les différentes rotations en fonction des traitements sur le site Saria I

Traitements appliqués aux rotations	Nombre de nématodes / g de racines
Rotation sorgho-sorgho	
SST1	35 ^a ±2,8
SST2	8 ^b ±0,56
SST3	4 ^c ±0,29
SST4	12 ^d ±0,90
SST5	2 ^e ±0,14
SST6	11 ^d ±0,79
Rotation sorgho-coton	
SCT1	18 ^f ±1,24
SCT2	6 ^b ±0,43
SCT3	1 ^e ±0,07
SCT4	3 ^c ±0,22
SCT5	0±0,0
SCT6	5 ^c ±0,36
Rotation sorgho-niébé	
SNT1	11 ^d ±0,80
SNT2	4 ^c ±0,29
SNT3	0±0,00
SNT4	3 ^c ±0,22
SNT5	1 ^e ±0,07
SNT6	2 ^e ±0,14

Les chiffres portant une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil $p < 0,05$, selon le test de Fisher.

T1 – T6 : Traitements appliqués

SS: Monoculture de sorgho ; **SC :** Rotation Sorgho-Coton; **SN :** Rotation Sorgho-Niébé

I.1.3. Conclusion partielle

L'inventaire des nématodes du sol et des racines dans les 3 types de rotation montre des taux d'infestation variés selon le type de rotation. Dans les rotations sorgho-coton (SC) et sorgho-

niébé (SN), on a constaté une forte régression de *P. brachyurus*, qui est le nématode le plus abondant en monoculture de sorgho. Dans la jachère, on note aussi une très faible présence de *P. brachyurus*, mais la nématofaune a été plus diversifiée que sur les sites cultivés. Les racines du sorgho ont été également moins infestées dans les deux premières rotations (SC et SN). Les traitements avec apport simultané de matière organique et de fumure minérale réduisent l'infestation des racines par les nématodes par rapport à un apport de l'un ou l'autre de ces substrats. Ceci montre que l'apport conjoint des matières organiques et des fumures minérales, associé à la rotation culturale, permet de maintenir le potentiel de production des sols et limite l'impact des nématodes sur les cultures.

I.2. Effet de la rotation culturale sur la macrofaune

I.2.1. Termites

Sur le site d'étude, 3 espèces de termites et des termites ailés non identifiés ont été recensés (Tableau V.5). Il s'agit des espèces suivantes : *Odontotermes* sp. Holmgren 1912, *Odontotermes magdalenae* Grassé & Noirot 1950 et *Trinervitermes* sp. Holmgren 1912. Ces termites sont essentiellement des termites moissonneurs et champignonnistes (*Trinervitermes* sp., *O. magdalenae*) pour la monoculture de sorgho, de moissonneurs (*Trinervitermes* sp.) pour la rotation sorgho-niébé et de champignonnistes (*Odontotermes* sp.) pour la rotation sorgho-coton. Les termites ailés sont présents sur l'ensemble des trois rotations. La jachère de bordure présente une plus grande diversité de termites que les sites de cultures, avec 04 espèces de termites composées de champignonnistes (*Macrotermes subhyalinus* Rambur 1842), de lignivores (*Amitermes stephensoni* Harris 1957 et *Microcerotermes parvulus*) et de moissonneurs (*Trinervitermes* sp.).

Tableau V.5: Espèces, nombre, biomasse, Indice de Shannon (IS) et Indice d'Équitabilité (IE) des termites à Saria I en fonction du type de rotation

Types de rotation	Espèces de termites	Nombre d'individus (/m ²)	Biomasse (g/m ²)	IS	IE
SS	Termitidae (ailés)	48±3,7	0,09±0,0	0,8432	0,77
	<i>Trinervitermes sp.</i>	4±0,3	0,006±0,0		
	<i>Odontotermes magdalenae</i>	45±3,4	0,09±0,0		
SN	Termitidae (ailés)	3±0,2	0,001±0,0	0,2036	0,29
	<i>Trinervitermes sp.</i>	55±3,9	0,16±0,0		
SC	Termitidae (ailés)	3±0,2	0,002±0,0	0,1555	0,22
	<i>Odontotermes sp.</i>	80±5,9	0,18±0,0		
Jachère	<i>Macrotermes subhyalinus</i>	20±1,3	0,41±0,03	1,3134	0,95
	<i>Amitermes stephensoni</i>	42±2,9	0,04±0,0		
	<i>Microcerotermes parvulus</i>	63±5,1	0,17±0,0		
	<i>Trinervitermes sp.</i>	55±4,2	0,17±0,0		

SS : monoculture de Sorgho ; SN : rotation Sorgho-Niébé ; SC : rotation Sorgho-Coton

La monoculture de sorgho est la pratique culturale qui renferme le plus grand nombre d'individus par unité de surface (97 individus/m²), suivie des rotations sorgho/coton (83 individus/m²) et rotation sorgho/niébé (58 individus/m²) (Figure V.2). La jachère qui borde ce site est plus riche en nombre d'individus que les 03 types de rotations avec 180 individus/m².

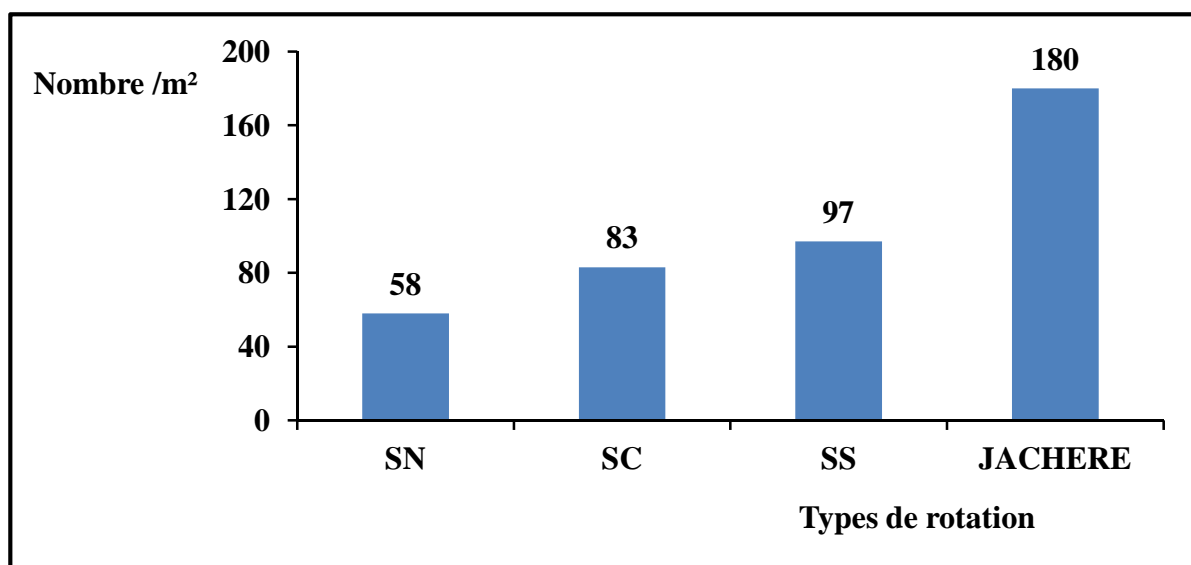


Figure V.2: Nombre de termites par unité de surface à Saria I en fonction du type de rotation

SS : monoculture de Sorgho ; SN : rotation Sorgho-Niébé ; SC : rotation Sorgho-Coton

Les trois (03) systèmes de rotation (SS, SN et SC) ont des valeurs de biomasse totale respectives de 0,191; 0,157; et 0,183 g/m². Elles sont nettement inférieures à la biomasse de la jachère (0,789 g/m²) (Figure V.3).

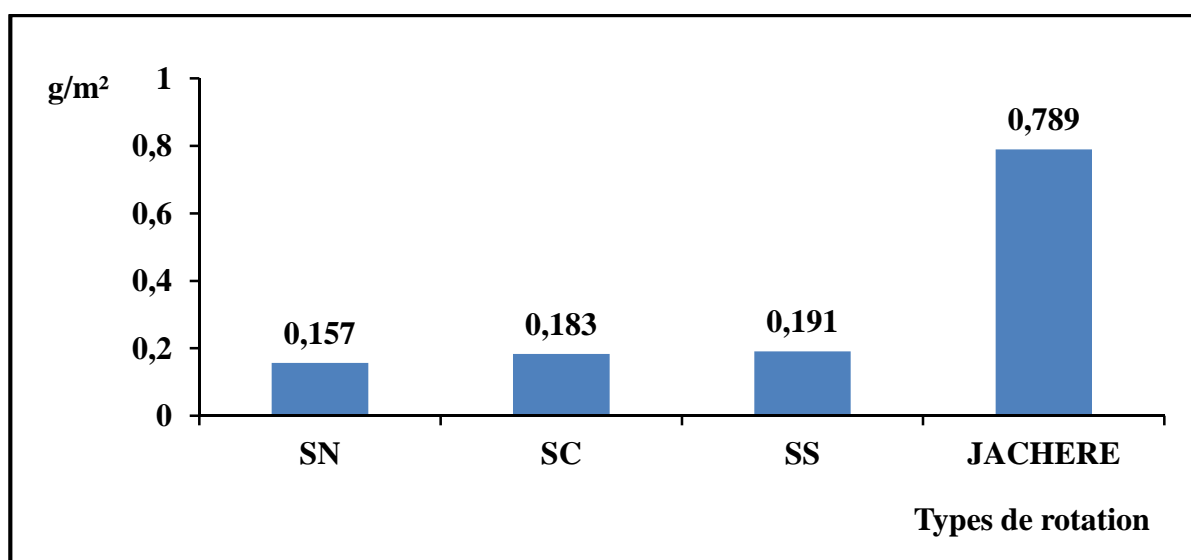


Figure V.3: Biomasse des termites par unité de surface à Saria I en fonction du type de rotation

SS : monoculture de Sorgho ; SN : rotation Sorgho-Niébé ; SC : rotation Sorgho-Coton

Au niveau de l'Indice de Shannon, nous avons la plus grande diversité pour la monoculture de sorgho (IS=0,8432), suivi des rotations sorgho-niébé (IS=0,2036) et sorgho-coton (IS=0,1555). La jachère a une valeur d'Indice de Shannon plus élevée que celle des sites de culture (IS=1,3134) (Figure V.4). Par rapport à la valeur moyenne de l'Indice de Shannon (IS moyen = 0,6289), nous avons les rotations SN et SC qui sont situées en dessous de la moyenne, puis la jachère et la rotation sorgho-sorgho au dessus de cette valeur. L'Indice d'Equitabilité (IE) montre un peuplement plus équilibré dans la monoculture de sorgho par rapport aux deux autres rotations qui ont des peuplements contrastés, dominés par une seule espèce. La jachère présente une meilleure répartition des espèces (IE = 0,95) (Tableau V.5).

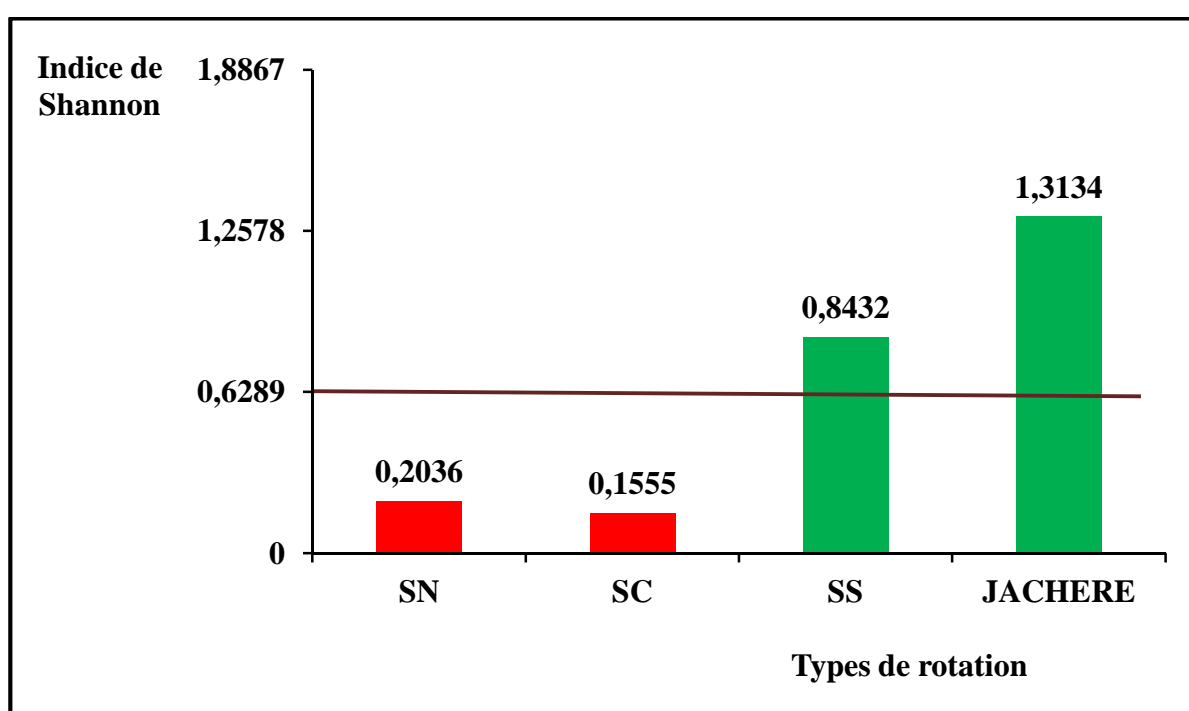


Figure V.4: Variation de l'indice de diversité des termites des différentes rotations à Saria I par rapport à la diversité moyenne (IS moyen = 0,6289)

SS: Monoculture de Sorgho ; SN : rotation Sorgho – Niébé ; SC : rotation Sorgho-Coton

I.2.2. Vers de terre

Trois espèces de vers, *Millsonia inermis* Beddard 1894, *Dichogaster affinis* Michaelsen 1890 et *Dichogaster sp* Beddard 1888 et des vers juvéniles ont été rencontrés (Tableau V.6). Ils appartiennent à deux groupes de vers de terre. *Dichogaster affinis* et *Dichogaster sp* sont des

vers de terre géophages de faible profondeur (anéciques) qui se nourrissent essentiellement de terre prélevée dans l'horizon 0-10 cm, et quelque fois plus profondément. *Millsonia inermis* est un vers géophage de grande profondeur (endogé) qui se nourrit de fractions organiques prélevées dans la terre à 30 cm de profondeur où il vit.

La rotation sorgho-niébé renferme des vers de terre de type endogé (*M. inermis*) et la rotation sorgho-coton, des vers anéciques (*D. affinis*). Seuls des vers de terre juvéniles ont été rencontrés dans la monoculture de sorgho. Dans la jachère de bordure, on rencontre les deux espèces de vers de terre observés sur les sites de culture.

Tableau V.6: Espèces, nombre, biomasse, Indice de Shannon (IS) et Indice d'Équitabilité (IE) des vers de terre des différentes rotations à Saria I en fonction des types de rotations

Types de rotation	Espèces	Nombre (/m ²)	Biomasse (g/m ²)	IS	IE
Monoculture de sorgho	Juvéniles	5±0	0,73±0	0,000	0
Rotation sorgho-niébé	Juvéniles	10±1	1,66±0	0,6365	0,92
	<i>Millsonia inermis</i>	5±1	3,93±0		
Rotation sorgho-coton	<i>Dichogaster affinis</i>	5±0	0,08±0,0	0,000	0
Jachère	<i>Millsonia inermis</i>	16±1	12,74±1	0,6554	0,95
	<i>Dichogaster affinis</i>	28±2	33,49±3		

Des trois (03) types de rotations, le plus grand nombre d'individus de vers de terre par unité de surface (15 individus) est rencontré dans la rotation sorgho-niébé (Figure V.5). Les 02 autres rotations renferment chacune cinq (05) d'individus. La jachère se distingue nettement du site cultivé, avec 44 individus des deux espèces ; le nombre d'individus de *D. affinis* représente presque le double de *M. inermis*.

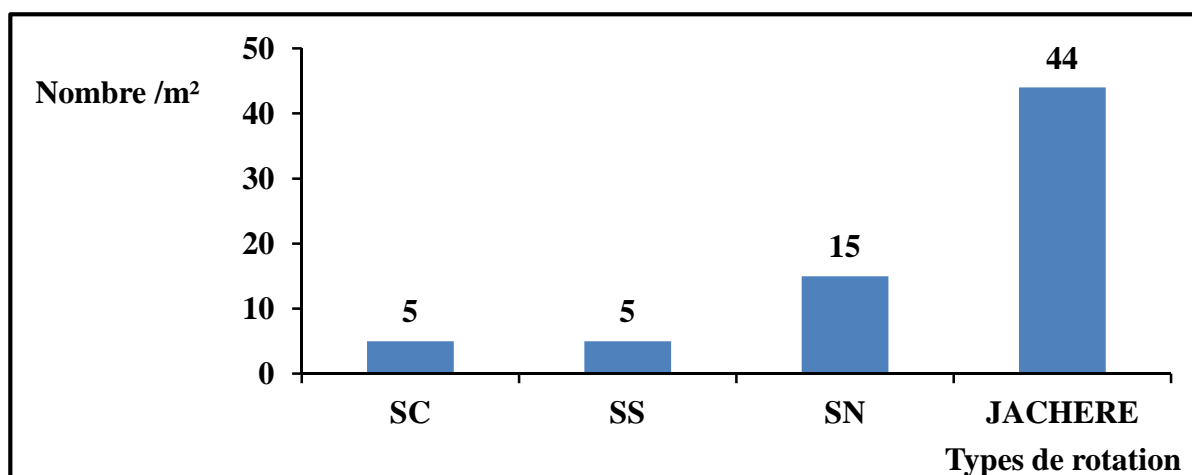


Figure V.5: Nombre des vers de terre par unité de surface à Saria I en fonction du type de rotation

La biomasse varie dans le même sens que le nombre d'individus (Figure V.6). La rotation sorgho-coton a la plus petite valeur de biomasse (0,075 g/m²), suivie du sorgho continu (0,73 g/m²). La troisième rotation, sorgho-niébé, possède une biomasse de vers de terre nettement au dessus de celles des deux autres rotations (5,59 g/m²). La jachère a la biomasse la plus importance avec 46,23 g/ m².

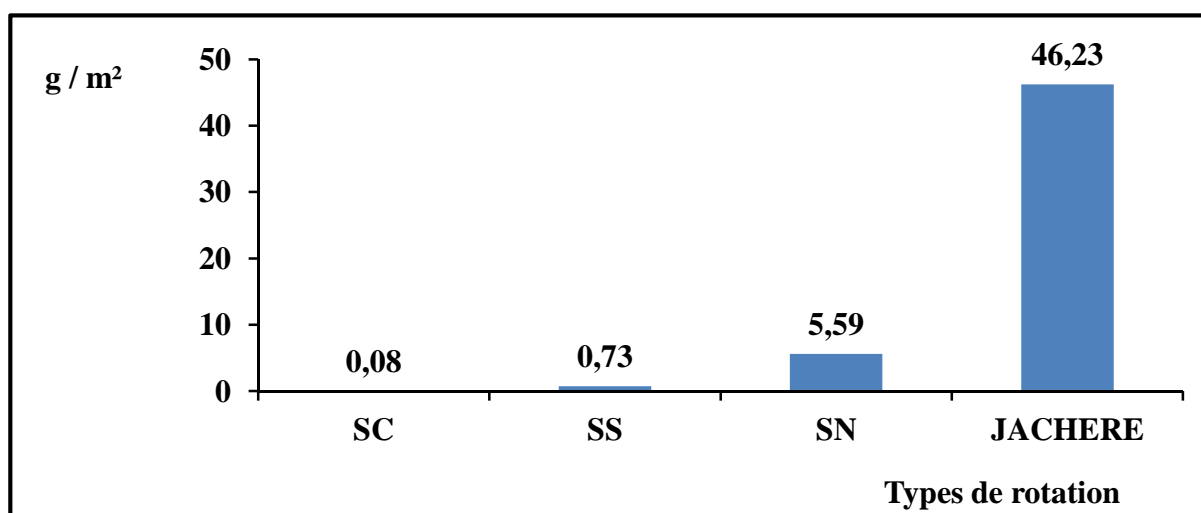


Figure V.6: Biomasse des vers de terre par unité de surface à Saria I en fonction du type de rotation

SS : monoculture de Sorgho ; SN : rotation Sorgho – Niébé ; SC : rotation Sorgho-Coton

L'Indice de Shannon et l'Indice d'Equitabilité ont des valeurs nulles pour deux rotations : le sorgho-sorgho et le sorgho-coton. La rotation sorgho-niébé et la jachère ont une diversité proche, avec des valeurs respectives de 0,6365 et 0,6554. L'Indice d'Equitabilité a des valeurs respectives de 0,92 et 0,95 pour le SN et la jachère (Tableau V.6). Par rapport à la valeur moyenne de l'indice de diversité (IS moyen = 0,3289), la jachère et la rotation sorgho-niébé sont situées au dessus, et les rotations S et SC en dessous (Figure V.7).

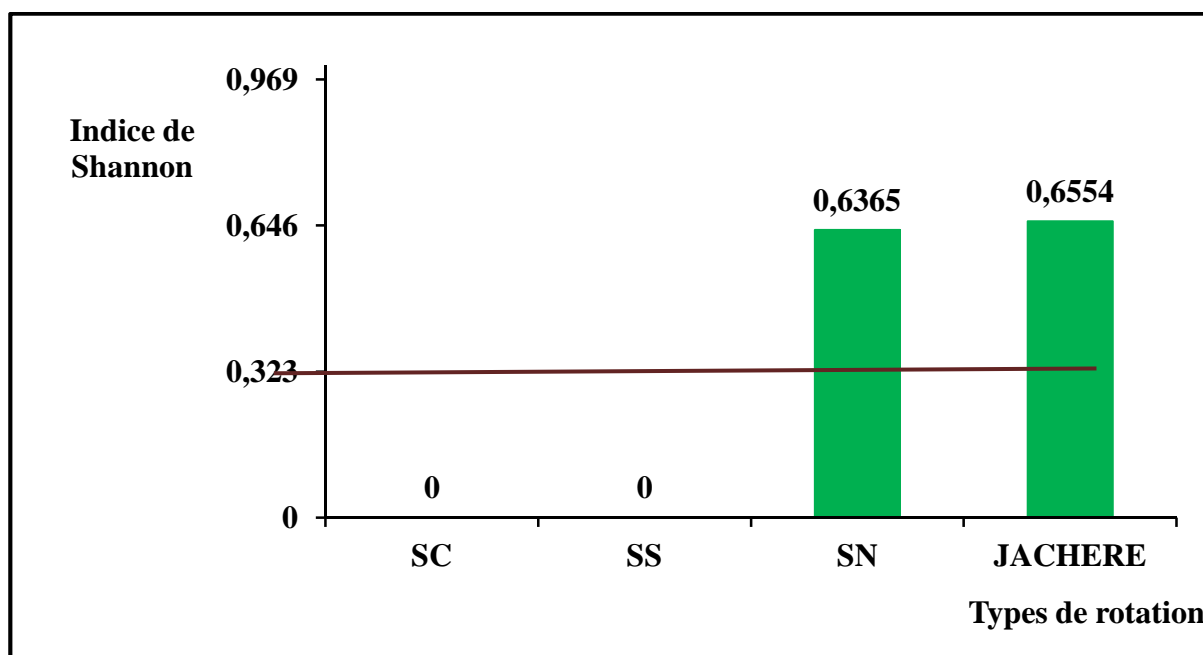


Figure V.7: Variation de l'indice de diversité des vers de terre des différentes rotations à Saria I par rapport à la diversité moyenne (IS moyen = 0,3230)

SS : monoculture de Sorgho ; **SN :** rotation Sorgho – Niébé ; **SC :** rotation Sorgho-Coton

I.2.3. Autres groupes de macrofaune

A côté des deux principaux groupes (termites et vers de terre), d'autres groupes de macrofaune ont été inventoriés sur le site d'étude et dans la jachère de bordure (Tableau V.7). Cette macrofaune est constituée d'insectes ptérygotes et leurs larves (Coléoptères, Diptères, Hémiptères, Orthoptères et Dermaptères), de Collembolles et de Myriapodes (diplopodes).

Tableau V.7: Autres types de macrofaune des différentes rotations de l'Essai Entretien de Fertilité (EEF)

Types de rotation	Types de macrofaune	Nombre/m ²	Nombre total par type de rotation
Rotation sorgho-sorgho	Dermaptères	1	15
	Hyménoptères (fourmis)	11	
	Hémiptères	3	
Rotation sorgho-niébé	Hyménoptères (fourmis)	5	11
	Collembolés	1	
	Diptères (larves)	3	
	Coléoptères (larves)	2	
Rotation sorgho-coton	Coléoptères	3	22
	Diptères (larves)	1	
	Hyménoptères (fourmis)	16	
	Hémiptères	2	
Jachère	Hémiptères	1	64
	Hyménoptères (fourmis)	46	
	Diplopodes	3	
	Coléoptères	8	
	Orthoptère (larves)	6	

Quel que soit le type de rotation, les fourmis constituent le groupe dominant de cette macrofaune, suivi des coléoptères et leurs larves. C'est la rotation sorgho-coton qui contient le plus grand nombre d'individus (22), suivie du SS (15). La rotation sorgho-niébé contient moins d'individus (11) que la rotation sorgho-sorgho mais avec une plus grande diversité d'ordres. La jachère renferme plus d'individus (64) et d'ordres par rapport aux sites de cultures.

I.2.4. Conclusion partielle

L'étude la macrofaune du sol sous trois types de rotations culturales (monoculture de sorgho, rotation sorgho- coton et rotation sorgho – niébé) a montré une dynamique variée en fonction du type de rotation. La monoculture de sorgho a renfermé plus d'espèces de termites avec une répartition moins contrastée, par rapport aux deux autres types de rotation. Le nombre d'individus par unité de surface a été également plus élevé dans la monoculture de sorgho. Les populations de vers et les groupes secondaires de macrofaune ont été plus nombreux sous la

rotation SN (Sorgho-Niébé), suivie de la rotation SC (Sorgho-Coton). La macrofaune dans la jachère a été plus diversifiée, avec un Indice d'Équitabilité plus élevée par rapport au site de culture. La mise en culture entraîne une baisse de diversité et les rotations des cultures, en particulier celles introduisant une légumineuse, permettent d'atténuer cet impact en maintenant une diversité de macrofaune sur les terres agricoles.

I.3. Effet des rotations culturales sur les rendements du sorgho

I.3.1. Rendements agricoles

Les rendements agricoles moyens (grains et paille) obtenus en 2008, tous traitements confondus, placent la rotation sorgho-niébé (1765 et 2744 kg) en tête, suivie, respectivement de la rotation sorgho-coton (1669 et 2565 kg) et de la monoculture de sorgho (1376 et 1960 kg) (Tableau V.8).

Tableau V.8: Rendements moyens en grains et pailles (kg / ha) du sorgho par traitement et par rotation en 2008 de l'EEF

Traitements	Rotation SS		Rotation SC		Rotation SN	
	Grains	Pailles	Grains	Pailles	Grains	Pailles
T1	273 ^a ±17	523 ^a ±39	293 ^a ±22	337 ^b ±25	375 ^a ±27	694 ^a ±58
T2	1067 ^a ±81	1364 ^a ±113	1506 ^b ±84	2178 ^b ±175	1136 ^a ±89	2004 ^b ±160
T3	2195 ^a ±170	3299 ^a ±267	2131 ^a ±176	3631 ^a ±294	2805 ^b ±228	4063 ^b ±327
T4	642 ^a ±55	923 ^a ±72	1218 ^b ±102	1582 ^b ±127	809 ^c ±71	1146 ^a ±90
T5	3477 ^a ±229	5051 ^a ±408	4184 ^b ±295	6885 ^b ±134	4229 ^b ±201	6870 ^b ±557
T6	603 ^a ±49	601 ^a ±45	680 ^a ±53	779 ^b ±59	1255 ^b ±99	1687 ^c ±141
Rendement moyen	1376	1960	1669	2565	1765	2744

Les chiffres portant une même lettre sur la même ligne ne sont pas significativement différents pour le même type de rendement au seuil $p < 0,05$, selon le test de Fisher.

T1 – T6 : Traitements appliqués

SS: Monoculture de Sorgho; **SC :** Rotation Sorgho-Coton; **SN :** Rotation Sorgho-Niébé

Quel que soit le type de rotation, les traitements T3 et T5 fournissent les meilleurs rendements (Tableau V.8). Le traitement T2 qui associe le recyclage de la paille, occupe une position intermédiaire entre les rendements élevés (T3 et T5) et les rendements faibles (T4 et T6). Les rotations sorgho-coton et sorgho-niébé présentent en générale les meilleurs rendements en grains par rapport à la monoculture pour les traitements T3 et T5. On observe des différences significatives entre les rendements de ces rotations par rapport à la monoculture ; exception faite pour le T3 où il n'y a pas de différence significative entre la rotation sorgho-sorgho et sorgho-coton (Tableau V.8).

I.3.2. Conclusion partielle

D'une manière générale, dans les rotations sorgho-coton et sorgho-niébé les rendements agricoles sont plus élevés que dans la monoculture de sorgho. Dans la monoculture et dans les deux types de rotation, les traitements avec apport de matière organique et/ou minérale présentent aussi les meilleurs rendements agricoles, comparativement aux traitements témoins. Les augmentations de rendements sont plus importantes suite aux apports conjoints de matière organique et minérale dans les deux rotations et la monoculture comparativement à l'apport d'un seul de ces substrats. Ces résultats démontrent la pertinence de la pratique de la rotation des cultures ainsi que celle de l'apport conjoint de la matière organique et la fumure minérale qui permettent d'augmenter les rendements des cultures et de maintenir le potentiel de production des sols agricoles.

II. Étude des effets de différentes sources de matières organiques exogènes sur la faune du sol et les rendements des cultures

L'étude des effets de l'apport de matières organiques exogènes sur la faune du sol a été effectuée à partir de l'Essai Étude Comparative (EEC) ou Saria II. En rappel, cet essai de longue durée compare les effets de diverses matières organiques exogènes (fumier, paille de sorgho, compost aérobie, compost anaérobie), avec deux niveaux de fumure azotée sur les rendements du sorgho et la fertilité du sol.

II.1. Effet de différentes sources de matières organiques sur la microfaune

II.1.1. Nématodes du sol

L'échantillonnage et l'extraction des nématodes a permis de recenser 07 espèces de nématodes sur le site étudié. Il s'agit des nématodes suivants : *Pratylenchus brachyurus*, *Tylenchorhynchus martini*, *Helicotylenchus multicinctus*, *Scutellonema cavenessi*, *Criconemoides curvatum*, *Telotylenchus indicus* Siddiqi, 1960 (Famille : Tylenchidae), et *Xiphinema sp.* Cobb, 1913 (Famille : Dorylaimidae). Cette nématofaune est dominée par deux espèces, *P. brachyurus* et *T. martini* qui représentent une très large majorité des individus (Tableau V.9). *H. multicinctus* arrive en deuxième position avec des densités maximales de population de 226 N/dm³ de sol dans le traitement T9. Les quatre autres espèces sont très faiblement représentées au niveau de quelques traitements avec des densités de populations inférieures à 26 N/dm³ de sol. L'ANOVA des effets simples des traitements sur les nématodes montre que sur les 07 nématodes recensés, seule l'espèce *P. brachyurus* a la densité de population significativement corrélée au type de traitement ($p=0,014$).

Tableau V.9: Infestation en nématodes (N/dm³ de sol) à Saria II par type de traitement et par espèce

Types de traitement	Espèces de nématodes						
	Praty	Tylencho	Helico	Scute	Crico	Telo	Xiphi
T1	393 ^a ±31	1973 ^c ±156	20 ^a ±2	0	0	0	0
T2	2660 ^b ±210	953 ^{ca} ±75	6 ^b ±1	0	0	0	0
T3	4366 ^c ±345	1213 ^{ca} ±96	33 ^a ±3	0	6 ^a ±1	0	0
T4	2993 ^b ±236	2000 ^c ±158	33 ^a ±3	0	0	0	0
T5	2493 ^b ±197	1040 ^{ca} ±82	13 ^b ±1	0	13 ^a ±1	0	0
T6	4513 ^c ±357	3653 ^{ba} ±289	13 ^b ±1	0	0	13 ^a ±1	0
T7	4020 ^c ±318	1713 ^c ±135	6 ^b ±1	0	0	0	26 ^a ±2
T8	6900 ^d ±545	2666 ^b ±211	80 ^{ab} ±6	6 ^a ±1	26 ^b ±2	13 ^a ±1	20 ^a ±2
T9	926 ^{cb} ±73	1787 ^c ±141	226 ^{ba} ±21	6 ^a ±1	0	0	0
T10	2633 ^b ±208	2693 ^b ±213	0	0	0	0	0

Les chiffres portant une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil $p<0,05$, selon le test de Fisher

Praty = *P. brachyurus* ; **Tylencho** = *T. martini* ; **Hélico** = *H. multicinctus*; **Scute** = *S. cavenessi* ; **Crico** = *C. indicus*, **Telo** = *Telotylenchus indicus* ; **Xiphi** = *Xiphinema sp.*

T1=T (-N)- Témoin sans azote

T2= T (+N)-Témoin + azote

T3=Can (-N)- Compost anaérobie sans azote

T4=Can (+N)-Compost anaérobie+ azote

T5=Cae (-N)- Compost aérobie sans azote

T6=Cae (+N)- Compost aérobie + azote

T7=F (-N)- Fumier sans azote

T8=F (+N)- Fumier + azote

T9=P (-N)- Paille sans azote

T10=P (+N)-Paille + azote

Le tableau V.9 montre que nous avons une infestation due quasi uniquement à deux espèces, *P. brachyurus* et *T. martini*, avec des densités beaucoup plus élevées pour la première : 3960 N/dm³ de sol contre 1969 N/dm³ de sol. Les traitements avec apport de fumier sont les plus infestés, suivis de ceux avec composts. Les traitements avec incorporation de paille arrivent en troisième position. L'apport d'azote s'est traduit par une hausse de l'infestation par *P. brachyurus* et *T. martini* pour tous les traitements, à l'exception du traitement avec incorporation de compost anaérobie. Ceci est particulièrement significatif sur les traitements avec incorporation de fumier (T7 et T8), où l'apport d'azote a augmenté de plus de la moitié, l'infestation en nématodes.

De façon globale, en considérant toutes les espèces, 61% des nématodes sont recensés dans les traitements avec apport d'azote contre 39% pour les traitements sans azote (Tableau V.10). Le traitement avec incorporation de compost anaérobie est le seul où on n'observe pas une augmentation de l'infestation par les nématodes du sol avec de l'apport d'azote.

Tableau V.10: Nombre total de nématodes du sol et proportion (%) des différents traitements appliqués à Saria II

	Types de traitement									
	Traitements sans azote					Traitement avec azote				
	T1	T3	T5	T7	T9	T2	T4	T6	T8	T10
Nombre de nématodes par type de traitement	2386	5618	3559	5765	2945	3619	5026	8192	9711	5326
Nombre total de nématodes par niveau d'apport d'azote	20 273					31 874				
% de nématodes par niveau d'apport d'azote	39					61				

T1=T (-N)- Témoin sans azote

T3=Can (-N)- Compost anaérobie sans azote

T5=Cae (-N)- Compost aérobie sans azote

T7=F (-N)- Fumier sans azote

T9=P (-N)- Paille sans azote

T2= T (+N)-Témoin + azote

T4=Can (+N)-Compost anaérobie+ azote

T6=Cae (+N)- Compost aérobie + azote

T8=F (+N)- Fumier + azote

T10=P (+N)-Paille + azote

L'inventaire des nématodes dans la jachère de bordure a permis de recenser 5 espèces (Figure V.8). Les espèces *Telotylenchus indicus* et *Xiphinema sp.* n'ont pas été recensées dans la jachère.

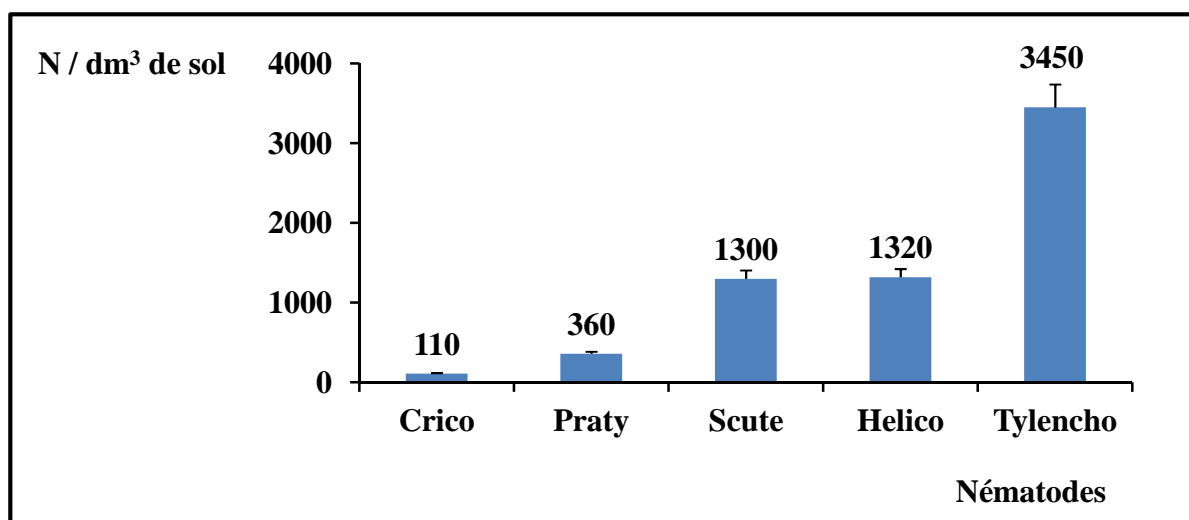


Figure V.8: Infestation en nématodes du sol dans la jachère à Saria II

Scute = *S. cavenessi* ; **Crico** = *C. indicus* ; **Praty** = *P. brachyurus* ; **Tylencho** = *T. martini* ; **Hélico** = *H. multicinctus*

T. martini, *H. multicinctus*, et *S. cavenessi*, sont les principales espèces de la nématofaune recensées dans la jachère. *Pratylenchus brachyurus*, avec 360 individus/ dm³ de sol est en forte régression par rapport au site cultivé (Figure V.8).

II.1.2. Les nématodes des racines

Une seule espèce de nématode, *P. brachyurus* est responsable des infestations des racines sur l'Essai Etude Comparative (Tableau V.11). Suivant le traitement, on enregistre des taux d'infestation allant de 2 à 46 N/g de racines.

Les traitements avec apport de fumier (T7, T8) et composts (T3, T4, T5 et T6) enregistrent les plus faibles infestations des racines par les nématodes. Les traitements avec paille (T9, T10) constituent, avec les témoins les traitements les plus infestés. Pour tous les traitements, l'apport de l'azote s'est traduit par une réduction de l'infestation. Les traitements avec incorporation de compost occupent une position intermédiaire entre les traitements à faible infestation (utilisation de fumier) et les traitements à forte infestation (incorporation de paille).

Tableau V.11: Infestation des racines du sorgho par *P. brachyurus* sous différents traitements à Saria II

Types de traitements	Nombre de nématodes / g de racines
T1 Témoin sans azote	46 ^a ±2,34
T2 Témoin + azote	27 ^b ±1,19
T3 Compost anaérobique sans azote	12 ^c ±0,56
T4 Compost aérobie + azote	5 ^{ba} ±0,24
T5 Compost aérobie sans azote	17 ^{ca} ±0,4
T6 Compost aérobie + azote	14 ^c ±0,71
T7 Fumier sans azote	13 ^c ±0,75
T8 Fumier + azote	2 ^{ba} ±0,10
T9 Paille sans azote	24 ^b ±1,15
T10 Paille + azote	19 ^{ca} ±0,93

Les chiffres portant une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil $p < 0,05$, selon le test de Fisher

II.1.3. Conclusion partielle

L'étude des nématodes sous culture de sorgho avec incorporation de diverses matières organiques a permis de recenser 07 espèces de nématodes. Ces nématodes sont fortement dominés par deux principales espèces, *P. brachyurus* et *T. martini*. La densité de leur population est plus importante dans le sol sous apport de matières organiques exogènes par rapport au traitement témoin. L'apport d'azote a permis l'installation de plus de nématodes dans le sol. Les matières organiques ont permis de mieux protéger les racines contre les nématodes, comparativement au traitement témoin. L'apport des matières organiques exogènes a donc permis de réduire l'infestation des racines du sorgho par les nématodes. Cette protection a été plus efficace avec le fumier et les composts.

II.2. Effet de différentes sources de matières organiques sur la macrofaune

II.2.1. Termites

Sur cet essai, 07 espèces de termites ont été recensées dans les parcelles cultivées et dans la jachère. Il s'agit de : *M. subhyalinus*, *A. stephensoni*, *M. parvulus*, *O. magdalenae*, *Odontotermes sp*, *Microtermes sp*, *Trinervitermes sp* et des termites ailés. Les traitements incluant la paille renferment plus d'individus de termites, suivis des traitements incluant le fumier (Tableau V.12). Les termites ailés et l'espèce champignoniste *O. magdalenae* sont présents au sein de tous les traitements. Les espèces dominantes dans la jachère de bordure sont les lignivores (*A. stephensoni* et *M. parvulus*) et les moissonneurs (*Trinervitermes sp.*).

Le nombre d'individus de termites par unité de surface est plus élevé dans les traitements avec incorporation de paille (Figure V.9). On y rencontre, respectivement, 624 individus pour P(-N) et 519 individus pour P(+N). Les traitements avec incorporation de fumier arrivent en seconde position, avec 141 individus pour F(-N) et 212 individus pour F(+N). Dans les deux (02) traitements témoins (T(-N) et T(+N)) nous avons respectivement 54 et 123 individus par unité de surface qui ont été recensés. La jachère de bordure renferme 396 individus par unité de surface.

La biomasse totale est plus importante dans les traitements avec recyclage de la paille (0,65 g pour P(-N) et 0,82 pour P(+N)) par rapport aux traitements avec fumier (0,24 g pour F(-N) et 0,29 g pour F(+N) (Figure V.10). La jachère a une biomasse plus importante de 1,6012 g.

Tableau V.12: Espèces, nombre, biomasse, Indice de Shannon (IS) et Indice d'Équitabilité (IE) des termites par type de traitement à Saria II

Types de traitement	Espèces de termites	Nombre (/m ²)	Biomasse (g/m ²)	IS	IE
T(-N)	Termitidae (ailés)	24±2	0,05±0,0	0,6865	0,99
	<i>Microtermes sp.</i>	30±2	0,04±0,0		
T(+N)	<i>Odontotermes magdalenae</i>	84±7	0,17±0,0	0,6246	0,90
	Termitidae (ailés)	39±3	0,06±0,0		
P(-N)	<i>Microtermes sp.</i>	236±19	0,22±0,0	1,0451	0,95
	Termitidae (ailés)	118±9	0,06±0,0		
	<i>Odontotermes magdalenae</i>	270±22	0,37±0,0		
P(+N)	<i>Trinervitermes sp.</i>	34±2	0,08±0,0	1,4273	0,89
	Termitidae (ailés)	206±16	0,41±0,0		
	<i>Odontotermes magdalenae</i>	80±6	0,17±0,0		
	<i>Odontotermes sp.</i>	144±11	0,13±0,0		
	<i>Microtermes sp.</i>	55±4	0,03±0,0		
F(-N)	<i>Microtermes sp.</i>	15±1	0,004±0,0	0,9573	0,87
	Termitidae (ailés)	66±5	0,17±0,0		
	<i>Odontotermes magdalenae</i>	60±4	0,07±0,0		
F(+N)	<i>Odontotermes magdalenae</i>	80±6	0,18±0,0	1,0802	0,98
	<i>Trinervitermes sp.</i>	80±6	0,07±0,0		
	<i>Microtermes sp.</i>	52±4	0,04±0,0		
Jachère	<i>Trinervitermes sp.</i>	208±17	0,60±0,0	1,2096	0,87
	<i>Macrotermes subhyalinus</i>	52±4	0,74±0,1		
	<i>Amitermes stephensoni</i>	72±5	0,09±0,0		
	<i>Microcerotermes parvulus</i>	64±5	0,18±0,0		

T (-N) : Témoin sans azote

Can (-N) : Compost anaérobie sans azote

Cae (-N) : Compost aérobie sans azote

F (-N) : Fumier sans azote

P (-N) : Paille sans azote

T (+N) : Témoin + azote

Can (+N) : Compost anaérobie + azote

Cae (+N) : Compost aérobie + azote

F (+N) : Fumier + azote

P (+N) : Paille + azote

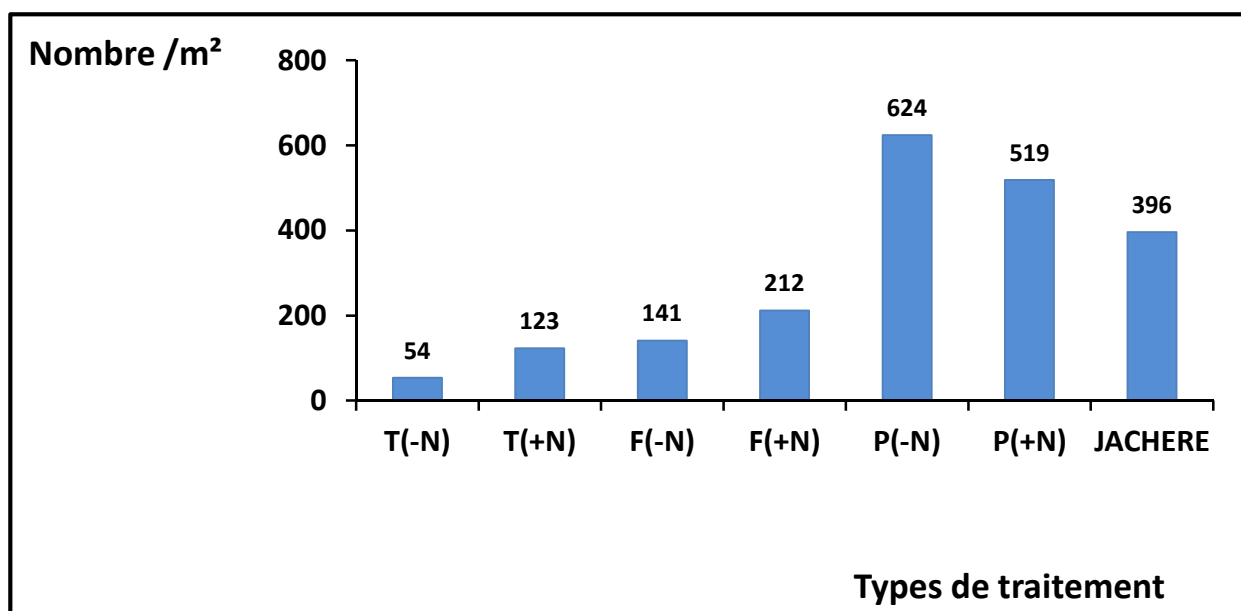


Figure V.9: Nombre des termites par unité de surface à Saria II en fonction du type de traitement

T (-N) : Témoin sans azote

Can (-N) : Compost anaérobie sans azote

Cae (-N) : Compost aérobie sans azote

F (-N) : Fumier sans azote

P (-N) : Paille sans azote

T (+N) : Témoin + azote

Can (+N) : Compost anaérobie + azote

Cae (+N) : Compost aérobie + azote

F (+N) : Fumier + azote

P (+N) : Paille + azote

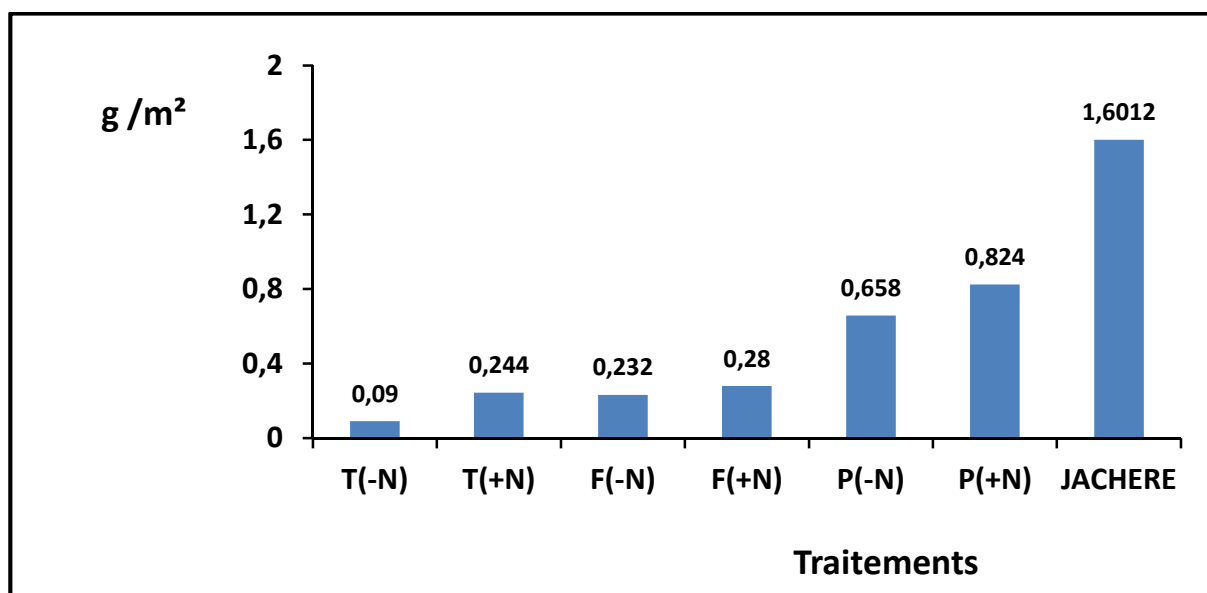


Figure V.10: Biomasse des termites par unité de surface à Saria II en fonction du type de traitement

La jachère a un indice de diversité plus élevé que toutes les parcelles cultivées sous les différents traitements, à l'exception du traitement avec incorporation de paille avec apport d'azote P(+N). Mais, l'Indice d'Équitabilité montre une meilleure répartition des espèces dans les parcelles cultivées par rapport à la jachère. L'apport de l'azote s'est traduit par une hausse de diversité à l'exception du traitement témoin, mais n'a influencé sensiblement la répartition des espèces que dans le cas du fumier (Tableau V.12). Par rapport à l'Indice moyen de Shannon (IS moyen = 1,0044), les deux traitements témoins et le traitement F(-N) sont situés en dessous de cette valeur (Figure V.11).

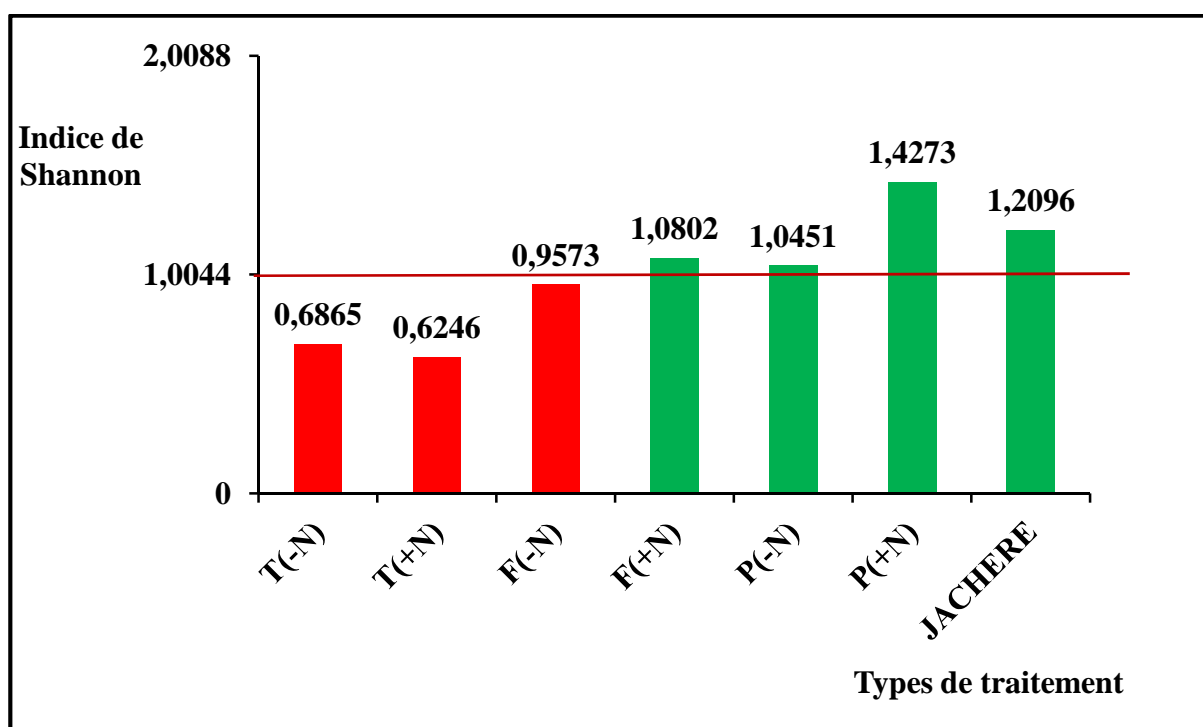


Figure V.11: Position de l'indice de diversité des termites des différents traitements de Saria II par rapport à la diversité moyenne (IS moyen = 1,0044)

T (-N) : Témoin sans azote

Can (-N) : Compost anaérobie sans azote

Cae (-N) : Compost aérobie sans azote

F (-N) : Fumier sans azote

P (-N) : Paille sans azote

T (+N) : Témoin + azote

Can (+N) : Compost anaérobie + azote

Cae (+N) : Compost aérobie + azote

F (+N) : Fumier + azote

P (+N) : Paille + azote

II.2.2. Vers de terre

La population de vers de terre est représentée par deux espèces, *M. inermis* et *D. affinis* et des vers juvéniles (Tableau V.13). Les deux espèces ont été rencontrées ensemble, uniquement sur le traitement P(+N). Dans les autres traitements, on n'a rencontré qu'une seule espèce. Aucun vers de terre n'a été rencontré sur le traitement T(-N). L'apport de l'azote a entraîné une hausse de la diversité des vers de terre pour tous les traitements. Les deux espèces ont été recensées également dans la jachère de bordure.

Tableau V.13: Espèces, nombre, biomasse, Indice de Shannon (IS) et Indice d'Équitabilité (IE) des vers de terre à Saria II en fonction des différents traitements

Types de traitement	Espèces de vers de terre	Nombre (/m ²)	Biomasse (g/m ²)	IS	IE
T(-N)	0	0	0	0,000	0
T(+N)	<i>Dichogaster affinis</i>	5±0	0,06±0,0	0,000	0
P(-N)	<i>Dichogaster affinis</i>	5±0	0,04±0,0	0,000	0
P(+N)	<i>Dichogaster affinis</i>	5±0	0,07±0,0	0,6965	1
	<i>Millsonia inermis</i>	5±0	5,13±0,36		
F(-N)	<i>Millsonia inermis</i>	5±0	6,77±0,50	0	0
F(+N) °	Juveniles	10±1	1,14±0,0	0,6365	0,92
	<i>Millsonia inermis</i>	5±0	3,74±0,25		
Jachère	<i>Millsonia inermis</i>	10±1	9,93±0,74	0,6730	0,97
	<i>Dichogaster affinis</i>	15±1	1,82±0,0		

T (-N) : Témoin sans azote

Can (-N) : Compost anaérobie sans azote

Cae (-N) : Compost aérobie sans azote

F (-N) : Fumier sans azote

P (-N) : Paille sans azote

T (+N) : Témoin + azote

Can (+N) : Compost anaérobie + azote

Cae (+N) : Compost aérobie + azote

F (+N) : Fumier + azote

P (+N) : Paille + azote

Le nombre de vers de terre par unité de surface montre que les traitements avec incorporation du fumier sont plus riches en vers de terre par rapport aux traitements à la paille (Figure V.12). On dénombre 05 individus pour P(-N) et F(-N), mais, avec des espèces différentes dans chaque cas. L'apport de l'azote au traitement avec incorporation de paille a été plus bénéfique aux vers de terre, en comparaison à son ajout au fumier. Ainsi, nous avons 10 individus pour P(+N) et 15 pour F(+N). Aucun individu n'a été recensé dans le traitement témoin sans azote. De manière générale, dans chacun des traitements, l'apport de l'azote a été favorable aux vers de terre. La jachère renferme plus d'individus par rapport au site de culture (25 individus).

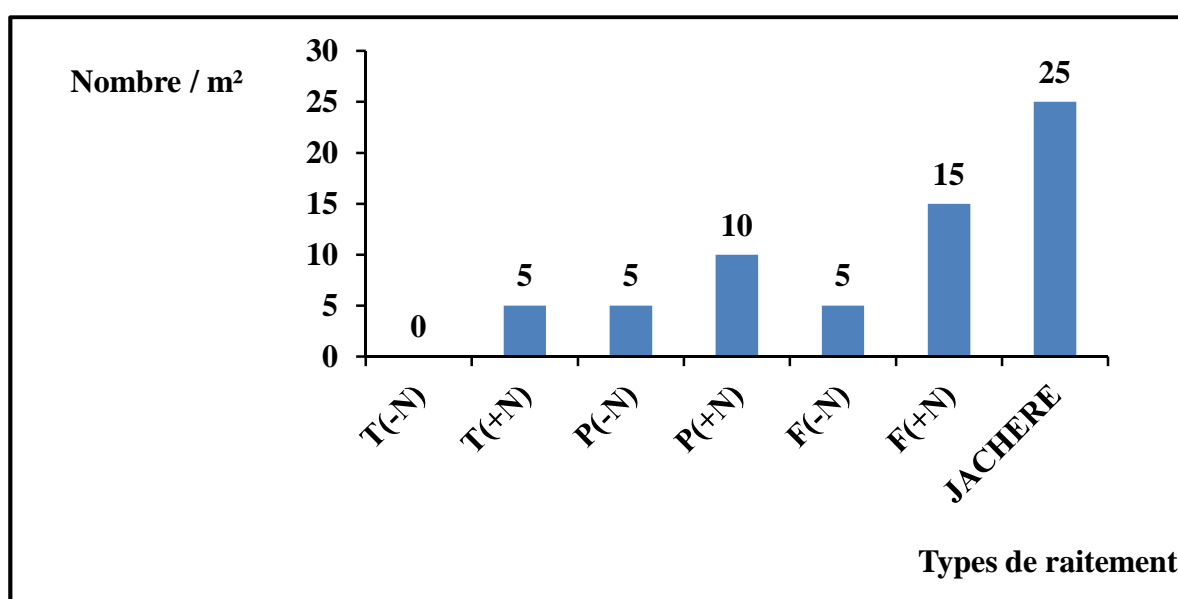


Figure V.12: Nombre de vers de terre par unité de surface à Saria II en fonction du type de traitement

T (-N) : Témoin sans azote

Can (-N) : Compost anaérobique sans azote

Cae (-N) : Compost aérobie sans azote

F (-N) : Fumier sans azote

P (-N) : Paille sans azote

T (+N) : Témoin + azote

Can (+N) : Compost anaérobique + azote

Cae (+N) : Compost aérobie + azote

F (+N) : Fumier + azote

P (+N) : Paille + azote

La biomasse des vers de terre est également plus importante dans le cas d'utilisation du fumier par rapport à la paille (Figure V.13). Les deux traitements avec incorporation de fumier ont une biomasse totale de 11,91 g, contre 5,24 pour les traitements avec incorporation de paille. La jachère avec une biomasse de 11,75 g a la biomasse la plus importante par rapport à tous les

traitements. L'apport de l'azote se traduit par une hausse de biomasse, sauf pour le traitement avec fumier.

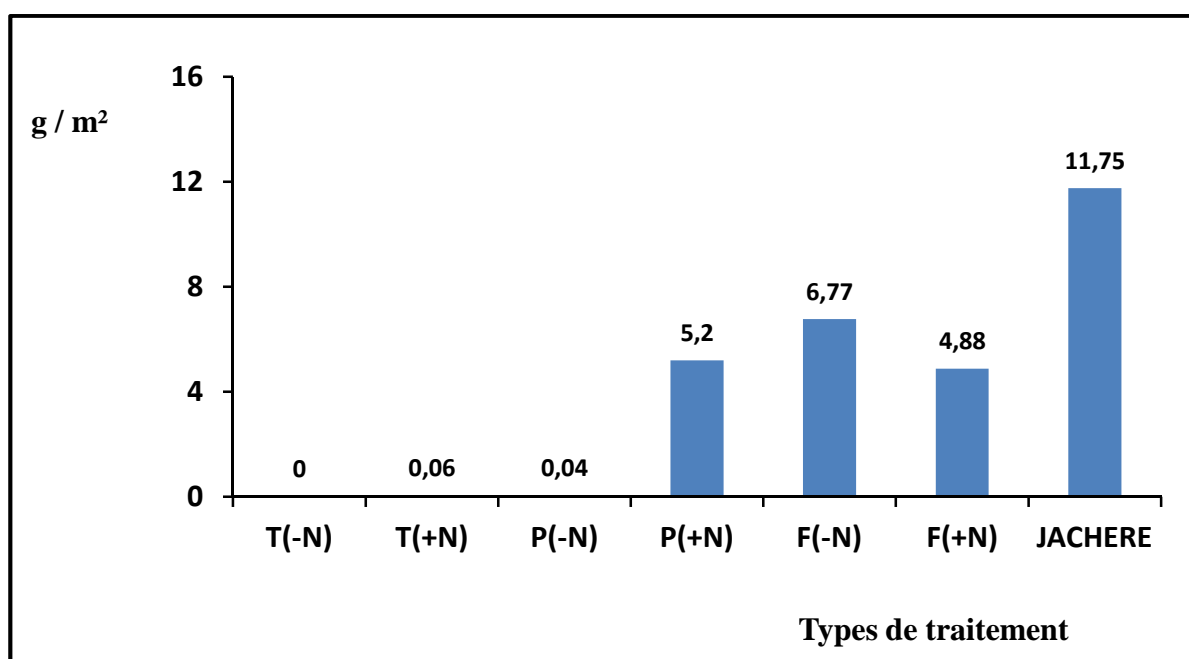


Figure V.13: Biomasse des vers de terre par unité de surface à Saria II en fonction du type de traitement

T (-N) : Témoin sans azote

Can (-N) : Compost anaérobie sans azote

Cae (-N) : Compost aérobie sans azote

F (-N) : Fumier sans azote

P (-N) : Paille sans azote

T (+N) : Témoin + azote

Can (+N) : Compost anaérobie + azote

Cae (+N) : Compost aérobie + azote

F (+N) : Fumier + azote

P (+N) : Paille + azote

L'indice de Shannon est nul pour 04 traitements où seul une espèce de vers de terre a été recensée: T(-N), T(+N), P(-N) et F(-N). L'apport d'azote aux traitements avec paille et fumier a donné des peuplements équilibrés, avec des IE respectifs de 1 et 0,92 (Tableau V.13). Ces traitements sont situés en dessous de la courbe de l'Indice de Shannon moyen (IS moyen = 0,2866). On retrouve au dessus de cette courbe, les traitements P(+N), F(+N) et la jachère (Figure V.14).

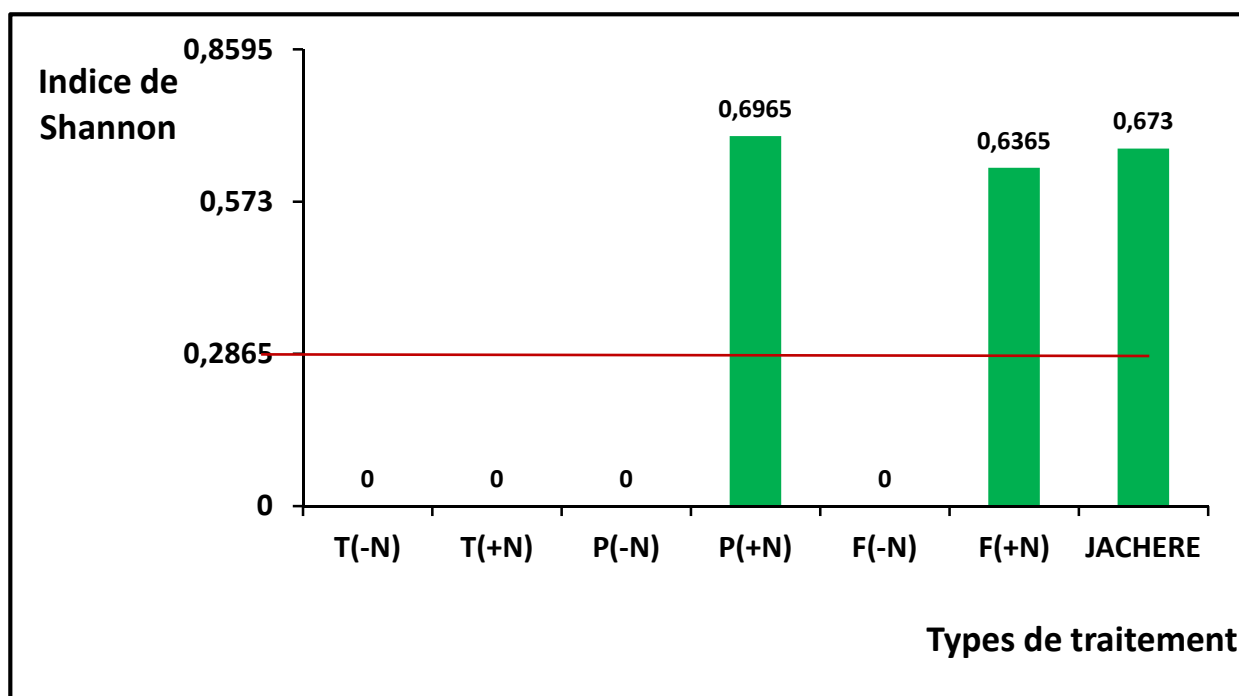


Figure V.14: Position de l'indice de diversité des vers de terre des différents traitements à Saria II par rapport à la diversité moyenne (IS moyen = 0,2866)

T (-N) : Témoin sans azote

Can (-N) : Compost anaérobique sans azote

Cae (-N) : Compost aérobie sans azote

F (-N) : Fumier sans azote

P (-N) : Paille sans azote

T (+N) : Témoin + azote

Can (+N) : Compost anaérobique + azote

Cae (+N) : Compost aérobie + azote

F (+N) : Fumier + azote

P (+N) : Paille + azote

II.2.3. Les autres groupes de macrofaune

A côté des termites et vers de terre, d'autres groupes de macrofaune ont été recensés (Tableau V.14). Cette macrofaune secondaire est composée d'insectes ptérygotes et leurs larves (Coléoptères, Diptères, Isoptères, Hémiptères, Orthoptères et Dermaptères), de Collembolles, de Myriapodes (chilopodes et diplopodes) et d'araignées.

Les hyménoptères (fourmis), les coléoptères et leurs larves dominent cette macrofaune ; ils sont présents dans 4 des 6 traitements et dans la jachère. Les dermaptères et les collembolles sont présents dans les traitements avec paille et fumier avec apport d'azote. Ces deux groupes sont absents dans les traitements témoins et dans la jachère. Les deux traitements P(+N), F(+N) et la

jachère arrivent en tête du nombre d'individus par unité de surface, avec, respectivement, 13, 23 et 37 individus/m².

Tableau V.14: Autres types de macrofaune de Saria II en fonction du type de traitement

Traitements	Types de macrofaune	Nombre/m ²
T(-N)	Coléoptères	1
	Hyménoptères (fourmis)	5
	Diptères (larves)	2
T(+N)	Coléoptères	1
	Hémiptères	3
	Orthoptères (larves)	2
P(-N)	Arachnides (araignées)	1
	Hyménoptères (fourmis)	11
	Orthoptères (larves)	2
	Isopodes	2
P(+N)	Hémiptères	5
	Hyménoptères (fourmis)	9
	Dermaptères	1
	Collemboles	2
F(-N)	Isopodes	1
	Coléoptères (larves)	4
	Dermaptères	1
	Coléoptères	2
F(+N)	Dermaptères	3
	Hyménoptères (fourmis)	17
	Orthoptères (larves)	1
	Collemboles	2
Jachère	Chilopodes	1
	Coléoptères (larves)	7
	Coléoptères	3
	Hyménoptères (fourmis)	24
	Orthoptère (larves)	2

T (-N) : Témoin sans azote

Can (-N) : Compost anaérobie sans azote

Cae (-N) : Compost aérobie sans azote

T (+N) : Témoin + azote

Can (+N) : Compost anaérobie + azote

Cae (+N) : Compost aérobie + azote

F (-N) : Fumier sans azote

F (+N) : Fumier + azote

P (-N) : Paille sans azote

P (+N) : Paille + azote

II.2.4. Conclusion partielle

Les résultats de l'étude de la macrofaune du sol sous culture de sorgho avec incorporation de diverses matières organiques exogènes constituées de paille et de fumier montrent que celles-ci ont une influence sur l'installation de la macrofaune du sol. Les traitements avec paille ont été bénéfiques à l'installation de termites constitués en grande partie de moissonneurs (*Trinervitermes sp*) et de champignonnistes (*Odontotermes magdalenae*). Le fumier a été favorable à l'installation des termites et des vers de terre constitués de deux genres : le genre *Dichogaster* formé de vers de terre géophages, de faible profondeur (anéciques) et le genre *Millsonia* formé de vers géophages de grande profondeur (endogés). La jachère a été plus riche en macrofaune par rapport aux sites de cultures. Les matières organiques et la fertilisation azotée ont permis d'atténuer l'impact de la mise en culture sur la macrofaune en maintenant une diversité avec une meilleure répartition des espèces.

II.3. Effet de différentes sources de matières organiques sur les rendements

II.3.1. Rendements agricoles

Les traitements avec apport des matières organiques exogènes (compost, fumier et paille) ont donné en général les meilleurs rendements pour tous les traitements par rapport aux traitements témoins (T(-N) et T(+N)) (Tableau V.15). On observe cependant une exception avec les traitements T(+N) et Can(-N) où il n'y a pas de différence significative. Le compost aérobie (Cae(-N) et Cae(+N)) et l'apport du fumier (F(-N) et F(+N)) ont les rendements les plus élevés par rapport aux apports en compost anaérobie (Can(-N) et Can(+N)) et en paille (P(-N) et P(+N)).

L'apport d'azote aux matières organiques exogènes s'est traduit par une augmentation de rendement en grains et en pailles pour tous les traitements (Tableau V.15). Cependant, il n'y a pas de différence significative au sein d'un même traitement, à l'exception des traitements témoins (T(-N) et T(+N)). Pour tous les traitements, l'apport en azote a également augmenté les rendements en grains et en pailles. Une exception se situe aux traitements (Cae (-N) Cae (+N)) avec compost aérobie où il n'y a pas de différence significative entre les rendements en pailles.

Tableau V.15: Rendements moyens en grains et pailles (kg / ha) du sorgho par traitement en 2008 de l'EEC

Traitements	Grains	Pailles
T(-N)	521 ^a ±37	504 ^a ±32
T(+N)	1094 ^b ±83	833 ^b ±62
Can(-N)	1033 ^b ±79	1389 ^c ±116
Can(+N)	1597 ^c ±123	2622 ^d ±211
Cae(-N)	1762 ^c ±138	2378 ^{da} ±189
Cae(+N)	1936 ^c ±151	2274 ^{da} ±181
F(-N)	1693 ^c ±134	1840 ^e ±147
F(+N)	1840 ^c ±147	2934 ^d ±240
P(-N)	1172 ^b ±96	1076 ^b ±88
P(+N)	1189 ^b ±100	1363 ^c ±112

Les chiffres portant une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil $p < 0,05$ selon le test de Fisher.

T (-N) : Témoin sans azote

T (+N) : Témoin + azote

Can (-N) : Compost anaérobie sans azote

Can (+N) : Compost anaérobie + azote

Cae (-N) : Compost aérobie sans azote

Cae (+N) : Compost aérobie + azote

F (-N) : Fumier sans azote

F (+N) : Fumier + azote

P (-N) : Paille sans azote

P (+N) : Paille + azote

II.3.2. Conclusion partielle

D'une façon générale, les apports de matières organiques exogènes ont induit des hausses de rendements en grains et en pailles par rapport aux traitements témoins. L'apport des matières organiques exogènes, couplé à celui de l'azote, s'est traduit par des hausses de rendements agricoles pour tous les traitements. Les hausses des rendements en grains les plus importantes sont observées avec les composts et le fumier, comparativement à la paille et au témoin. Ces résultats soulignent la pertinence des apports conjoints de matières organiques et minérales qui ont permis de meilleurs rendements agricoles.

III. Étude des effets de différents types de travail du sol sur la faune du sol et les rendements des cultures

L'étude des effets du travail du sol sur les nématodes et la macrofaune du sol a été effectuée sur l'essai « Essai Étude Physique » ou Saria III. En rappel, cet essai implanté en 1990, étudie les effets de la mise en culture d'une jachère de longue durée sur l'évolution des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol sous culture de sorgho. Il compare les effets de deux types de préparation du sol (grattage du sol à la daba, sorte de houe, ou travail manuel, labour à plat aux bœufs) associés ou non à l'apport de $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ de fumier.

III.1. Effet de différents types de travail du sol sur la microfaune

III.1.1. Nématodes du sol

L'inventaire des nématodes du sol a permis de recenser les 5 espèces suivantes de nématodes : *Pratylenchus brachyurus*, *Tylenchorhynchus martini*, *Helicotylenchus multicinctus*, *Scutellonema cavenessi* et *Criconemoides curvatum*. *P. brachyurus* et *T. martini* constituent les deux principales espèces de cette nématofaune (Tableau V.16). *H. multicinctus* est la troisième espèce en importance numérique. *S. cavenessi* et *C. curvatum* sont les deux autres espèces recensées sur ce site, avec des densités de population très faibles, inférieures à 33 N/dm^3 de sol. Pour les deux principales espèces liées au sorgho, les traitements par labour aux bœufs sont moins infestés par *Pratylenchus brachyurus*, par rapport au grattage manuel mais il n'y a pas de différence significative pour *Tylenchorhynchus martini* (Tableau V.16). Ces deux types de travail du sol, avec le même niveau d'apport de fumier, n'ont pas eu de différence significative sur la seconde espèce de nématode, *Tylenchorhynchus martini*.

L'apport du fumier s'est accompagné d'une nette baisse du taux d'infestation du sol par *P. brachyurus* (Figure V.21) dans le cas du labour aux bœufs et une stabilité dans le cas du grattage manuel. Pour la deuxième espèce *T. martini*, on a une baisse du taux d'infestation dans les deux types de labour avec l'apport du fumier. *H. multicinctus* regresse fortement avec l'apport du fumier dans le cas du grattage manuel.

Tableau V.16: Infestation en nématodes du sol (N/ dm³ de sol) des différents traitements appliqués à Saria III en fonction des traitements

Traitements	<i>P. brachyurus</i>	<i>T. martini</i>	<i>H. multicinctus</i>	<i>S. cavenessi</i>	<i>C. curvatum</i>
Lb(-F)	800 ^a ±64	3240 ^c ±256	0	0	14 ^a ±1
Lb(+F)	240 ^b ±17	1113 ^{ba} ±89	53 ^a ±5	20 ^a ±2	0
Lm(-F)	720 ^a ±44	2773 ^c ±220	387 ^b ±33	0	33 ^a ±3
Lm(+F)	727 ^a ±52	1020 ^{ba} ±72	6 ^c ±0	13 ^a ±1	0

Les chiffres portant une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil $p < 0,05$, selon le test de Fisher.

Pour chaque type de travail avec le même niveau d'apport en fumier, on constate une réduction plus importante du taux d'infestation en toutes espèces confondues dans le cas du labour aux bœufs (36% pour Lb(-F) contre 13% pour Lb(+F)) (Tableau V.17). Dans le cas du grattage manuel, l'effet est un peu moins marqué avec l'ajout du fumier (35% pour Lm(-F) contre 16% pour Lm(+F)). Par type de labour, nous avons 49% des infestations avec le labour aux bœufs et 51% pour le grattage manuel. Les traitements sans fumier sont responsables de 71% des infestations contre 29% pour les traitements avec apport de fumier.

Tableau V.17: Nombre total de nématodes et proportion (%) des différents traitements appliqués à Saria III

Traitements	Lb(-F)	Lb(+F)	Lm(-F)	Lm(+F)
Nombre total de nématodes	4054	1426	3913	1766
Pourcentage d'infestation	36%	13%	35%	16%

Lb (-F) : Labour aux bœufs sans fumier ; Lb (+F) : Labour aux bœufs + fumier

Lm (-F) : Grattage manuel sans fumier ; Lm (+F) : Grattage manuel +fumier

Un inventaire des nématodes dans la jachère de bordure du site a été fait pour comparer les résultats à ceux du site cultivé. Cet inventaire montre l'apparition dans la jachère de deux autres espèces, *Telotylenchus indicus* et *Xiphinema sp.* (Figure V.15). Cette nématofaune est dominée par deux principales espèces, *H. multicinctus* et *T. martini* avec des taux d'infestation respectifs de 4470 et 2430 N/dm³ de sol. *P. brachyurus* qui est important sur l'espace cultivé, arrive en troisième position dans la jachère avec 630 N/dm³ de sol. Les trois autres espèces de nématodes,

S. cavenessi, *C. curvatum* et *Xiphinema sp.* ont des densités très faibles, allant de 30 à 60 N/dm³ de sol.

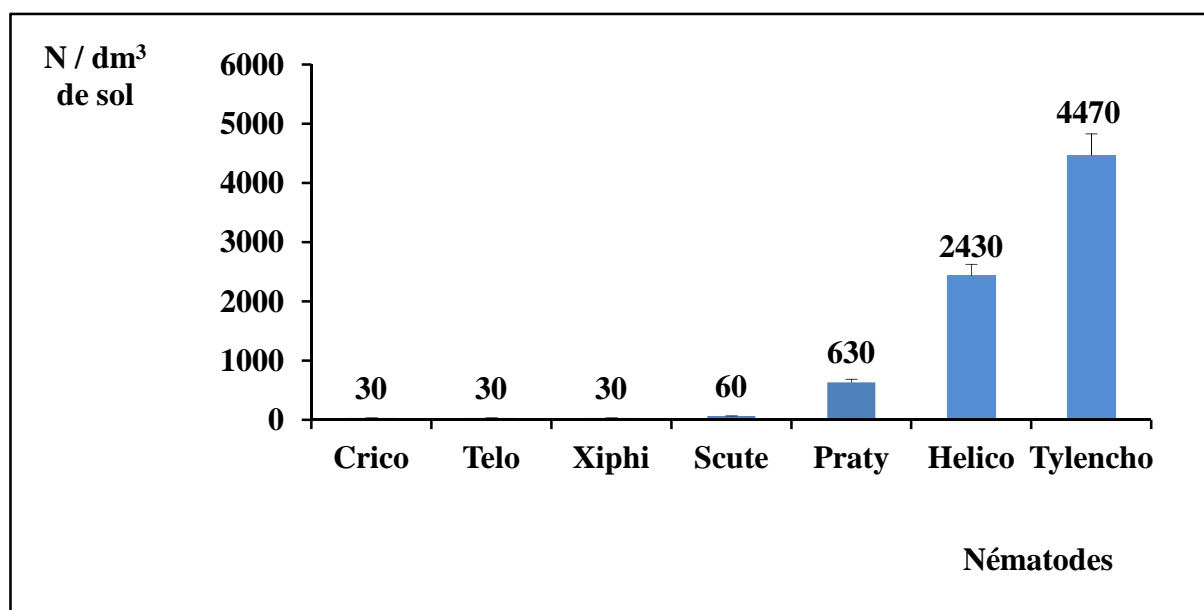


Figure V.15: Infestation en nématodes dans la jachère de bordure à Saria III

Praty = *Pratylenchus brachyurus* ; **Tylencho** = *Tylenchorhynchus martini* ; **Hélico** = *Helicotylenchus multicinctus* ; **Scute** = *Scutelloma cavenessi* ; **Crico** = *Criconemoïdes curvatum* ; **Telo** = *Telotylenchus indicus* et **Xiphi** = *Xiphinema sp.*

III.1.2. Nématodes des racines

P. brachyurus est l'unique espèce de nématode responsable de l'infestation des racines dans les différents traitements, avec des taux de 5 à 27 N/g de racines (Tableau V.18). Les racines des cultures sont plus infestées en nématodes dans le cas du travail du sol par grattage manuel. Les deux traitements du grattage manuel totalisent 38 N/g de racines contre 21 N/g de racines pour le labour aux bœufs.

Tableau V.18: Infestation des racines du sorgho par *P. brachyurus* à Saria III en fonction du type de traitement

Traitements appliqués	<i>P. brachyurus</i> (N/g de racines)
Lb(-F)	16 ^a ±1
Lb(+F)	5 ^b ±0
Lm(-F)	27 ^c ±2
Lm(+F)	11 ^{bc} ±1

Les chiffres portant une même lettre ne sont pas significativement différents au seuil $p < 0,05$, selon le test de Fisher.

Quel que soit le type de labour, les traitements sans fumier ont été plus infestés que les traitements avec fumier. Ainsi le taux d'infestation varie de 16 à 5 N/g pour le labour aux bœufs, et de 27 à 11 N/g de racines pour le grattage manuel.

III.1.3. Conclusion partielle

L'étude de l'effet du type de travail du sol sur l'infestation en nématodes a permis de recenser 05 espèces de nématodes dans le sol. Le sol, labouré par traction bovine, est moins infesté par les nématodes par rapport celui labouré manuellement. Les racines des cultures ont également mieux résisté à la pénétration des nématodes sous ce traitement par rapport au cas du travail du sol par grattage manuel. Le travail du sol par labour aux bœufs est aussi celui qui protège mieux les racines des cultures en cas d'un apport en fumier. Le labour profond aux bœufs, associé à l'apport du fumier pratiqué dans les sols étudiés, a permis de limiter la pression des nématodes sur les racines des cultures.

III.2. Effet de différents types de travail du sol sur la macrofaune

III.2. 1. Termites

Les termites sur l'EEP sont constitués de trois espèces identifiées et de termites ailés (Tableau V.19). Ces espèces sont composées de champignonnistes (*O. magdalenae*, *Microtermes* sp) et de moissonneurs (*Trinervitermes* sp.). L'apport du fumier a été favorable à l'installation des termites moissonneurs. La jachère de bordure comporte aussi trois espèces de termites composées de termites champignonnistes (*M. subhyalinus* et *Microtermes* sp.) et de moissonneurs (*Trinervitermes* sp.).

Tableau V.19: Espèces, nombre, biomasse, Indice de Shannon (IS) et Indice d'Équitabilité (IE) des termites des différents traitements à Saria III

Types de traitement	Espèces de termites	Nombre (/m ²)	Biomasse (g/m ²)	IS	IE
Lm (-F)	Termitidae (ailés)	4±0	0,02±0,0		
	<i>Trinervitermes sp.</i>	20±1	0,08±0,0	0,5051	0,46
	<i>Odontotermes magdalenae</i>	129±10	0,56±0,04		
Lm (+F)	<i>Microtermes sp.</i>	48±3	0,02±0,0		
	<i>Trinervitermes sp.</i>	160±12	0,58±0,04	0,7504	0,68
	Termitidae (ailés)	15±1	0,03±0,0		
Lb (-F)	<i>Trinervitermes sp.</i>	120±9	0,4±0,0		
	Termitidae (ailés)	20±2	0,11±0,0	0,4100	0,60
	<i>Trinervitermes sp.</i>	153±12	0,46±0,04		
Lb (+F)	Termitidae (ailés)	30±2	0,08±0,0	0,9122	0,83
	<i>Microtermes sp.</i>	42±3	0,01±0,0		
	<i>Microtermes sp.</i>	81±6	0,15±0,0		
Jachère	<i>Trinervitermes sp.</i>	63±5	0,16±0,0	1,0139	0,92
	<i>Macrotermes subhyalinus</i>	162±12	0,31±0,0		

Par type de labour, on constate que pour toutes les espèces, le nombre d'individus varie très peu entre le travail du sol par grattage manuel et par labour aux bœufs : 376 et 366 individus (Figure V.16). Par type de termites, le grattage manuel a favorisé l'installation de termites champignonnistes par rapport au labour aux bœufs : 177 individus contre 42. Nous retrouvons par contre plus de termites moissonneurs dans le cas du labour aux bœufs : 273 individus contre 180.

Pour les deux types de labour, l'apport du fumier a été favorable aux termites : 153 individus pour Lm(-F) et 223 individus pour Lm(+F) ; 140 individus pour Lb(-F) et 225 individus pour

Lb(+F). Dans la jachère, au total 306 individus ont été recensés dont un peu plus de la moitié sont des espèces lignivores

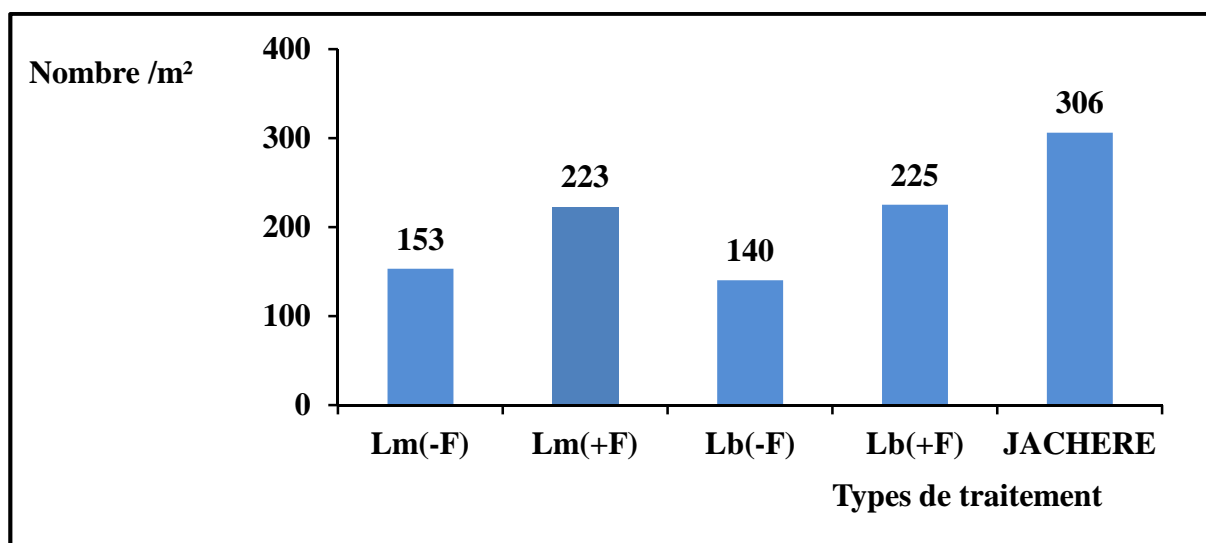


Figure V.16: Nombre des termites par unité de surface à Saria III en fonction du type de traitement

Lb (-F) : Labour aux bœufs sans fumier ; Lb (+F) : Labour aux bœufs + fumier

Lm (-F) : Grattage manuel sans fumier ; Lm (+F) : Grattage manuel +fumier

Pour le même type de labour, il n'y a pas de variation notable entre les biomasses pour les deux niveaux de fumier appliqués (Figure V.17). Pour le grattage manuel, nous avons respectivement, 0,657 g et 0,63 g, et pour le labour aux bœufs, 0,51 g/m² et 0,55 g/m². La biomasse dans le grattage manuel est plus élevée que celle du labour aux bœufs : 1,29 g/m² contre 1,06 g/m². La jachère montre une valeur de biomasse proche de celle obtenue dans le grattage manuel (0,62 g/m²).

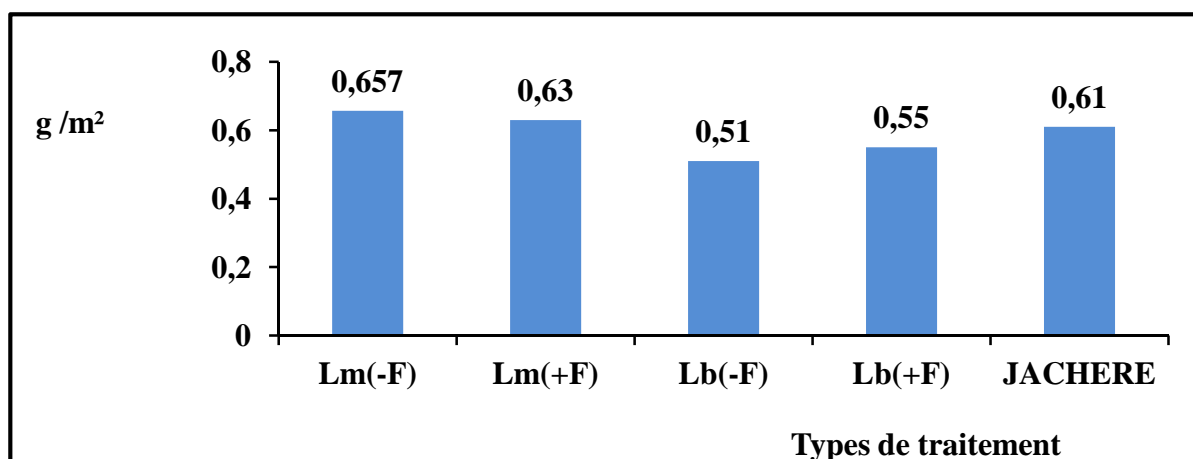


Figure V.17: Biomasse des termites par unité de surface à Saria III en fonction du type de traitement

L'indice de diversité de Shannon est plus élevé pour les traitements au labour aux bœufs. Ces traitements montrent également des peuplements plus équilibrés, avec des Indices d'Équitabilité plus élevés par rapport au grattage manuel du sol (0,60 g et 0,83 g contre 0,46 g et 0,68 g) (tableau V.19). La comparaison de l'Indice de Shannon des parcelles cultivées, avec la valeur moyenne (IS moyen = 0,7183), montre que ce sont les traitements sans apport de fumier qui sont situés en dessous de cette valeur (Figure V.18). La jachère est plus diversifiée que les parcelles cultivées, avec un Indice de Shannon de 1,0139.

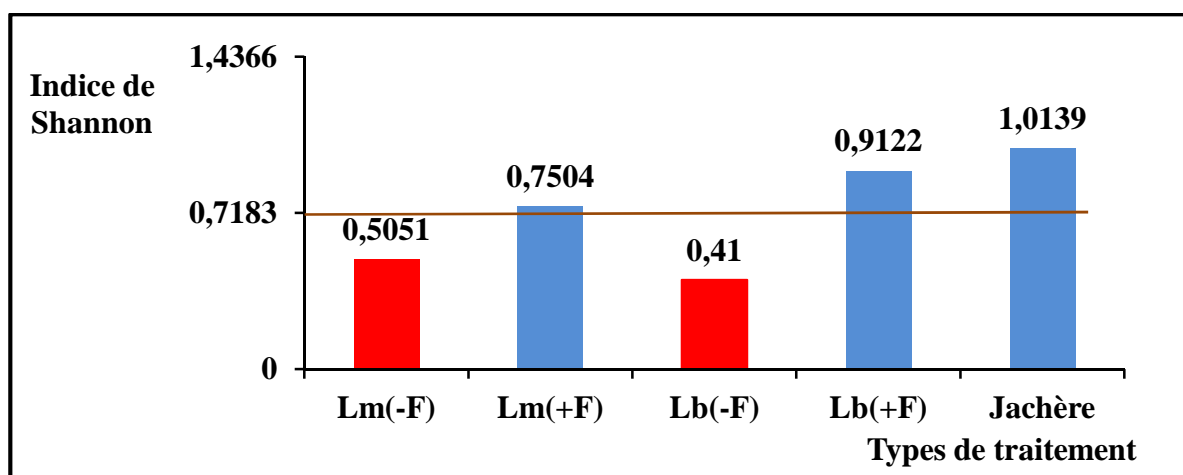


Figure V.18: Position de l'indice de diversité des termites des différents traitements à Saria III par rapport à la diversité moyenne (IS moyen = 0,7183)

III.2. 2. Vers de terre

Trois espèces de vers de terre ont été inventoriées sur ce site. Les vers juvéniles n'ont pas été rencontrés (Tableau V.20). Sur toutes les parcelles cultivées, deux espèces ont été rencontrées, à l'exception du traitement Lb(-F) qui compte une seule espèce. L'apport du fumier n'a pas fait varier le nombre d'espèces pour le grattage manuel; par contre, le labour aux bœufs a entraîné une augmentation, du simple au double, du nombre d'espèces, suite à l'apport du fumier. Par rapport aux parcelles cultivées, la jachère voit l'apparition d'une seconde espèce de vers de terre géophage de faible profondeur, *Dichogaster sp.*

Tableau V.20: Espèces, nombre, biomasse, Indice de Shannon (IS) et Indice d'Équitabilité (IE) des vers de terre des différents traitements à Saria III

Types de traitement	Espèce de vers de terre	Nombre (/m ²)	Biomasse (g/m ²)	IS	IE
Lm (-F)	<i>Dichogaster affinis</i>	3±0	0,27±0,0	0,5624	0,81
	<i>Millsonia inermis</i>	5±0	5,74±0,4		
Lm (+F)	<i>Millsonia inermis</i>	6±1	4,97±0,4	0,6365	0,92
	<i>Dichogaster affinis</i>	3±0	0,22±0,0		
Lb (-F)	<i>Dichogaster affinis</i>	3±0	0,06±0,0	0,000	0
Lb (+F)	<i>Dichogaster affinis</i>	5±0	0,15±0,0	0,4505	0,65
	<i>Millsonia inermis</i>	2±0	3,03±0,2		
	<i>Dichogaster affinis</i>	3±0	0,25±0,0		
Jachère	<i>Dichogaster sp.</i>	5±0	0,04±0,0	0,8878	0,81
	<i>Millsonia inermis</i>	5±0	3,67±0,3		

Lb (-F) : Labour aux bœufs sans fumier ; Lb (+F) : Labour aux bœufs + fumier

Lm (-F) : Grattage manuel sans fumier ; Lm (+F) : Grattage manuel +fumier

Tout comme pour le nombre d'espèces, le nombre d'individus par unité de surface ne connaît pas une grande variation avec l'apport du fumier en condition de grattage manuel (Figure V.19). On y rencontre, respectivement, 8 individus / m² et 9 individus / m². Dans le cas du labour aux bœufs, avec l'apport du fumier, on a 7 individus/m² de vers de terre contre 3 individus / m² pour le même type de labour sans apport de fumier. La jachère montre une plus grande abondance en vers de terre par rapport aux parcelles cultivées, avec 13 individus/m².

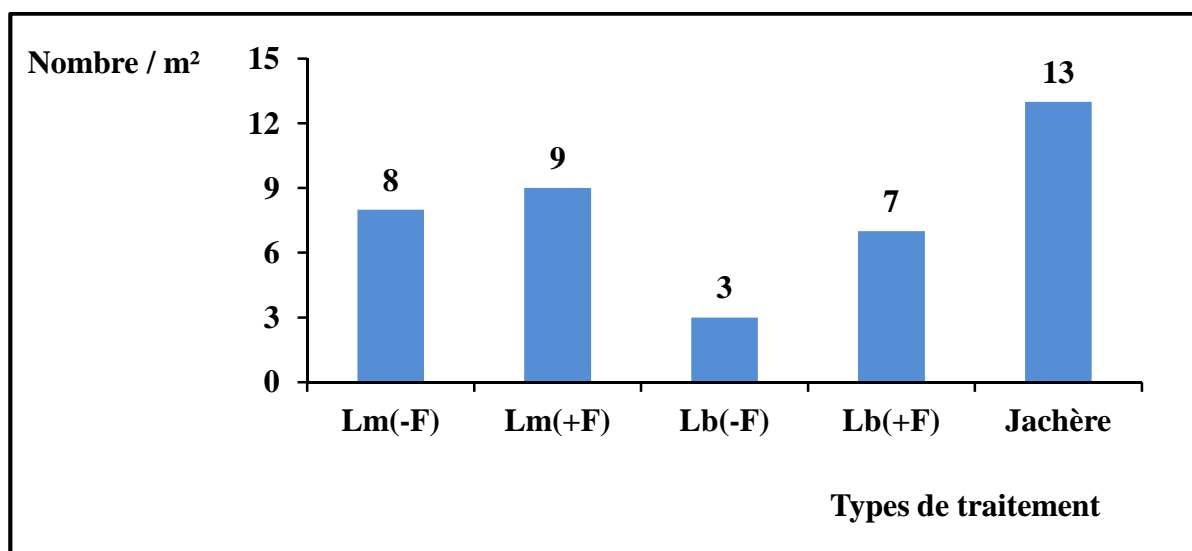


Figure V.19: Nombre des vers de terre par unité de surface à Saria III en fonction du type de traitement

Lb (-F) : Labour aux bœufs sans fumier ; Lb (+F) : Labour aux bœufs + fumier

Lm (-F) : Grattage manuel sans fumier ; Lm (+F) : Grattage manuel +fumier

La biomasse des vers de terre par unité de surface est importante dans le cas du grattage manuel, comparée à celle obtenue avec le labour aux bœufs, pour le même type de traitement (Figure V.20). Ainsi, nous avons 5,19 pour Lm(+F) et 3,18 pour Lb(+F). En l'absence du fumier, la différence est encore plus nette avec 6,01 g/m² pour Lm(-F) et 0,06 g/m² pour Lb(-F).

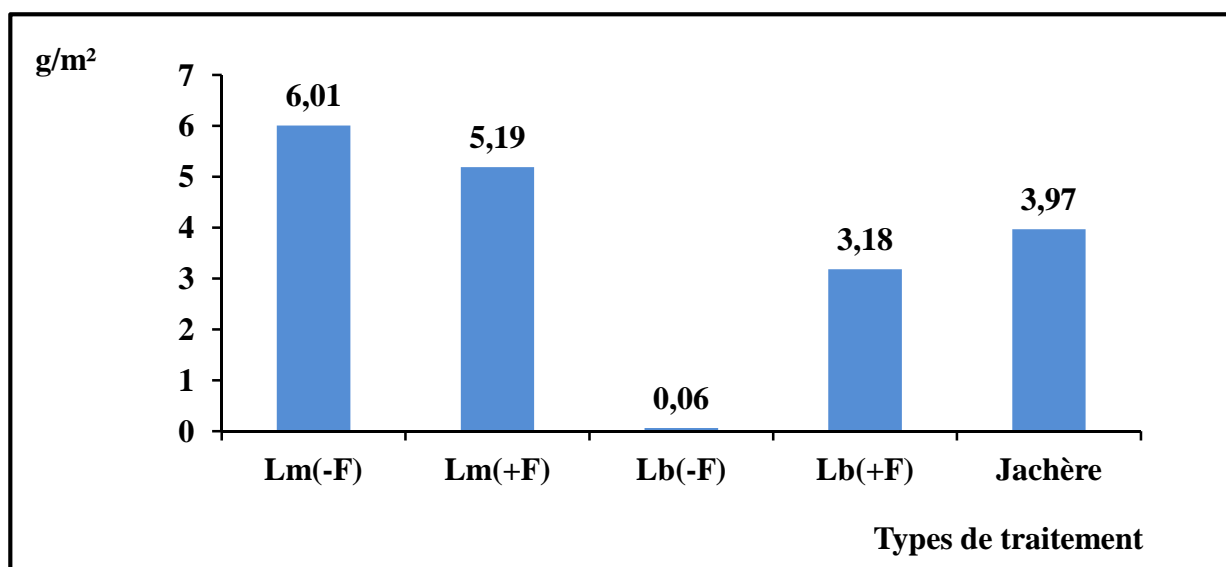


Figure V.20: Biomasse des vers de terre par unité de surface à Saria III en fonction du type de traitements

Tous les traitements par labour aux bœufs ont des valeurs de l'Indice de Shannon (IS) inférieures aux traitements par grattage manuel (0,5624 et 0,6365 contre 0,0000 et 0,4505). L'Indice d'Équitabilité (IE) varie également dans le même sens, avec des valeurs plus élevées pour les traitements par grattage manuel (0,81 et 0,92 contre 0,0 et 0,65 pour le labour aux bœufs). La jachère a un Indice de Shannon plus important que les sites de culture, mais son IE est inférieur à celui du travail manuel du sol (Tableau V.20). Tous les traitements par labour aux bœufs ont un IS situé sous la valeur moyenne du site (IS moyen = 0,5074). Le travail du sol par grattage manuel avec l'application de deux niveaux de fumier et la jachère ont des IS situés au dessus de la valeur moyenne du site (Figure V.21).

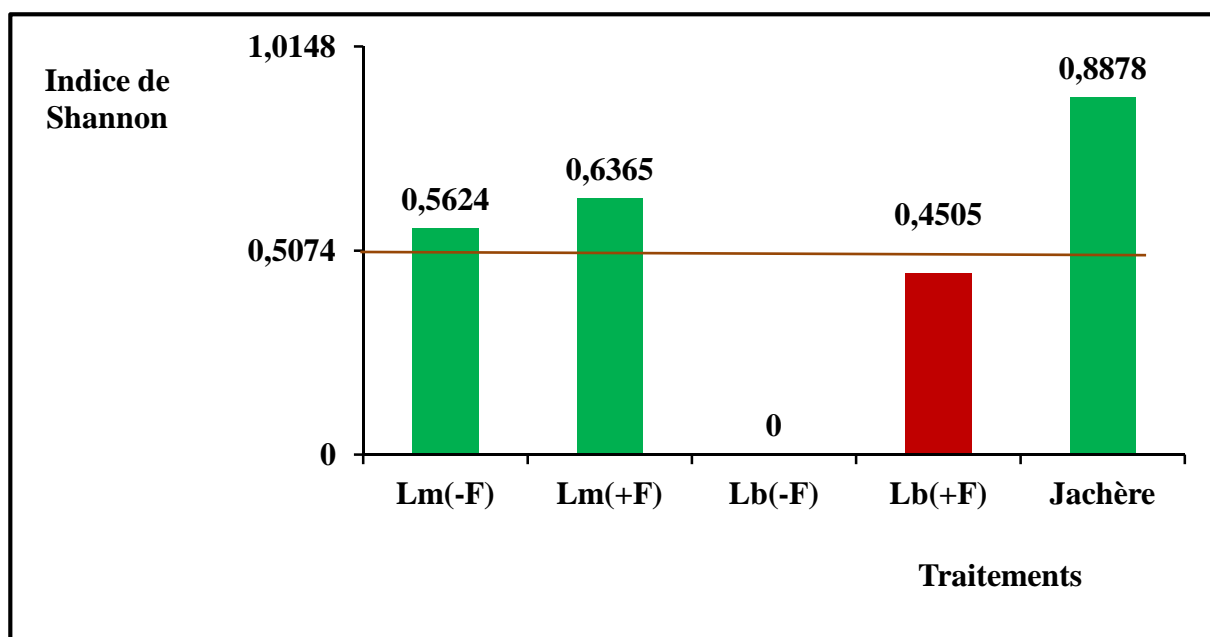


Figure V.21: Position de l'indice de diversité des vers de terre des différents traitements à Saria III par rapport à la diversité moyenne (IS moyen = 0,5074)

III.2.3. Autres groupes de macrofaune

Les groupes secondaires de macrofaune recensés sont dominés par les fourmis, les coléoptères, les diplopodes et les hémiptères (Tableau V.21). Par type de travail du sol, il y a un plus grand nombre d'individus dans le cas du labour aux bœufs, 38 individus contre 22 individus pour le grattage manuel. La jachère compte moins d'individus que les parcelles de culture par type de labour, mais on note l'apparition de deux nouveaux groupes, les gastéropodes et les chilopodes. L'apport du fumier a favorisé l'installation de ces groupes secondaires, quel que soit le type de travail du sol pratiqué.

Tableau V.21: Autres types de macrofaune à Saria III en fonction du type de traitement

Types de traitement	Types de macrofaune	Nombre/m ²
Lm(-F)	Coléoptères (larves)	4
	Coléoptères	2
	Diplopodes	2
Lm(+F)	Coléoptères	3
	Araignées	1
	Hémiptères	3
	Hyménoptères (Fourmis)	5
Lb(-F)	Hémiptères	1
	Diplopodes	3
	Hyménoptères (Fourmis)	14
Lb(+F)	Hémiptères	4
	Coléoptères (larves)	6
	Dermatères	1
	Hyménoptères (Fourmis)	9
Jachère	Diplopodes	5
	Gastéropodes	1
	Chilopodes	4
	Hémiptères	1
	Coléoptères (larves)	2

Lb (-F) : Labour aux bœufs sans fumier ; Lb (+F) : Labour aux bœufs + fumier

Lm (-F) : Grattage manuel sans fumier ; Lm (+F) : Grattage manuel +fumier

III.2.4. Conclusion partielle

Les deux modes de travail du sol étudiés ont révélé une macrofaune diversement répartie selon le type de labour. Les termites moissonneurs représentés, par *Trinervitermes sp.* ont été rencontrés sur les deux types de travail du sol, mais avec plus d'individus dans le cas du labour aux bœufs. Les termites champignonnistes (*Microtermes sp.*, *Ondotermes magdalenae* et *Ondotermes sp.*) sont nettement mieux représentés dans le cas du grattage manuel. Les deux espèces de vers de terre rencontrées ont également une répartition similaire: les vers géophages, de faible profondeur (*Dichogaster affinis*), se rencontrent dans les deux types de travail du sol, tandis que les vers géophages de grande profondeur (*Millsonia inermis*) ne sont représentés que dans un seul traitement du labour aux bœufs. Les groupes secondaires de macrofaune sont dominés par les fourmis, les coléoptères, les diplopodes et les hémiptères et ce sont les traitements par labour

aux bœufs qui en comptent plus d'individus. Pour tous les types de macrofaune, la jachère renferme plus d'individus que les sols labourés. Le labour profond du sol aux bœufs a permis de maintenir une macrofaune plus diversifiée que le grattage manuel superficiel.

III.3. Effet de différents types de travail du sol sur les rendements des cultures

III.3.1. Rendements du sorgho

Le rendement en grains du traitement par labour aux bœufs avec apport de fumier (Lb(+F)) montre une différence significative par rapport au traitement par grattage manuel avec apport de fumier (Lm(+F)). Les rendements en grains dans les traitements par les deux types de labour sans apport de fumier (Lb(-F), Lm(-F)) ne montrent pas de différence significative (Tableau V.22). Pour les rendements en pailles, on observe une différence significative pour les traitements sans apport de fumier (Lb(-F), Lm(-F)), tandis que les traitements avec apport de fumier (Lb(+F), Lm(+F)) ne montrent pas de différence significative.

Tableau V.22: Rendements moyens en grains et pailles (kg / ha) du sorgho par traitement en 2008 de l'EEP

Traitements	Grains	Pailles
Lb (-F)	363 ^a ±31	335 ^a ±28
Lb (+F)	2065 ^b ±176	3441 ^b ±292
Lm (-F)	372 ^a ±32	615 ^c ±52
Lm (+F)	1581 ^c ±134	3311 ^b ±281

Les chiffres portant une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil $p < 0,05$ selon le test de Fisher.

Lb (-F) : Labour aux bœufs sans fumier ; Lb (+F) : Labour aux bœufs + fumier

Lm (-F) : Grattage manuel sans fumier ; Lm (+F) : Grattage manuel +fumier

A l'intérieur du même type de labour, l'apport du fumier a entraîné une augmentation des rendements en grains et en pailles (Tableau V.22). Pour le travail du sol par grattage manuel, on a 372 k/ha sans apport de fumier et 1581 k/ha avec apport de fumier pour les rendements en grains et 615 k/ha contre 3311 k/ha pour les rendements en pailles. Pour le travail du sol par

labour aux bœufs, on a 363 k/ha sans apport de fumier et 2065 k/ha avec apport de fumier pour les rendements en grains et 335 k/ha contre 3441 k/ha pour les rendements en pailles.

III.3.2. Conclusion partielle

Le travail du sol par labour aux bœufs a induit des rendements agricoles plus élevés que dans le cas du sol labouré manuellement. L'apport du fumier a entraîné une augmentation des rendements en pailles et en grains pour les deux types de labours. L'augmentation des rendements en grains est plus importante avec l'apport du fumier dans le cas du labour aux bœufs, comparativement au sol labouré manuellement. La pratique du labour profond aux bœufs, couplée, à un apport de fumier, permet de préserver le potentiel productif du sol et d'obtenir les meilleurs rendements.

IV. Étude des effets des pratiques paysannes de fertilisation sur la microfaune

IV.1. Effet des pratiques paysannes de fertilisation sur la microfaune sous culture de sorgho

Le traitement T3 (fumure minérale faible +5 tonnes de fumier par ha tous les deux ans avec exportation de la paille) est un traitement conseillé à la vulgarisation en milieu paysan notamment au sein des producteurs agricoles installés autour de la station de recherches de Saria, dans les villages de Saria, Godin et Villy. Un inventaire des nématodes sous cultures de sorgho chez 10 producteurs a permis d'étudier l'infestation en nématodes du sol et des racines du sorgho au sein de leurs exploitations.

IV.1.1. Nématodes du sol

L'inventaire des nématodes effectué en octobre 2010 dans ces exploitations paysannes a permis de recenser 08 espèces de nématodes (Tableau V.23). Cinq espèces de nématodes ont les plus importantes espèces impliquées dans les infestations : *P. brachyurus*, *H. multicinctus*, *S. cavenessi*, *T. martini* et *T. indicus*. *H. multicinctus* se dégage comme l'espèce de nématode la plus importante avec une densité moyenne de population de 2233 N/dm³ de sol. Aucune des quatre autres espèces n'a une densité moyenne de population atteignant 1000 N/dm³ de sol. Les trois espèces *X. sp.*, *C. curvatum* et *Meloidogyne spp.* ont des densités moyennes de population très faibles, respectivement 5 N/dm³, 54 N/dm³ et 15 N/dm³. Ces espèces ont été répertoriées sur moins de la moitié des dix exploitations.

Tableau V.23: Infestation en nématodes du sol (N/dm³ de sol) sous culture de sorgho chez 10 producteurs de Saria, Villy et Godin

Producteurs	Espèces de nématodes							
	<i>Meloidogyne spp.</i>	<i>P. brachyurus</i>	<i>H. multicinctus</i>	<i>S. cavenessi</i>	<i>T. martini</i>	<i>X. sp</i>	<i>T. indicus</i>	<i>C. curvatum</i>
Sa02	0±0	1860 ^b ±13	2313 ^b ±16	407 ^a ±29	5013 ^a ±36	0±0	27 ^a ±2	0±0
Go30	0±0	1227 ^a ±90	2193 ^b ±16	747 ^b ±55	973 ^b ±71	0±0	687 ^b ±50	20 ^a ±1
Sa16	0±0	1160 ^a ±85	987 ^{ca} ±72	580 ^a ±42	60 ^c ±4	73 ^a ±5	13 ^a ±1	0±0
Sa14	0±0	1107 ^a ±81	3453 ^{bc} ±25	853 ^b ±62	27 ^{ab} ±2	0±0	647 ^b ±47	27 ^a ±2
Sa26	0±0	1067 ^a ±74	3107 ^{bc} ±21	580 ^a ±40	1180 ^b ±81	0±0	113 ^c ±8	53 ^b ±4
Sa20	0±0	220 ^c ±15	4420 ^{ba} ±31	3600 ^{bc} ±248	173 ^{ba} ±12	440 ^b ±30	1133 ^d ±78	0±0
Go24	47 ^a ±3	160 ^{bc} ±12	2027 ^b ±148	20 ^{cb} ±1	300 ^{ca} ±22	0±0	27 ^a ±2	0±0
Sa10	0±0	60 ^{ba} ±4	147 ^{cb} ±11	587 ^a ±43	7 ^{cb} ±0	27 ^c ±2	100 ^{ab} ±7	0±0
Sa23	0±0	0±0	3007 ^{bc} ±219	187 ^{ba} ±14	600 ^{bc} ±44	0±0	1067 ^d ±78	47 ^b ±3
Sa21	0±0	0±0	673 ^{ca} ±46	93 ^{ab} ±6	327 ^{ca} ±13	0±0	0±0	0±0
Moyenne								
par espèce	5	686	2233	765	866	54	381	15

Les chiffres portant une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil $p < 0,05$, selon le test de Fisher.

H. multicinctus est de loin l'espèce dominante parmi les nématodes du sol sous culture de sorgho (Figure V.30). La plus forte densité de population se situe chez le producteur Sa20 avec 4420 N/dm³ de sol et la plus faible chez Sa11 avec 147 N/dm³ de sol.

Tous les producteurs ont leur pic d'infestation avec *H. multicinctus*, à l'exception du producteur Sa02 qui a sa forte infestation avec *T. martini*. Les quatre autres importantes espèces sont, *T. martini*, *S. cavenessi*, *P. brachyurus* *T. indicus* avec des valeurs moyennes respectives de 866, 765, 686 et 381 N/dm³ de sol. Le nématode à galles, *Meloidogyne spp.* a été rencontré dans le sol d'une seule exploitation paysanne (Go24), à raison de 47 N/dm³ de sol

IV.1.2. Nématodes des racines

P. brachyurus et *S. cavenessi* sont les deux espèces de nématodes recensées au niveau des racines du sorgho (Tableau V.24). *P. brachyurus* est le principal nématode impliqué dans les infestations des racines avec des densités de population atteignant 27 N/g de racines chez le

producteur Sa02. *S. cavenessi* est le second nématode dans les racines du sorgho et rencontré chez le seul producteur Sa11 avec 01 N/g de racines. Le taux moyen d'infestation des racines par *P. brachyurus* est de 08 N/g de racines.

Tableau V.24: Nombre de nématodes (N/g de racines) dans les racines du sorgho chez 10 producteurs de Saria, Villy et Godin

Producteurs	<i>P. brachyurus</i>	<i>S. cavenessi</i>
Sa02	27 ^a ±2	0±0
Go30	18 ^b ±1	0±0
Sa16	10 ^c ±1	0±0
Sa14	10 ^c ±1	0±0
Sa26	5 ^{ab} ±0	0±0
Sa20	4 ^{ab} ±0	0±0
Go24	1 ^{bc} ±0	0±0
Sa10	0±0	1 ^a ±0
Sa23	0±0	0±0
Sa21	0±0	0±0
Moyenne par espèce	8	0

Les chiffres portant une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil $p < 0,05$, selon le test de Fisher.

Quatre producteurs (Sa02, Go30, Sa16 et Sa14) montrent des taux d'infestation par *P. brachyurus* supérieur ou égal à 10 N/g racine; trois producteurs (Sa26, Sa20 et Sa24) ont des taux d'infestation de 01 à 5 N/g racine (Figure V.31). Trois autres producteurs (Sa11, Sa23 et Sa21) ont des taux d'infestation nuls

IV.1.3. Conclusion partielle

L'inventaire des nématodes sous culture de sorgho chez 10 producteurs a permis de retrouver une nématofaune de 08 espèces dominées par un groupe de 04 nématodes. Le nématode des nodosités racinaires, *Meloidogyne spp.* a été recensé sur une seule exploitation. Les taux d'infestation en nématodes du sol sont élevés comme dans les sites expérimentaux mais c'est surtout l'infestation des racines des cultures qui est ici plus importante. L'application du

traitement T3 (fumure minérale faible avec fumier 5 t ha⁻¹ 2 ans⁻¹) dans les exploitations paysannes n'a pas assuré la même baisse de pression des nématodes sur les cultures qu'en station expérimentale.

IV.2. Effet des pratiques paysannes de fertilisation sur la microfaune sous culture de niébé

IV.2.1. Nématodes du sol

Sur les différentes exploitations de niébé, 07 espèces de nématodes phytoparasites ont été recensées dans le sol. Il s'agit des espèces suivantes : *Pratylenchus brachyurus*, *Helicotylenchus multicinctus*, *Scutellonema cavenessi*, *Tylenchorhynchus martini*, *Xiphinema sp.*, *Telotylenchus indicus* et *Criconemoïdes curvatum* (Tableau V.25). Parmi elles, *H. multicinctus* et *Scutellonema cavenessi* représentent la grande majorité des individus. Après ce premier groupe, deux espèces de nématodes *Pratylenchus brachyurus* et *Tylenchorhynchus martini* occupent la deuxième place en termes d'importance. Les trois autres espèces, *Xiphinema sp.*, *Telotylenchus indicus* et *Criconemoïdes curvatum* sont très faiblement représentées, avec des densités de population ne dépassant pas 60 N/dm³.

Nématodes du sol chez les producteurs du groupe G I

Au niveau des treize (13) producteurs du groupe I (0-20 kg/ha de NPK), nous avons des moyennes d'infestations respectives de 1992 N/dm³ de sol et 726 N/dm³ de sol, pour les deux principales espèces *H. multicinctus* et *S. cavenessi* (Tableau V.25). Leurs valeurs maximales sont observées chez les producteurs Go20 pour *H. multicinctus* et Go01 pour *S. cavenessi*, avec, respectivement, 4980 N/dm³ de sol et 1913 N/dm³ de sol. Chez tous les producteurs, on observe deux pics d'infestation correspondant à ces deux espèces. Le producteur Sa26 montre cependant un troisième pic d'infestation avec *T. indicus*. Les cinq autres espèces ont des densités de population ne dépassant pas 300 N/dm³. Une exception est observée avec *P. brachyurus* chez Sa17 et *T. indicus* chez Sa26 qui apparaissent avec des densités de populations respectives de 3453 et 1967 N/dm³ de sol.

Tableau V.25: Infestation en nématodes du sol sous culture de niébé chez 32 producteurs de Saria, Villy et Godin (N/dm³ de sol)

Codes des producteurs	Espèces de nématodes						
	<i>P. brachyurus</i>	<i>H. multicinctus</i>	<i>S. cavenessi</i>	<i>T. martini</i>	<i>X. sp</i>	<i>T. indicus</i>	<i>C. curvatum</i>
Groupe I							
Sa26	0±0	3340 ^a ±227	1327 ^a ±90	0±0	0±0	1967 ^a ±134	53 ^a ±4
Sa17	3453 ^a ±235	4140 ^b ±282	693 ^b ±47	287 ^a ±19	20 ^a ±1	0±0	287 ^b ±19
Sa22	0±0	3408 ^a ±232	416 ^b ±28	128 ^b ±9	0±0	0±0	56 ^a ±4
Sa16	13 ^b ±1	907 ^c ±62	266 ^c ±18	373 ^c ±25	0±0	167 ^b ±11	7 ^c ±0
Sa14	7 ^b ±0	700 ^c ±48	927 ^d ±63	0±0	0±0	0±0	0±0
Sa21	0±0	140 ^d ±10	1184 ^d ±81	416 ^c ±25	0±0	0±0	0±0
Sa15	127 ^c ±9	1820 ⁱ ±124	907 ^d ±62	153 ^b ±10	120 ^b ±8	0±0	0±0
Go01	107 ^c ±7	2933 ^b ±199	1913 ^c ±130	0±0	0±0	0±0	0±0
Go27	33 ^d ±2	380 ^f ±26	300 ^c ±20	107 ^b ±7	14 ^a ±10	93 ^c ±6	0±0
Vi05	7 ^b ±0	247 ^f ±17	113 ^f ±8	33 ^d ±2	0±0	33 ^d ±2	0±0
Vi19	93 ^c ±0	1540 ^e ±105	1567 ^a ±107	140 ^b ±10	13 ^a ±1	7 ^e ±0	0±0
Vi18	7 ^b ±0	1367 ^e ±93	680 ^b ±46	233 ^a ±16	13 ^a ±1	7 ^e ±0	0±0
Go20	213 ^f ±15	4980 ^g ±339	147 ^f ±10	0±0	13 ^a ±1	0±0	0±0
Groupe II							
Sa23	0±0	427 ^f ±28	87 ⁱ ±6	27 ^d ±2	0±0	0±0	0±0
Sa08	633 ^g ±41	1653 ^e ±107	1240 ^a ±81	127 ^b ±8	320 ^c ±21	0±0	20 ^d ±1
Sa30	7 ^b ±0	1113 ^c ±72	1513 ^a ±98	20 ^d ±1	0±0	813 ^f ±53	0±0
Sa10	180 ^f ±12	7180 ^h ±467	880 ^d ±57	760 ^e ±49	680 ^d ±44	13 ^c ±1	20 ^d ±1
Sa20	33 ^d ±2	1267 ^e ±82	353 ^c ±23	187 ^b ±12	0±0	280 ^g ±18	7 ^c ±0
Go30	33 ^d ±2	5373 ^g ±349	727 ^b ±47	0±0	0±0	67 ^c ±4	0±0
Sa12	0±0	473 ^f ±31	313 ^c ±20	20 ^d ±1	0±0	0±0	0±0
Go16	207 ^f ±13	1827 ^e ±119	2047 ^e ±133	7 ^f ±0	307 ^c ±20	120 ^b ±8	0±0
Vi16	0±0	2207 ⁱ ±143	553 ^b ±36	0±0	0±0	40 ^d ±3	0±0
Vi13	80 ^c ±5	2993 ^a ±195	2773 ^b ±180	20 ^d ±1	27 ^a ±2	0±0	0±0
Groupes III							
Sa05	7 ^b ±0	3933 ^b ±224	327 ^c ±19	227 ^a ±13	87 ^b ±5	13 ^c ±1	0±0
Sa19	20 ^d ±1	773 ^c ±44	647 ^b ±37	60 ^g ±3	0±0	20 ^d ±1	13 ^c ±1
Go21	7 ^b ±0	2993 ^b ±171	840 ^d ±48	7 ^f ±0	0±0	0±0	0±0
Groupe IV							
Sa07	0±0	225 ^f ±16	1256 ^a ±90	551 ^b ±40	0±0	0±0	0±0
Sa02	507 ^g ±36	7000 ^h ±504	2793 ^b ±201	533 ^b ±38	13 ^a ±1	0±0	0±0
Sa09	27 ^d ±2	4193 ^b ±302	3033 ^b ±218	327 ^c ±24	80 ^b ±6	0±6	0±0
Sa03	0±0	2140 ⁱ ±154	1200 ^a ±86	13 ^f ±1	0±0	60 ^c ±4	7 ^c ±0
Go24	320 ^h ±23	5293 ^g ±381	707 ^b ±51	33 ^d ±2	27 ^a ±2	253 ^g ±18	0±0
Go29	93 ^c ±7	3040 ^a ±219	293 ^c ±21	93 ^g ±7	27 ^a ±2	20 ^d ±1	0±0

Les chiffres portant une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil $p < 0,05$, selon le test de Fisher.

Nématodes du sol chez les producteurs du groupe G II

L'infestation par les nématodes chez les dix (10) producteurs GII qui ont fertilisé leurs exploitations avec du NPK, aux doses de 20 à 40 kg/ha, montre des valeurs moyennes de 2451 N/dm³ de sol et 1049 N/dm³ de sol pour les deux principaux nématodes du sol que sont *H. multicinctus* et *S. canevevsi* (Tableau V.25). Leurs valeurs maximales sont de 7180 N/dm³ de sol pour *H. multicinctus* chez le producteur Sa10 et 2773 N/dm³ de sol pour *S. canevevsi* chez le producteur Vi13. L'infestation par *H. multicinctus* est supérieure à 1000 N/dm³ chez 11 des 13 producteurs. Les exceptions sont observées chez Sa23 et Sa12, avec, respectivement, 427 et 473 N/dm³ de sol. L'infestation par les cinq autres nématodes est très faible, avec des taux moyens de moins de 150 N/dm³ de sol.

Nématodes du sol chez les producteurs du groupe GIII

Au niveau des exploitations des trois (03) producteurs du groupe GIII (40-60 kg/ha de NPK), on note une population de nématodes du sol dominée toujours par *H. multicinctus* et *S. cavenessi* (Tableau V.25). Les valeurs moyennes de ces deux espèces sont, respectivement, de 2565 N/dm³ de sol et 605 N/dm³ de sol. Au sein des exploitations de ce groupe de producteurs, on note une plus grande importance de *H. multicinctus* par rapport à *S. cavenessi*. Leurs valeurs maximales sont, respectivement, de 3933 N/dm³ de sol (producteur Sa05) et 840 N/dm³ de sol (producteur Go21). Les 05 autres nématodes sont relativement très peu représentés et ont des taux d'infestation allant de 04 à 98 N/dm³ de sol.

Nématodes du sol chez les producteurs du groupe GIV

Les nématodes du sol au sein du GIV (60-120 kg/ha de NPK) sont également dominés par *H. multicinctus* et *S. cavenessi* tout comme dans les 03 autres cas, avec cependant des valeurs moyennes plus élevées (Tableau V.25). On observe 3649 N/dm³ de sol en moyenne pour *H. multicinctus* et 1547 N/dm³ de sol pour *S. cavenessi*. La valeur maximale de *H. multicinctus* se situe à 7000 N/dm³ de sol dans l'exploitation de Sa02; celle de *S. cavenessi* est à 3033 N/dm³ de sol pour le producteur Sa09. Chez l'ensemble des producteurs, le taux d'infestation de *H. multicinctus* est supérieur à 1000 N/dm³ de sol, à l'exception du producteur Sa07, avec 225 N/dm³ de sol. Par rapport aux deux principaux nématodes, les cinq autres nématodes ont des taux d'infestation assez faibles allant en moyenne de 1 à 258 N/dm³ de sol.

IV.2.2. Nématodes des racines

Les nématodes dans les racines du niébé sont représentés principalement par trois espèces : *T. multicinctus*, *S. cavenessi* et *P. brachyurus* (Tableau V.26). Les infestations sont en général faibles et sont observées au niveau de quatre exploitations sur les treize.

Nématodes des racines chez les producteurs du groupe GI

H. multicinctus, *S. cavenessi* et *P. bachyurus* sont les trois espèces de nématodes rencontrées dans les racines, avec des taux d'infestations de 0 à 6 N/g de racines (Tableau V.26). La plus forte infestation est due à *S. cavenessi* et se rencontre chez le producteur Go01 avec 6 N/g de racines. *H. multicinctus* est responsable de deux infestations chez les producteurs Sa14 et Sa15 avec 01 N/g racine. La troisième espèce présente dans les racines est *P. brachyurus* avec 1 N/g de racines chez un seul producteur (Sa21).

Nématodes des racines chez les producteurs du groupe GII

Dans les racines du niébé chez les 10 producteurs G II, on retrouve également les deux espèces de nématodes, *H. multicinctus* et *S. cavenessi*, respectivement, chez 03 et 04 producteurs (Tableau V.26). L'infestation la plus forte par *H. multicinctus* se situe chez le producteur Sa10, avec 8 N/g racine, et celle de *S. cavenessi* se situe chez Go16 et Vi16, avec 02 N/g racine. La troisième espèce de nématode observée dans les racines est *P. brachyurus*, qui est présent chez les producteurs Go16 et Vi16 avec 1 N/g racine.

Nématodes des racines chez les producteurs du groupe GIII

Aucune infestation de nématodes n'a été constatée dans les racines du niébé de ce groupe de producteurs.

Nématodes des racines chez les producteurs du groupe GIV

L'infestation des racines du niébé par les nématodes au sein de ce groupe est constatée chez le seul producteur Sa02 (Tableau V.26). Elle est due à de *H. multicinctus* et *S. cavenessi* avec 01 N/g de racines.

Tableau V.26: Infestation en nématodes (N/g de racines) des racines du niébé chez 32 producteurs de Saria, Villy et Godin

Codes des producteurs	Espèces de nématodes		
	<i>P. brachyurus</i>	<i>H. multicinctus</i>	<i>S. cavanessi</i>
Groupe I			
Sa26	0±0	0±0	0±0
Sa17	0±0	0±0	0±0
Sa22	0±0	0±0	0±0
Sa16	0±0	0±0	0±0
Sa14	0±0	1 ^a ±0	0±0
Sa21	1 ^a ±0	0±0	0±0
Sa15	0±0	1 ^a ±0	2 ^a ±0
Go01	0±0	0±0	6 ^b ±0
Go27	0±0	0±0	0±0
Vi05	0±0	0±0	0±0
Vi19	0±0	0±0	0±0
Vi18	0±0	0±0	0±0
Go20	0±0	0±0	0±0
Groupe II			
Sa23	0±0	0±0	0±0
Sa08	0±0	0±0	0±0
Sa30	0±0	0±0	0±0
Sa10	0±0	8 ^b ±1	1 ^a ±0
Sa20	0±0	0±0	0±0
Go30	0±0	1 ^a ±0	0±0
Sa12	0±0	0±0	0±0
Go16	1 ^a ±0	1 ^a ±0	2 ^a ±0
Vi16	1 ^a ±0	0±0	2 ^a ±0
Vi13	0±0	0±0	1 ^a ±0
Groupe III			
Sa05	0±0	0±0	0±0
Sa19	0±0	0±0	0±0
Go21	0±0	0±0	0±0
Groupe IV			
Sa07	0±0	0±0	0±0
Sa02	0±0	1 ^a ±0	1 ^a ±0
Sa09	0±0	0±0	0±0
Sa03	0±0	0±0	0±0
Go24	0±0	0±0	0±0
Go29	0±0	0±0	0±0

Les chiffres portant une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil $p < 0,05$, selon le test de Fisher

IV.2.3. Conclusion partielle

La nématofaune au niveau des 32 exploitations paysannes de niébé suivies au cours de cette étude est composée de 07 espèces dont 02 espèces principales, *H. multicinctus* et *Scutellonema cavenessi*. Le nématode à galles, *Meloidogyne spp.* qui est le principal nématode inféodé au niébé n'a pas été rencontré au cours de cette étude. L'infestation des racines par les nématodes a été constatée dans 04 exploitations et est due à trois espèces de nématodes, *H. multicinctus*, *S. cavenessi* et *P. brachyurus*. Ces infestations sont constatées dans neuf cas sur les dix dans les exploitations avec une fertilisation minérale de 0 à 40 kg de NPK (GI, GII). Un seul cas d'infestation des racines est constaté avec la fumure minérale aux doses supérieures à 40 kg/ha (GIII, GIV). Tout comme en station expérimentale, l'association de la fumure minérale à la fumure organique a fait baisser la pression des nématodes sur les cultures.

Chapitre VI. Discussion

I. Étude des effets des rotations culturales sur la faune du sol et les rendements des cultures

I.1. Effet de la rotation culturale sur la microfaune

I.1.1. Nématodes du sol

Les espèces de nématodes recensées sur le site appartiennent aux trois groupes de nématodes phytoparasites : les parasites internes ou endoparasites (*P. brachyurus*), les parasites externes ou ectoparasites (*T. martini*, *X. sp.*, *T. indicus* et *C. curvatum*), les parasites mixtes ou semi-endoparasites (*S. cavenessi* et *H. multicinctus*). Les parasites internes pénètrent entièrement à l'intérieur des tissus où ils creusent des cavités en détruisant les cellules du cortex et en se nourrissant de leur contenu. Ce sont des migrants, qui ont une vie libre à l'intérieur de la racine où ils se déplacent et créent des dommages en ponctionnant les cellules à l'aide de leur stylet creux (Taylor, 1976 ; Stoll, 2002 ; Bélair, 2005). Les parasites externes ne pénètrent jamais à l'intérieur des racines; ils s'y fixent à l'extérieur à l'aide de leur stylet. Les semi-endoparasites se nourrissent en restant fixés en permanence par leur partie antérieure sur la racine (Ndiaye, 1994b). Parmi les 5 espèces de nématode recensées sur le site des rotations culturales, *T. martini* et *P. brachyurus* ont été signalées comme des espèces associées à la culture du sorgho (Clafin, 1984 ; Motalaote *et al.*, 1987 ; McDonald et Nicol, 2005 ; Villenave *et al.*, 2010). Nos résultats montrent que les taux d'infestation des différents nématodes varient d'une rotation à une autre, en particulier en ce qui concerne les deux espèces principales. La monoculture du sorgho a été la rotation culturale la plus infestée et certaines populations de nématodes (*P. brachyurus*, *T. martini* et *H. multicinctus*) ont fortement régressé en passant de cette rotation aux rotations sorgho-coton et sorgho-niébé. *P. brachyurus*, qui est un nématode abondant dans la monoculture de sorgho, régresse fortement sous les autres rotations tandis que *T. martini* garde des densités élevées dans ces rotations. Cette observation confirme le statut d'espèce principale du sorgho attribué à *P. brachyurus*. La différence de comportement de ces deux espèces par rapport à la rotation culturale pourrait s'expliquer par leur mode de vie ou de reproduction. *P. brachyurus* est un nématode endoparasite obligatoire à tous les stades de son développement (Bélair, 2005) ; tandis que *T. martini* est un nématode qui peut être ectoparasite migrant, semi - endoparasite ou endoparasite (Ndiaye, 1994a). On peut émettre l'hypothèse selon laquelle *P. brachyurus* étant un endoparasite strict, généralement associé au sorgho, il ne peut survivre et se reproduire

sans sa plante hôte ; tandis que *T. martini* qui peut être un semi-endoparasite aurait d'autres plantes-hôtes ou peut se reproduire dans le sol. Ces observations corroborent celles faites dans des travaux antérieurs sur le rôle de la rotation culturale dans le contrôle des nématodes (Netcher, 1970 ; Taylor, 1976 ; Bachelier, 1978 ; Reversat, 1988 ; Cadet, 1998 ; Stoll, 2002 ; Bélair, 2005 ; Bado *et al.*, 2011). La rotation sorgho-niébé est la rotation qui a permis de réduire l'infestation par les nématodes. Ce résultat corrobore ceux d'autres travaux qui ont montré que si une rotation inclut une légumineuse, la culture suivante était moins infestée par les nématodes (Aung et Prot, 1990 ; Bado, 2002). Une explication de la performance de la rotation sorgho-niébé pourrait résider dans le processus de la fixation symbiotique, qui permet aux légumineuses de mobiliser plus d'azote que les autres cultures. Et, comme l'azote protège les plantes contre l'infestation des nématodes, cela ne permet pas une reproduction des nématodes, qui sont donc moins nombreux dans la culture suivante.

Nos résultats montrent également des comportements différents des nématodes du sol par rapport au type de traitements appliqués. Les traitements T3 et T5 avec apport simultané de matières organiques exogènes (fumier) et une fertilisation minérale ont eu des effets dépressifs pour les populations de nématodes. Ce qui n'a pas été le cas du traitement T2 où la matière organique employée est la paille. Le traitement T2 est, avec T4 et T6, où il est employé uniquement une fertilisation minérale, les traitements les plus infestés. L'apport de matières organiques exogènes augmente les stocks organiques du sol (Feller *et al.*, 1987 ; Sedogo, 1993) et peut induire des variations des éléments chimiques de la matière organique du sol (Cadet, 1998). Cela modifie les propriétés physiques et chimiques du sol, rendant le milieu moins favorable aux nématodes (Bachelier, 1978; Bélair, 2005; Forge et Kempler, 2009). Cet effet pourrait être dû à plusieurs facteurs: soit à des substances toxiques produites lors de la poursuite de la dégradation de la matière organique dans le sol, soit à un changement dans la population microbienne du sol avec l'apparition de microorganismes nématophages (Cadet, 1998 ; Stoll, 2002). Pour le cas de la paille, on pourrait penser que ces phénomènes sont moins importants pour avoir un effet dépressif sur la nématofaune par rapport à l'emploi du fumier. Dans la jachère bordant l'essai agricole, la nématofaune a été plus diversifiée, avec une prédominance des espèces *T. martini* et *H. multicinctus*. L'espèce *P. brachyurus* est très faiblement présente dans la jachère, ce qui confirme son statut d'espèce liée à la culture du sorgho souligné. Les espèces qui sévissent dans les champs cultivés ont fortement régressé ou disparu dans les jachères. Il ne s'agit pas toujours d'une diminution du peuplement, mais d'un rééquilibrage spécifique (Ndiaye, 1994b ; Yeates et Bird, 1994 ; Cadet, 1998 ; Bois *et al.*, 2000 ; Pontanier et Floret, 2003). L'une des raisons de la disparition de certains nématodes dans la jachère pourrait être l'absence de leur plante hôte pour

les espèces qui sont inféodées à une culture, comme c'est le cas de *P. brachyurus*. En effet, la plante hôte est un facteur déterminant pour la multiplication des nématodes, en particulier les endoparasites migrateurs obligatoires (NDiaye, 1994; Pontanier et Floret, 2003).

I.1.2. Nématodes des racines

L'infestation des racines a été due uniquement à *P. brachyurus*. Ce nématode a été signalé comme un nématode omniprésent, fréquemment lié à la culture du sorgho (Luc, 1960 ; Motalaote *et al.*, 1987 ; De Waele et Jordan, 1988 ; McDonald et Nicol, 2005, Bado *et al.*, 2011). Nos observations montrent que la rotation culturale combinée à l'emploi des matières organiques a permis de contrôler la pénétration des nématodes dans les racines. Dans la monoculture de sorgho, les racines des plantes sont plus infestées par les nématodes que dans les deux autres rotations. La rotation culturale a permis de contrôler l'infestation du sol et des racines par les nématodes. Les rotations sorgho-niébé et sorgho-coton ont offert une meilleure résistance des racines aux nématodes par rapport à la monoculture. Le principe de base de l'assolement qui est de séparer le ravageur de sa plante-hôte dans l'espace et dans le temps pour limiter des actions néfastes du ravageur est confirmé par nos résultats. Pour Stoll (2002), l'introduction par la rotation de plantes non-hôtes à un ravageur permet d'interrompre le cycle biologique de celui-ci et réduit la probabilité d'infestation des cultures suivantes. L'influence de la rotation pour le contrôle des nématodes a été démontrée dans de nombreux travaux antérieurs (Reversat, 1988 ; Cadet, 1998 ; Sikora *et al.*, 2005a ; Bélair, 2005 ; Talwana *et al.*, 2008). Très spécifiquement, il a été démontré que la culture du sorgho en rotation comportant une légumineuse était moins infectée par les nématodes (Bado, 2002). La rotation avec une légumineuse mobilise plus d'azote pour la culture suivante ; et cet azote augmente la protection des racines contre les nématodes. Dans une récente étude, des auteurs soutiennent en effet que l'utilisation de plantes légumineuses qui auraient des propriétés nématicides peut être une alternative à l'utilisation de produits agro-chimiques de synthèse contre les nématodes (Osei *et al.*, 2011). Ces auteurs ont montré que l'utilisation de deux légumineuses (*Mucuna pruriens* L. et *Tithonia divesifolia* Hemsl) a réduit de 86 à 95% les populations de *Meloidogyne spp.* et *Pratylenchus brachyurus* dans les racines par rapport à la culture témoin. Nos résultats montrent aussi qu'au sein de chaque type de rotation, les traitements apportant la matière organique (fumier) et une fertilisation minérale (T3 et T5) sont les traitements où les racines du sorgho sont moins infestées par les nématodes. Les taux d'infestation plus élevés des autres traitements par rapport à ces deux traitements montrent que c'est la combinaison matière organique et fertilisation minérale qui permet de mieux résister

aux parasites. De nombreux auteurs (Sarah et Hugon, 1991; Stoll, 2002; Bélair, 2005; Forge et Kempler, 2009) expliquent en effet que l'apport de matière organique augmente les stocks organiques du sol et confère aux plantes plus de vigueur pour résister aux nématodes.

I.2. Effet de la rotation culturale sur la macrofaune

Le maintien de la qualité du sol est un élément essentiel de toute pratique de production agricole durable et parmi les actions qui concourent à la protection de celui-ci, un grand nombre d'auteurs (Black et Okwakol, 1997 ; Blanchard *et al.*, 1997 ; Jones *et al.*, 1997 ; Ouattara *et al.*, 1997 ; Ekschmitt et Griffiths, 1998 ; Holt et Lepage, 2000 ; Jouquet, 2002) attribuent un rôle prépondérant aux invertébrés du sol, qui sont des indicateurs très sensibles de la qualité des sols et de leur fertilité. Parmi ces invertébrés, les organismes ingénieurs du sol, termites, vers de terre, jouent un rôle de conditionneurs du sol par leurs actions de bioturbation et leurs effets sur les paramètres physiques et biologiques du sol (Bouché *et al.*, 1997 ; Deprince, 2003 ; Lavelle *et al.*, 2006). Notre étude a inventorié quelques groupes de ces invertébrés du sol sous différentes pratiques de gestion des terres agricoles. Les termites rencontrés sont champignonnistes (*O. magdalenae*, *M. sybhyalinus*), moissonneurs (*Trinervitermes. sp.*) et lignivores ou xylophages (*M. parvulus*). Les premiers cultivent leurs champignons dans des galeries du sol et les seconds se nourrissent des feuilles de litière et des tiges de graminées. Les termites lignivores (xylophages) se nourrissent de bois morts en décomposition (Bouillon et Mathot, 1965). La monoculture de sorgho contient plus d'individus de termites et, est la plus diversifiée. Les termites rencontrés dans cette rotation sont dominés par les champignonnistes et les termites ailés ; les moissonneurs étant très peu représentés. Cette rotation se montre favorable à l'espèce *O. magdalenae* dont la densité de population montre une différence significative ($p = 0,024$). Les rotations sorgho-niébé et sorgho-coton ont favorisé, respectivement, l'installation de termites moissonneurs et champignonnistes. La monoculture de sorgho est le milieu le plus diversifié en termites avec une présence des moissonneurs et des champignonnistes. La rotation culturale semble avoir favorisé, à chaque fois un de ces groupes. Sur l'ensemble des 03 rotations, nous avons une domination des champignonnistes. Ces groupes de termites, dont la plupart des espèces ont un habitat souterrain semblent présenter une meilleure adaptation lorsque le milieu est mis en culture. Ces résultats corroborent ceux de Sarr (1999) qui avait montré que les termites champignonnistes sont dominants sur des terres longtemps mises en culture et contribuent à près de 74 % de la densité totale des termites. Les espèces lignivores (*A. stephensoni* et *M. parvulus*) ont été uniquement recensées sous la jachère qui est plus diversifiée en termites que les

sites de cultures. Leur absence pourrait s'expliquer par la non disponibilité des ressources alimentaires pour ces groupes, due à l'entretien des sites de cultures. De nombreux travaux antérieurs (Feller *et al.*, 1993 ; Black et Okwakol, 1997) ont montré que la mise en culture des sols peut se traduire par une diminution de l'abondance et la diversité de la faune des sols ou une modification de sa composition (Decaëns *et al.*, 1994 ; Mboukou - Kimbatsa, 1997 ; Ruiz Camacho, 2004).

Nos résultats montrent que la composition des populations de termites diffère selon le type de rotation. Toute chose qui devrait se répercuter sur le fonctionnement des sols, car les termites jouent un rôle de premier plan dans les sols tropicaux. De par leur action, ils modifient profondément leur environnement immédiat, en augmentant les particules fines et la matière organique du sol et, par conséquent, stimulent l'activité microbienne (Jouquet *et al.*, 2002). De nombreux travaux (Ouattara *et al.*, 1997 ; Parkin et Berry, 1999 ; Holt et Lepage, 2000 ; Jouquet *et al.*, 2002 ; Maldague, 2003 ; Lavelle *et al.*, 2006 ; Ouédraogo *et al.*, 2006) ont montré aussi que les matériaux des termitières sont biologiquement plus actifs que les sols environnants. La fixation d'azote dans ces matériaux est meilleure quand tous les oligo-éléments nécessaires sont présents.

Les vers de terre sont représentés dans les trois rotations par des vers juvéniles, des vers endogés (*M. inermis*) et des vers anéciques (*D. affinis*). Les anéciques sont des vers géophages de faible profondeur, qui se nourrissent essentiellement de terre prélevée dans l'horizon 0-10 cm et, quelque fois plus profondément, tandis que les vers endogés sont des vers géophages de grande profondeur, qui se nourrissent de fractions organiques prélevées dans la terre à 30 cm de profondeur où ils vivent. Les rotations SS (monoculture de sorgho) et SC (sorgho-coton) contiennent, respectivement, des juvéniles et *D. affinis* ; la valeur de l'indice de Shannon est nulle pour ces deux rotations. La rotation sorgho-niébé est la plus diversifiée en vers de terre et possède une diversité proche de la jachère. Le type de rotation pratiqué a donc eu une influence sur les vers et c'est la rotation SN qui a eu un effet plus bénéfique par rapport aux deux autres types de rotation. Nos résultats ont aussi montré que la rotation culturale a eu également une influence sur la répartition des groupes secondaires de macrofaune du sol. Les rotations SC et SN ont été plus riches en autres groupes de macrofaune par rapport à la monoculture (SS). Cette macrofaune est constituée d'insectes ptérygotes et leurs larves (Coléoptères, Diptères, Hémiptères, Hyménoptères, Orthoptères et Dermaptères), de Collembolles, de Myriapodes (diplopodes). Le type d'occupation du sol apparaît donc être un facteur de diversité et de densité de la macrofaune du sol. Des études antérieures des communautés de macrofaune du sol ont montré que le changement du couvert végétal influence toujours profondément la macrofaune du

sol ; aussi bien en milieux tropicaux (Lavelle *et al.*, 1994) qu'en milieux tempérés (Mathieu, 2004). Les rotations culturales induisent de plus fortes densités et diversités d'organismes du sol (diplopodes, chilopodes, myriapodes) que les cultures continues (Brussaard *et al.*, 2007). Dans notre cas, c'est la rotation comportant une légumineuse qui a permis une plus grande diversité de vers de terre. Cette observation corrobore celle faite par Bikay Bi Baniny (2005), qui avait montré que les vers de terre étaient plus abondants sur les sols couverts de légumineuse. Nos résultats montrent aussi que le milieu de jachère a une plus grande diversité de vers de terre que les sites de culture. Comme pour les termites, la mise en culture a occasionné une perte de diversité des vers de terre. Toute chose qui corrobore des observations faites par des travaux dans différents milieux (Feller *et al.*, 1993 ; Fragoso et Lavelle, 1995 ; Lavelle et Fragoso, 2000 ; Mathieu, 2004).

I.3. Faune du sol et rendements des cultures sous rotations culturales

Les rendements agricoles sont meilleurs pour la rotation sorgho-niébé, suivie des rotations sorgho-coton. La monoculture (SS) présente les plus faibles rendements. Au sein de la même rotation, les meilleurs rendements sont obtenus avec les traitements T3 et T5. La rotation SN est aussi la moins infestée par les nématodes, et T3 et T5 sont les traitements qui enregistrent les faibles taux d'infestation par *P. brachyurus*. La rotation SN et les traitements T3 et T5 offrent ainsi une meilleure protection des racines contre la pénétration de *P. brachyurus*. La principale caractéristique des nématodes phytoparasites est l'existence d'un stylet, équivalent à une seringue hypodermique. Une fois dans la racine, les nématodes phytoparasites se nourrissent en perçant les parois cellulaires des tissus à l'aide de leur stylet. Les multiples piqûres infligées par les nématodes provoquent des réactions qui modifient la physiologie de la plante et altèrent le fonctionnement du système racinaire (Seinhorst, 1965 ; Stoll, 2002 ; Sikora *et al.*, 2005b). Ils peuvent ainsi limiter l'allongement de la racine, réduire sa zone de prospection et freiner la nutrition minérale de la zone de prospection. Les symptômes sur la plante ne sont pas très spécifiques, incluant le nanisme, le jaunissement des feuilles, le ralentissement de la croissance. Les racines endommagées sont ainsi diminuées dans leur capacité d'absorption de l'eau et des éléments nutritifs du sol. Ce processus a pour conséquence de diminuer la vigueur générale de la plante et, partant, de faire diminuer le rendement (Adiko, 1988). Stoll (2002) estime qu'un seul nématode endoparasite peut suffire à entraîner la mort de la racine ou une diminution de productivité. Les blessures causées aux cellules des racines fournissent également une opportunité pour les autres pathogènes (bactéries, champignons, virus) de s'introduire dans les racines (Mateille, 1994 ; Bois *et al.*, 2000). C'est donc le faible taux d'infestation par les

nématodes qui explique les bons rendements obtenus avec les rotations SN, SC, et les traitements T3 et T5. Ces résultats montrent que les apports des matières organiques et des fumures minérales, associés à la rotation culturale permettent de maintenir le potentiel de production des sols, de limiter l'impact des nématodes sur les cultures et de maintenir une macrofaune diversifiée sur les terres cultivées.

II. Étude des effets de différentes sources de matières organiques exogènes sur la faune du sol et les rendements des cultures

II.1. Effet de différentes sources de matières organiques sur la microfaune

II.1.1. Nématodes du sol

La nématofaune du sol est marquée par une prédominance des espèces, *P. brachyurus* et *T. martini* avec des densités de près de 2000 N/dm³. Parmi ces deux principaux nématodes associés à la culture du sorgho, *P. brachyurus* avec une densité de population significativement corrélée au type de traitement ($p = 0,014$) est plus abondant par rapport à *T. martini* ($p = 0,116$). Nos résultats montrent que les taux d'infestation du sol par les nématodes sont importants avec l'apport des matières organiques exogènes. Les traitements avec le fumier et les composts ont des taux d'infestation élevés par rapport à la paille. Tout se passe comme si les nématodes profitaient aussi des effets favorables de l'apport des matières organiques exogènes pour proliférer. Ces résultats sont apparemment en contradiction avec l'effet généralement attendu de l'incorporation des matières organiques sur les nématodes. Pour de nombreux auteurs en effet, l'incorporation des matières organiques exogènes favoriserait la prolifération d'organismes parasites ou prédateurs des nématodes (Bélair, 2005 ; Sikora *et al.*, 2005 ; Forge et Kempler, 2009). D'autres travaux ont aussi montré que cette propriété des matières organiques dépend de leur composition chimique et que ces matières organiques peuvent ne pas lutter directement contre les nématodes, mais conférer aux plantes une plus grande vigueur, leur permettant de mieux se défendre contre les nématodes (Sarah et Hugon, 1991 ; Dmowska et Ilieva, 1995). L'apport d'azote aux matières organiques n'a pas réduit les infestations par les nématodes du sol pour tous les traitements, à l'exception du traitement avec incorporation de compost anaérobie où seule la population de *P. brachyurus* passe de 4366 à 2993 N/dm³. L'apport d'azote n'a donc pas affecté les populations de nématodes et les niveaux de populations dans les parcelles fertilisées sont, dans bien des cas, plus importants que ceux observés dans les parcelles non fertilisées. Des observations similaires ont été faites en culture de sorgho (Villenave *et al.*, 2010)

et en culture de riz (Gnonhouiri et Diomandé, 1989 ; Sundararaju et Kumar, 2003) où les apports d'engrais azotés et phosphorés n'ont pas influencé de manière négative les populations de nématodes du sol. Dans la jachère, la nématofaune a été plus diversifiée, mais avec une régression de *P. brachyurus*, toute chose qui confirme son statut d'espèce liée à la culture du sorgho. On a assisté à un remplacement des phytoparasites des cultures par d'autres espèces. Ici aussi, la mise en culture a entraîné des modifications dans la composition des peuplements de nématodes. Ces changements se traduisent par une perte de diversité due aux activités agricoles. Ces résultats confirment ceux d'auteurs antérieurs qui ont montré une baisse de diversité des nématodes le long d'un gradient de perturbations du milieu, allant de la forêt aux terres cultivées et aux jachères (Yeates et Bird, 1994 ; Nandjui *et al.*, 2007).

II.1.2. Nématodes des racines

L'apport des matières organiques a réduit l'infestation des racines par *P. brachyurus* pour l'ensemble des traitements par rapport aux traitements témoins. La meilleure protection des racines a été assurée par le fumier et les deux types de composts. Les traitements avec incorporation de paille ont des taux d'infestation des racines plus importants que sous ces trois traitements. Ces trois traitements sous lesquels les nématodes du sol avaient des taux d'infestation importants ont, par contre, assuré une meilleure protection des racines contre les nématodes. L'apport des différentes matières organiques a permis aux racines de lutter contre la pénétration des nématodes. De nombreux travaux antérieurs ont montré que l'amélioration des conditions culturales par l'apport de matières organiques exogènes confèrent aux plantes une grande vigueur pour mieux se défendre contre les parasites (Cadet, 1998 ; Sikora *et al.*, 2005a). Cet effet pourrait être dû à plusieurs facteurs : soit à des substances nématicides et à des toxines produites lors de la poursuite de la dégradation de la matière organique dans le sol, soit à un changement dans la population microbienne du sol et de son activité, en particulier, si l'apport de la matière organique y a introduit ou stimulé des microorganismes nématophages (Sarr *et al.*, 1989 ; Dmowska et Ilieva, 1995 ; Cadet, 1998). Nos résultats montrent aussi que l'apport de l'azote a diminué l'infestation des racines par les nématodes pour tous les traitements. Tout se passe comme si l'apport de l'azote renforçait la résistance des racines face aux nématodes. Le nématode, une fois dans la racine, établit un équilibre entre la plante hôte et lui, équilibre acquis aux dépens de la croissance de la plante. La conséquence est une limitation de l'allongement des racines et leur zone de prospection ainsi qu'un freinage de la nutrition minérale. Les matières organiques et les fertilisations permettraient à la plante de modifier l'équilibre biopédologique au

détriment des parasites (Stoll, 2002 ; Bélair 2005). Nos résultats corroborent les observations de Sundararaju et Kumar (2003) qui ont montré une réduction significative de la population de nématodes dans les racines par la combinaison matière organique et fertilisation minérale par rapport aux apports d'un seul de ces substrats.

II.2. Effet de différentes sources de matières organiques sur la macrofaune

Les Isoptères ont été représentés sur le site par des termites champignonnistes (*Odontotermes magdalenae*, *Odontotermes sp.* et *Microtermes sp.*), moissonneurs (*Trinervitermes sp.*) et ailés. Le genre *Odontotermes* est le mieux représenté dans tous les traitements, avec des densités de population significativement corrélées au type de traitement paille ($p=0,027$ pour *O. magdalenae* et $p=0,011$ pour *O. sp.*). Les traitements avec incorporation de la paille ont attiré plus de termites (1143 individus) par rapport au fumier (353 individus). On pourrait expliquer ce résultat par la teneur en cellulose de ces deux substrats, car la grande majorité des termites se nourrit exclusivement de cellulose (Maldague, 2003 ; Zaremski *et al.*, 2009). La paille utilisée sur le site est composée de 46% de cellulose et de 8% de lignine, contre 11% de lignine, 8% de cellulose pour le fumier (Hien, 2004). A l'intérieur du même traitement, l'apport de l'azote s'est également accompagné d'une augmentation du nombre d'individus de termites par unité de surface (cas du fumier) ou une plus grande diversité des termites (cas de la paille). Les termites sont de bons fixateurs d'azote et cela se traduit par un enrichissement en azote de leurs microagrégats par rapport au sol environnant (Stork et Eggleton, 1992 ; Subler *et al.*, 1997 ; Maldague, 2003).

L'enfouissement de matières organiques exogènes a été également favorable aux populations de vers de terre. Les populations recensées sont des vers anéciques (*Dichogaster affinis*) et endogés (*Millsonia inermis*). Mais, contrairement aux termites, c'est l'incorporation du fumier qui a été plus favorable à l'installation des vers de terre. La combinaison fumier et engrais azoté est considérée comme favorable aux vers de terre et augmente le nombre d'individus par unité de surface (Bachelier, 1978 ; Bikay Bi Banity, 2005). Du fait de la source de nourriture supplémentaire qu'ils apportent, ces traitements seraient plus favorables à la présence de la macrofaune. En présence d'une fertilisation azotée, les turricules s'enrichissent plus en azote par rapport au sol environnant, car ils assurent une bonne fixation de l'azote. Les vers de terre assurent la nitrification des matières organiques et augmentent la teneur en azote du sol (Subler *et al.*, 1997 ; Bouché *et al.*, 1997 ; Araujo *et al.*, 2004 ; Dominguez *et al.*, 2004 ; Ouédraogo, 2006). Les turricules des vers de terres constituent une source d'azote pour les plantes (Chaoui *et*

al., 2003). La paille et le fumier ont aussi été favorables à l'installation des autres groupes de macrofaune par rapport aux traitements témoins. Ces résultats sont similaires à ceux de travaux antérieurs qui ont montré les effets positifs de l'apport de la paille et du fumier sur des groupes spécifiques de la macrofaune du sol comme les collemboles et les acariens (Mathieu, 2004), les Isopodes, les Dermaptères et les Collemboles (Delaporte, 1987) et les fourmis (Maldague, 2003 ; Ruiz Camacho, 2004).

II.3. La faune du sol et les rendements des cultures sous apport de diverses sources de matières organiques exogènes

Les rendements agricoles ont été meilleurs pour tous les traitements par rapport aux traitements témoins. Les meilleurs rendements agricoles ont été obtenus avec les traitements avec incorporation de compost aérobie et de fumier. Ces traitements sont ceux qui ont assuré une meilleure protection des racines contre les nématodes. Les taux d'infestation moyen des racines par les nématodes de ces deux traitements sont, respectivement, de 8,5 N/g de racines et 7,5 N/g de racines. La macrofaune du sol y est plus riche par rapport aux deux autres traitements. Les traitements avec incorporation de compost anaérobie et de paille présentent des taux d'infestation moyens de 15,5 N/g de racines et 21,5 N/g de racines. Au sein du même type de traitement, l'apport d'azote a augmenté les rendements. Les multiples piqûres infligées aux racines par les nématodes provoquent des réactions qui modifient la physiologie de la plante et altèrent le fonctionnement du système racinaire. Ce processus a pour conséquence de diminuer la vigueur générale de la plante et, partant, de faire baisser les rendements. L'apport de l'azote augmente la résistance des plants face aux nématodes (Sarah et Hugon, 1991 ; Stoll, 2002). L'azote apporté à la plante se retrouve dans la zone du chevelu racinaire, améliore la possibilité d'absorption des racines et empêche les nématodes de pénétrer dans la plante (Mateille, 1994). C'est cette action de protection des racines contre la pénétration des nématodes qui explique les bons rendements obtenus par les traitements avec les composts et le fumier et une fertilisation azotée. Ces résultats confirment la pertinence des apports des matières organiques exogènes qui permettent de meilleurs rendements agricoles, réduisent l'infestation des cultures par les nématodes et l'installation d'une macrofaune diversifiée sur les sites de culture.

III. Étude des effets de différents types de travail du sol sur la faune du sol et les rendements des cultures

III.1. Effet de différents types de travail du sol sur la microfaune

III.1.1. Nématodes du sol

Le travail du sol par deux types de labour a montré une nématofaune composée de cinq espèces au sein desquelles deux espèces, *P. brachyurus* et *T. martini* représentent plus de 97 % des individus. Ces deux nématodes sont différemment affectés par les deux types de labour. Les traitements par labour aux bœufs ont un taux d'infestation par *P. brachyurus* inférieur de 39% au taux d'infestation du grattage manuel (1040 / dm³ de sol contre 1447). Pour la deuxième espèce *T. martini*, c'est le sol labouré manuellement qui est moins infesté, avec un taux d'infestation de 13% inférieur au taux d'infestation dans le cas du labour aux bœufs (3793 nématodes / dm³ de sol contre 4353). On pourrait expliquer l'effet plus sensible du labour aux bœufs par la profondeur atteinte lors de ce type de labour. Le grattage manuel est effectué à 3-5 cm de profondeur et le labour aux bœufs à 15-20 cm. Les nématodes étant échantillonnés à 20 cm seraient alors affectés par le labour profond. Pour les nématodes, le labour profond est cité comme un moyen efficace de leur gestion sans usage de produits nématicides. Cette pratique peut réduire de 9 à 42 % les densités de population de certains nématodes par la dessiccation des œufs et des juvéniles ramenés en surface (Cadet, 1998 ; Sikora *et al.*, 2005a).

L'apport du fumier à chaque type de travail du sol a eu un impact sur les nématodes. Cet effet de l'apport du fumier a été beaucoup plus marqué dans le cas du labour aux bœufs, où l'on a des baisses respectives de 30 et 37% pour *P. brachyurus* et *T. martini*. Avec l'apport du fumier, le grattage manuel entraîne une baisse de 38% du taux d'infestation par *T. martini*, mais n'affecte pas *P. brachyurus* dont la densité de population connaît même une légère hausse de 1% (727 nématodes / dm³ de sol contre 720). Les nématodes étant échantillonnés à 20 cm seraient alors affectés par l'enfouissement du fumier effectué par le labour profond. Cette observation confirme nos résultats précédents (paragraphe II) et ceux de nombreux auteurs (Bélair, 2005 ; Sikora *et al.*, 2005a ; Forge et Kempler, 2009) sur le rôle des matières organiques exogènes pour contrôler la prolifération des nématodes. La nématofaune de la jachère est plus diversifiée avec l'apparition de deux autres espèces, *Telotylenchus indicus* et *Xiphinema sp.* Cette nématofaune est dominée par *T. martini* et *H. multicinctus*. *P. brachyurus* qui est plus important sous culture

de sorgho est en troisième position dans la jachère. Cette espèce qui sévit dans les champs cultivés a fortement régressé dans les jachères.

III.1.2. Nématodes des racines

Nos résultats montrent que le nématode endoparasite migrateur *P. brachyurus* est le seul responsable des infestations des racines du sorgho. Les traitements par labour aux bœufs sont moins infestés que les traitements par grattage manuel (21 contre 38 nématodes / g de racines). Le sol sous labour profond aux bœufs avait été moins infesté par ce nématode, comme le montrent nos résultats du paragraphe III.1.2. Le labour profond offre donc une meilleure protection les résultats de travaux antérieurs (Cadet, 1998 ; Sikora *et al.*, 2005a).

Pour les deux types de labour, l'apport du fumier a entraîné dans chaque cas une baisse importante du taux d'infestation des racines par *P. brachyurus*. Cette baisse est de 31 % pour le labour aux bœufs et de 40 % pour le grattage manuel. L'apport du fumier a donc agi comme une protection supplémentaire des racines en réduisant les taux d'infestation dans chaque cas. Les résultats de travaux antérieurs ont expliqué que l'action du fumier contre les nématodes peut s'exercer de deux manières : la poursuite de la dégradation du fumier a produit des substances nématicides ou stimulé l'activité des microorganismes nématophages (Bachelier, 1978 ; Bélair, 2005 ; Sikora *et al.*, 2005a ; Forge et Kempler, 2009) ; ou alors l'apport du fumier a conféré aux plantes une plus grande vigueur pour mieux se défendre contre les parasites (Mateille, 1994 ; Cadet, 1998).

III.2. Effet de différents types de travail sur la macrofaune

Les termites moissonneurs (*Trinervitermes sp.*), les champignonnistes (*Microtermes sp.*) et les termites ailés ont été les plus abondants sur l'ensemble des parcelles. Il y a 3% de plus de termites sous les traitements par grattage manuel par rapport aux traitements par labour aux bœufs. Les traitements par labour aux bœufs ont été plus riches en termites moissonneurs (273 individus contre 108 pour le grattage manuel). Le grattage manuel a par contre vu l'installation de plus de champignonnistes par rapport au labour aux bœufs (177 individus contre 42).

L'apport du fumier a été, chaque fois, favorable à l'installation des termites dans les deux types de labour. Il a été plus bénéfique aux *Trinervitermes sp.* ($p = 0,025$) par rapport aux *Microtermes sp.* ($p = 0,021$). Cet apport de fumier s'est aussi traduit par une hausse de l'indice de diversité pour tous les types de labour. On obtient une diversité plus grande et une meilleure répartition des individus dans le cas du labour aux bœufs. Cela peut s'expliquer par la teneur du fumier en

cellulose et en lignine qui augmente la disponibilité en nourriture pour les termites. Cellulose et lignine sont en effet les constituants quantitativement plus importants de la meule des champignonnistes. La meule est un aliment complet utilisé en quasi-totalité par les termites (Holt et Lepage, 2000).

Les vers de terre ont été représentés sur le site d'étude par deux espèces, *Dichogaster affinis* et *Millsonia inermis*. Nos résultats montrent que les vers de terre sous travail du sol par grattage manuel ont été plus abondants (17 individus / m² contre 10). Le labour profond s'est traduit par une baisse du nombre d'individus par unité de surface ; en particulier pour le ver de terre endogé *Millsonia inermis*. Des travaux de recherches antérieurs ont montré que le labour profond, par les dommages mécaniques qu'il peut occasionner, est une pratique pouvant affecter les vers de terre, notamment les plus gros (Dover, 1991 ; Ouattara *et al.*, 1997 ; Mathieu, 2004). En particulier, le labour régulier sans apport de matière organique peut réduire les populations de vers de 70 % en 5 ans (Decaëns *et al.*, 1994). Nos résultats montrent en effet que l'apport du fumier a permis d'augmenter le nombre d'individus par unité de surface ainsi que la diversité des vers de terre. Cela a été plus sensible dans le cas du labour profond avec une augmentation de 3 à 7 individus / m² après apport du fumier.

Dans les deux types de travail du sol, d'autres catégories de la faune du sol dominées par les coléoptères, les fourmis et les hémiptères ont été rencontrées. Ces groupes secondaires ont été plus nombreux dans le cas du labour aux bœufs (38 individus contre 20). Comme pour les termites et les vers de terre, l'apport du fumier a favorisé la présence de ces autres groupes. Cela s'est traduit, dans chaque cas, par une augmentation du nombre d'espèces. Pour les différents groupes de la faune du sol, le nombre d'individus et d'espèces a été plus important dans la jachère. De nouveaux groupes non recensés dans les parcelles cultivées ont apparu sous la jachère. Divers auteurs ont montré que les cultures annuelles peuvent avoir des effets considérables sur les populations des invertébrés du sol avec une diminution spectaculaire de la biomasse, la densité des populations et la richesse taxonomique (Dover, 1991, Dempster 1991, Decaëns *et al.* 1994, Bikay Bi Banity 2005). La mise en culture des terres a été démontrée par de nombreux auteurs comme un facteur pouvant réduire la biodiversité (Paoletti, 1985 ; Dover, 1991 ; Decaëns *et al.*, 1994 ; Mboukou - Kimbatsa, 1997 ; Black et Okwakol, 1997 ; Eggleton *et al.*, 2002 ; Traoré, 2003 ; Ruiz Camacho, 2004). Dover (1991) estime même que cette mise en culture des sols peut diminuer l'abondance et la diversité de la faune des sols jusqu'à l'annuler.

III.3. La faune du sol et les rendements des cultures sous différents types de travail du sol

Les rendements des cultures des traitements par labour aux bœufs ont été supérieurs à ceux obtenus après du travail du sol par grattage manuel. Nos résultats montrent que le sol et les racines des plants du sorgho ont été moins infestés en nématodes dans le cas du labour aux bœufs par rapport au grattage manuel. Tous les groupes de la macrofaune du sol ont été également plus abondants sous ce type de travail du sol, à l'exception des vers de terre qui ont été affectés par ce type de labour. L'action des vers de terre a pu être compensée par les autres groupes pour lesquels le labour profond a été favorable ; en particulier les termites et les fourmis, principaux représentants de la macrofaune dans les sols tropicaux. En effet, dans les écosystèmes tropicaux et sub- tropicaux, la macrofaune est essentiellement représentée par les termites, les fourmis et les vers de terre, avec des abondances respectives de 37%, 23% et 9% (Fragoso et Lavelle, 1995). L'augmentation des rendements des cultures annuelles par la pratique du labour est généralement reconnue dans la zone soudano-sahélienne (Chopart, 1980; Somé, 1989). Pour ces auteurs, le labour, en rendant le sol plus poreux, améliore l'enracinement des cultures, favorisant ainsi l'exploitation des ressources du milieu. Le sol est mieux colonisé non seulement dans la couche travaillée mais aussi en profondeur. L'amélioration du rendement suite à l'apport du fumier est encore plus importante dans le cas du labour aux bœufs. L'effet bénéfique de l'apport de matières organiques exogènes sur les rendements a été montré par nos résultats précédents (paragraphe I et II) et par de nombreux travaux antérieurs dans cette zone (Sedogo, 1981 ; Bonzi, 1989; Sedogo, 1993 ; Ouattara, 1994 ; Bonzi, 2002 ; Hien, 2004 ; Lompo, 2009.) ou ailleurs (Feller *et al.*, 1987 ;Gnonhouiri et Diomandé, 1989 ; Cadet, 1998 ; Forge et Kempler, 2009). Pour Ouattara (1994), l'effet positif des matières organiques résulte de l'amélioration du statut organique du sol et de son interaction probable sur les propriétés physiques du sol dont la densité apparente, la porosité et l'état hydrique. Le labour profond sur ces sols a donc permis de réduire la pression des nématodes sur les cultures, de maintenir une diversité de la macrofaune du sol et d'obtenir de meilleurs rendements agricoles.

IV. Étude des effets des pratiques paysannes de fertilisation sur la microfaune

IV.1. Effet des pratiques paysannes de fertilisation sur la microfaune sous culture de sorgho

IV.1.1. Nématodes du sol

Le traitement T3 (fumure minérale faible +5 tonnes de fumier par hectare tous les deux ans+exportation de la paille) pratiqué sur l'Essai Entretien de Fertilité est un traitement conseillé à la vulgarisation en milieu paysan, notamment au sein des producteurs agricoles autour de la station de recherches de Saria. Un inventaire des nématodes sous culture de sorgho chez 10 producteurs a permis d'étudier l'infestation en nématodes au sein de leurs exploitations. Nos résultats montrent une nématofaune plus diversifiée par rapport au site expérimental (08 espèces contre 05). Les taux d'infestation moyen des principaux nématodes *P. brachyurus*, *H. multicinctus*, *S. cavenessi* et *T. martini* sont respectivement de 686, 2233, 765 et 866 N/dm³ de sol en milieu paysan contre 762, 1273, 478 et 10 N/dm³ de sol sur le site expérimental. *T. martini*, qui est le nématode le plus abondant dans le sol sur le site expérimental, avec une densité maximale de population de 1067 N/dm³ de sol pour la rotation sorgho-niébé, arrive en seconde place en milieu paysan, avec une densité maximale de 5013 N/dm³ de sol chez le producteur Sa02. Nos résultats montrent donc une infestation en nématodes du sol plus importante dans les champs paysans par rapport au site expérimental. Plus encore que l'abondance des nématodes phytoparasites du sol, c'est la composition spécifique des peuplements qui est modifiée dans les exploitations paysannes. L'apport d'amendements organiques n'a pas induit une diminution du nombre de nématodes phytoparasites dans les champs paysans. Ces résultats pourraient s'expliquer par l'application des doses de fumures organo-minérales inférieures aux recommandations du traitement T3. A cette première raison pourrait s'ajouter la qualité de la matière organique employée sur ces exploitations. Ces raisons probables n'ont pas permis aux amendements organiques apportés d'induire les deux principaux phénomènes attendus : production de substances nématocides et des toxines lors de la poursuite de la dégradation de la matière organique dans le sol, ou alors un changement dans la population microbienne avec l'apparition de microorganismes nématophages (Sarr *et al.*, 1989 ; Dmowska et Ilieva, 1995 ; Cadet, 1998).

IV.1.1. Nématodes des racines

Nos résultats montrent une infestation des racines presque exclusivement due à *P. brachyurus*. Une seule exploitation montre une infestation des racines par un deuxième nématode, *S. cavanessi*. Les taux d'infestation par *P. brachyurus* varient de 0 à 27 N/g de racines. Sur le site expérimental, l'application du traitement T3 a montré une infestation des racines de 0 à 4 N/g de racines. On constate donc que l'application du traitement T3 sur ces exploitations n'a pas offert la même protection aux racines que sur le site expérimental. L'amélioration des conditions culturales par l'apport de fertilisation organo-minérale dans les exploitations paysannes n'a pas permis aux plantes d'opposer une résistance aux nématodes de la même manière qu'en station expérimentale. Dans la moitié des cas, les infestations sont supérieures ou égales au seuil de nocuité défini par Adiko (1988) à 10 N/g de racines. Comme pour le cas des nématodes du sol, ces résultats pourraient s'expliquer par le non respect des doses et la qualité des matières organiques utilisées. Les saprophytes, en se développant dans ces matières organiques apportées, favorisent l'apparition d'organismes prédateurs qui, entre autres proies, s'attaquent aux nématodes phytophages, dont la population peut être ainsi réduite au 1/10 en quelques semaines (Stoll, 2002 ; Bélair 2005). Ces résultats montrent que les nématodes phytophages peuvent être partiellement contrôlés dans les exploitations étudiées, en apportant au sol les quantités requises de matières organiques et minérales qui ont donné de meilleurs résultats sur le site expérimental.

IV.2. Effet des pratiques paysannes de fertilisation sur la microfaune sous culture de niébé

IV.1.1. Nématodes du sol

Dans les exploitations paysannes sous culture de niébé que nous avons étudiées, nous avons recensé sept espèces de nématodes dont cinq appartiennent à des genres dominants qui sont les plus caractéristiques de la région sahélienne, à savoir : les genres *Scutellonema* (*S. cavanessi*), *Pratylenchus* (*P. brachyurus*), *Helicotylenchus* (*H. multicinctus*), *Tylenchorhynchus* (*T. martini*) et *Telotylenchus* (*T. indicus*). Ils font partie des nématodes d'importance économique (Taylor, 1976 ; Clafin, 1984). Baujard (1986) note qu'ils sont capables de se multiplier sur la plupart des plantes cultivées et les plantes sauvages pendant l'inter-culture. Ces exploitations ont reçu essentiellement une fertilisation en NPK et quelques cas d'utilisation d'urée. Comme dans le cas de l'Essai Étude Comparative (Saria II) du site expérimental, nous avons constaté que cette fertilisation n'a pas eu d'effet sur les nématodes du sol. Si nous considérons les deux principaux

nématodes responsables des infestations que sont *H. multicinctus*, *S. cavenessi*, les niveaux des infestations sont restés souvent sensiblement les mêmes entre parcelles de niveaux de fertilisation différents au sein des 04 groupes de fertilisation. La fertilisation en NPK et urée n'a pas affecté de façon sensible les populations de nématodes du sol. Ces résultats confirment nos résultats antérieurs (paragraphe II) et les résultats d'autres auteurs (Gnonhouiri et Diomandé, 1989, Sundararaju et Kumar, 2003) où un apport d'engrais azotés et phosphorés n'a pas eu d'effet sur les populations des nématodes du sol.

IV.1.2. Nématodes des racines

Nos résultats montrent une très faible infestation des racines du niébé. Les infestations des racines constatées sont dues à trois nématodes, *P. brachyurus*, *H. multicinctus* et *S. cavenessi*. Les nématodes du sol qui ont des taux d'infestation assez élevés sont quasiment absents dans les racines des cultures. Ceci confirme l'hypothèse selon laquelle la fertilisation azotée vise, non pas à lutter directement contre les nématodes phytoparasites, mais à donner une plus grande vigueur à la plante pour se défendre ou encore lui permettre de modifier l'équilibre biopédologique au détriment du parasite comme le font la plupart des substances nématicides (Sarah et Hugon, 1991 ; Dmowska et Ilieva, 1995). L'azote apporté à la plante se retrouve dans la zone du chevelu racinaire, améliore la possibilité d'absorption des racines et empêche les nématodes de pénétrer dans la plante (Mateille, 1994). Cela a eu pour conséquence une très faible infestation des racines du niébé par les nématodes. En plus de la fertilisation apportée de manière exogène, certaines propriétés de la plante du niébé pourraient être également à l'origine de cette faible infestation de ses racines par les nématodes. Le niébé, comme les autres légumineuses, a des besoins en sources externes d'azote peu élevés, car ses racines sont munies de nodosités peuplées de bactéries (*Rhizobiums*) qui contribuent à la fixation de l'azote atmosphérique. Le *Rhizobium* est une bactérie qui infecte les racines des légumineuses et donne naissance à des excroissances de type tumoral appelées nodosités. Le centre de chaque nodosité mature contient des milliards de bactéries qui fixent l'azote. La légumineuse hôte fournit l'énergie nécessaire à cette fixation en capturant l'énergie du soleil par le phénomène de la photosynthèse. A cause de sa capacité de fixation d'azote par voie symbiotique, on estime en effet à 30 kg de NPK/ha les besoins en fertilisation du niébé (Dugje *et al.*, 2009). Ces résultats peuvent s'expliquer aussi par l'absence de nématodes cécidogènes (*Meloidogyne spp.*) dans le sol de ces exploitations. Les nématodes cécidogènes sont en effet considérés comme principaux ravageurs du niébé à l'échelle mondiale (Luc, 1960 ; NDiaye, 1994 ; Sikora *et al.*, 2005b). Ces résultats montrent aussi que tout comme

en station expérimentale, l'association de la fumure minérale et la fumure organique aux doses requises peut induire une baisse de l'infestation des cultures par des nématodes phytoparasites.

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale

Le sol est un réservoir de ravageurs et d'animaux dont l'action est essentielle à son bon fonctionnement. Les activités des organismes du sol sont reconnus de nos jours comme fondamentales pour la fertilité des sols et la productivité agricole. L'objectif général de ce travail était d'étudier l'impact des pratiques culturales sur la composition de la faune du sol et son influence sur les rendements des cultures. Les hypothèses de travail étaient : (i) les pratiques agricoles telles que les rotations culturales, les fertilisations et le travail du sol permettent de contrôler et de réduire l'infestation des cultures par les nématodes phytoparasites ; (ii) les pratiques agricoles telles que les rotations culturales, les fertilisations et le travail du sol influencent différemment la dynamique de la macrofaune du sol dans les agrosystèmes ; (iii) l'infestation des cultures par les nématodes et la présence de la macrofaune du sol ont une influence sur les rendements des cultures. Ces hypothèses ont été vérifiées car les résultats montrent que les pratiques agricoles ont eu une influence sur la dynamique de la faune du sol. La rotation culturale, l'apport conjoint de matières organique et minérale, et le labour ont permis de contrôler l'infestation des cultures par les nématodes, le maintien de la macrofaune du sol et l'obtention de bons rendements agricoles.

Les données obtenues dans la présente étude permettent de mieux cerner l'impact des pratiques agricoles sur les communautés de la faune du sol. Les principaux résultats peuvent être synthétisés comme suit :

- Les différents modes de gestion de la fertilité des sols ont révélé une diversité de nématodes en fonction du type de pratique et du type de culture. Cela peut être pris en compte pour mener une lutte ciblée contre les nématodes en fonction du type de pratique.
- Les rotations culturales permettent de contrôler l'infestation par les nématodes. La monoculture du sorgho a été la rotation culturale la plus infestée et certaines populations de nématodes (*P. brachyurus*, *T. martini* et *H. multicinctus*) ont fortement régressé d'une rotation à une autre. En particulier *P. brachyurus*, qui est un nématode abondant dans la monoculture de sorgho, disparaît sous les autres rotations tandis que *T. martini* garde des densités élevées dans ces rotations. Dans la monoculture de sorgho, les racines des plantes sont plus infestées par les

nématodes que dans les deux autres rotations. La rotation comportant une légumineuse est incontestablement la plus performante. Elle assure une bonne productivité du système et diminue l'impact des nématodes. Nos résultats montrent également des comportements différents des nématodes du sol par rapport au type de traitements appliqués. Les traitements qui ont comporté de la matière organique exogène combinée à une fertilisation minérale ont eu des effets dépressifs pour les populations de nématodes dans le sol. Les résultats obtenus montrent que la composition des populations de macrofaune diffère sous les différents types de rotation. Les termites rencontrés dans la monoculture de sorgho sont des champignonnistes et des moissonneurs. Les rotations sorgho-niébé et sorgho-coton ont abrité respectivement des termites moissonneurs et lignivores. Ces deux rotations renferment plus de vers de terre par rapport au traitement témoin.

- Les nématodes peuvent être favorablement contrôlés par l'apport des matières organiques exogènes. Le fumier, les composts et la paille sont dans l'ordre croissant les matières organiques qui ont favorisé le contrôle des nématodes. L'apport d'azote n'affecte pas les populations de nématodes du sol et, les niveaux de populations dans les parcelles fertilisées sont dans bien de cas plus importants que ceux observés dans les parcelles non fertilisées. Les apports des matières organiques exogènes ont en revanche significativement réduit l'infestation des racines par *P. brachyurus* pour l'ensemble des traitements par rapport aux traitements témoins. Les meilleurs rendements agricoles ont été obtenus avec les traitements avec incorporation de compost et de fumier, qui sont aussi ceux qui ont assuré une meilleure protection des racines contre les nématodes. L'enfouissement de matières organiques exogènes a été également favorable à la macrofaune du sol. Les traitements avec incorporation de la paille ont attiré plus de termites et le fumier a été plus favorable aux vers de terre.

- Le travail du sol par labour aux bœufs ou par grattage manuel sans apport de fumier n'affecte pas *P. brachyurus* et *T. martini*, les deux principaux nématodes sous culture de sorgho. C'est surtout l'apport du fumier qui affecte les nématodes dans chaque cas. Cet effet de l'apport du fumier a été beaucoup plus marqué dans le cas du labour aux bœufs. Nos résultats montrent que les racines des plants du sorgho ont été moins infestées en nématodes dans le cas du labour aux bœufs par rapport au grattage manuel. Ce sont aussi ces traitements qui ont donné les meilleurs rendements. Les différents groupes de la macrofaune réagissent différemment par rapport au type de travail du sol. Les termites moissonneurs (*Trinervitermes* sp.) et les champignonnistes

(*Microtermes* sp.) sont les plus abondants sur l'ensemble des parcelles du travail du sol. L'apport du fumier est plus bénéfique aux *Trinervitermes* sp. par rapport aux (*Microtermes* sp.). Les vers de terre sont plus abondants et plus diversifiés dans le cas du travail du sol par grattage manuel.

- Sous la jachère bordant les essais agricoles, la microfaune et la macrofaune sont plus diversifiées que sur les sites cultivés. Pour les nématodes, on note une prédominance des espèces *T. martini* et *H. multicinctus*. L'espèce *P. brachyurus*, abondant sous monoculture de sorgho, régresse fortement sous les autres rotations et sous la jachère, ce qui confirme son statut d'espèce liée à la culture du sorgho, et montre aussi que la plante hôte est un facteur déterminant pour la présence des nématodes.

- Les résultats de notre étude en milieu paysan montrent une nématofaune plus diversifiée avec huit espèces contre cinq sur le site expérimental, pour le même traitement. Les taux d'infestation par les principaux nématodes sont plus élevés dans le sol en milieu paysan par rapport au site expérimental. L'infestation des racines par *P. brachyurus* est plus élevée avec des taux d'infestation de 0 à 27 N/g de racines. Sur le site expérimental, l'application du même traitement montre une infestation des racines de 0 à 4 N/g de racines. L'amélioration des conditions culturales par la fertilisation matières organo-minérale dans les exploitations paysannes n'a pas permis aux plantes d'opposer la même résistance aux nématodes que sur le site expérimental. En culture de niébé, la nématofaune du sol est composée de cinq espèces qui appartiennent aux genres dominants caractéristiques de la région sahélienne. Nos résultats montrent de très faibles infestations des racines du niébé par trois nématodes, *P. brachyurus*, *H. multicinctus* et *S. cavenessi*. Ces faibles infestations sont dues aux doses de fertilisation apportées, aux propriétés du niébé et à l'absence de nématodes cécidogènes.

En conclusion, les résultats montrent qu'un contrôle des ravageurs des cultures et le maintien d'une diversité de la macrofaune du sol est possible dans les paysages agricoles par la mise en œuvre de pratiques agricoles adéquates. La rotation culturale, l'apport de matières organiques, et le labour ont permis de contrôler l'infestation des cultures par les nématodes et le maintien de la macrofaune du sol. Ce qui a pour conséquence l'obtention de bons rendements agricoles. Ces résultats sont une contribution à la formulation de recommandations utiles à l'endroit des producteurs et des décideurs politiques pour la gestion efficiente des terres agricoles. Ces

résultats peuvent également servir de base à la mise en œuvre d'autres types de recherches pour approfondir des aspects non abordés ou insuffisamment abordés dans cette étude.

Perspectives

Perspectives en matière de développement

Au Burkina Faso plus de 80% de la population vit de l'agriculture. L'agriculture du pays souffre cependant d'insuffisance de pratiques culturales adaptées, des aléas climatiques et aussi de l'incidence des ravageurs des cultures. Notre étude menée sur l'impact des pratiques agricoles sur la faune du sol a permis d'évaluer le comportement des invertébrés du sol face à différents modes de gestion des terres agricoles. Nos résultats montrent qu'un contrôle des ravageurs des cultures et le maintien d'une diversité de la macrofaune du sol est possible sur les terres agricoles par la mise en œuvre de pratiques agricoles adéquates. Ces résultats sont une base pour la formulation de recommandations utiles à l'endroit des producteurs agricoles et des décideurs politiques pour la gestion efficiente des terres agricoles.

Perspectives en matière de recherche scientifique

La faune du sol comme tout organisme qui vit dans un milieu est soumise aux actions simultanées d'agents climatiques, édaphiques, chimiques ou biotiques très variés. Plus particulièrement pour les nématodes phytoparasites qui dépendent étroitement de la présence d'une plante dont ils se nourrissent et dont une partie de leur cycle biologique se déroule dans le sol. Nos résultats peuvent ainsi servir de base à la mise en œuvre d'autres types de recherches pour approfondir des aspects non abordés ou insuffisamment abordés dans cette étude.

Les hypothèses de production de substances toxiques produites lors de la poursuite de la dégradation de la matière organique dans le sol et ayant un effet dépressif sur les nématodes, ou encore le changement dans la population microbienne du sol avec l'apparition de microorganismes nématophages peuvent être prises en compte dans de futures thématiques de recherche. L'effet de plantes légumineuses ayant des propriétés nématocides et pouvant être une alternative à l'utilisation de produits agro-chimiques de synthèse contre les nématodes est également une problématique importante de recherche à explorer. Des recherches pourront aussi être menées sur l'étude de l'effet de la variété de culture sur la nématofaune et la macrofaune du sol, en tenant compte des paramètres pédoclimatiques.

Références bibliographiques

- Adiko A. 1988.** Plant-parasitic nematodes associated with plantain, *Musa paradisiaca* (AAB), in the Ivory Coast. *Revue Nématol.* 11(1): 109-113.
- Agrhymet. 2001-** Baisse de la pluviométrie saisonnière dans les pays du Sahel - Isohyètes moyens choisis des périodes 1950-67 et 1968-2000 (carte+légende). Agrhymet. Niamey-Niger.
- Anderson J.D., Ingram J.S.I. 1993.** *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. 2.ed. Wallingford: CAB International, 171 p.
- Araujo Y., Luizao J.F., Barros E. 2004.** Effect of earthworm addition on soil nitrogen availability, microbial biomass and litter decomposition in mesocosms. *Biol. Fertil. Soils*, 39: 146 – 152.
- Aung T., Prot J.C. 1990.** Effects of crop rotations on *Pratylenchus zae* and on yield of rice cultivar UPL Ri-5. *Revue Nématol.* 13(4): 445-447.
- Bachelier G. 1974.** Action de la faune du sol sur l'humification des matériaux végétaux. *Revue d'écologie et de Biologie du Sol*, 10(4): 453 – 473.
- Bachelier G. 1978.** *La faune du sol, son écologie et son action*. Paris, OSRTOM, 391 p.
- Bado V., Sawadogo A., Thio B., Bationo A.; Traoré K., Cescas M. 2011.** Nematode infestation and N-effect of legumes on soil and crop yields in legume-sorghum rotations. *Agricultural Sciences* 2(2) : 49-55.
- Bado B.V. 2002.** Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université Laval, département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, Canada, 197 p.
- Baujard P. 1986.** Écologie des nématodes dans le bassin arachidier du Sénégal. *Revue Nématol.*, 9 : 288-302.
- Bélair G. 2005.** Les nématodes, ces anguillules qui font suer les plantes par la racine. *Phytoprotection*, 86(1): 65-69.
- Bikay Bi Baniny S.B. 2005.** Inventaire de la macrofaune en culture cotonnière sous quatre modes de gestion des sols: cas de Windé Pintchoumba (Nord) et Zouana (Extrême – Nord). Mémoire d'Ingénieur Agronome, Université de Dschang, Cameroun, 98 p.
- Black H.I.J., Okwakol M.J.N. 1997.** Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of the termites. *Applied Soil Ecology*, 6: 37-53.
- Blanchart E., Lavelle P., Braudeau E., Le Bissonnais Y., Valentin C. 1997.** Regulation of soil structure by geophagous earthworm activities in humid savannas of Ivory Cost. *Soil Biol. Biochem.* 29(3/4): 431-439.

- Bois J.F., Cadet P., Plenchette C.H., Duponnois R. 2000.** Impact des nématodes phytoparasites de la zone Soudano – Sahélienne du Sénégal sur la croissance du mil en conditions contrôlées. *Étude et Gestion des Sols*, numéro spécial, 7(4): 271-278.
- Bonzi M. 1989.** Études des techniques de compostage et évaluation de la qualité des composts: effets des matières organiques sur les cultures et la fertilité des sols. Mémoire d'Ingénieur du développement rural, Université de Ouagadougou, 66 p.
- Bonzi M. 2002.** Évaluation et déterminisme du bilan de l'azote en sols cultivés du centre Burkina Faso: Étude par traçage isotopique N¹⁵ au cours d'essais en station et en milieu paysan. Thèse de Doctorat, INPL, Nancy, France, 177 p.
- Bot J.A., Natchtergaele O.F., Young A. 2000.** *Land resource potential and constraints at regional and country levels*. FAO, Land and Water Development Division, Rome, 122 p.
- Bouché M.B., Al-Addan F., Cortez J., Hammed R., Heidet J-C., Ferrière G., Mazaud D., Samih M. 1997.** Role of earthworms in the N cycle: a falsifiable assessment. *Soil Biol. Biochem.*, 29(3/4): 375-380.
- Bouillon A., Mathot G. 1965.** *Quel est ce termite africain ?* Université de Léopoldville, République Démocratique du Congo, série «Zooleo», no 1, 115 p.
- Brussaard L. 1998.** Soil Fauna, guilds, functional groups and ecosystem processes. *Applied Soil Ecology*, 9: 123-135.
- Brussaard L., Hijdra R.D.W. 1986.** Some effects of scarab beetles in sandy soils of The Netherlands. *Geoderma*, 37: 325-350.
- Brussaard L., De Ruiter P.C., Brown G.G. 2007.** Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 121(3): 233-244.
- Cadet P. 1998.** Gestion écologique des nématodes phytoparasites tropicaux. *Cahier d'Agriculture*, 7: 187-194.
- Celetti M.J. 2006.** *Échantillonnage du sol et des racines visant le dénombrement des nématodes phytoparasites*. Fiche Technique, Edition la Reine pour l'Ontario, Canada, 9 p.
- Chaoui I.H., Zibilske M.L., Ohno T. 2003.** Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biology and Biochemistry*, 35: 295- 302.
- Cherix D. 1986.** *Les fourmis des bois ou fourmis rousse*. Série « Comment vivent – ils ? » Atlas visuel Payot Lausanne, Suisse, Vol. 15, 92p.
- Chinery M. 1981.** *Les insectes d'Europe*. Paris, Ed. Bordas, 380 p.
- Chopart J.L. 1980.** Étude au champ des systèmes racinaires des principales cultures pluviales au Sénégal (arachide, mil, sorgho, riz pluvial). Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique, Toulouse, France, 159 p.

- Clafin L.E. 1984.** Plant-parasitic nematodes affecting sorghum. In *Sorghum Root and Stalk Rots, a Critical Review: Proceedings of the Consultative Group Discussion on Research Needs and Strategies for Control of Sorghum Root and Stalk Rot Diseases*, ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics), 1984, 27 Nov - 2 Dec 1983, Bellagio, Italy, pp. 53-58.
- Decaëns T., Lavelle P., Jaen Jiminez J. J., Escobar G., Rippstein G. 1994.** Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. *Soil Biol*, 30(4) :157-168.
- Delvaux M., Nys C. 2002.** *Géographie : Lire le monde*. Paris, France, Ed Amazon, 296 p.
- Deleporte S. 1987.** Rôle du diptère *Sciaridae bradisia* (Winn. Frey) dans la dégradation d'une litière de feuillus. *Rev. Ecol. Biol Sol*, 24: 341-348.
- Dempster J.P. 1991.** *Fragmentation, isolation and mobility of insects populations*. In *The conservation of insects and their habitats*. Collins N.M, Thomas J.A. London, Academic Press, pp. 143-153.
- Deprince A. 2003.** La faune du sol: diversité, méthodes d'étude, fonctions et perspectives. *Le courrier de l'Environnement de l'INRA*, 49 : 19- 42.
- De Waele D., Jordan M.E. 1988.** Plant parasitic nematodes on field crops in South Africa. 2. Sorghum. *Revue Nématol.* 11(2): 203-212.
- DGM. 2011.** *Carte de migration des isohyètes. Période 1931-2010*. DGM-Ouagadougou, Burkina Faso.
- DMN. 2010.** *Carte des zones climatiques du Burkina Faso*. DMN-Ouagadougou, Burkina Faso.
- Dmowska E., Ilieva K. 1995.** The effect of prolonged diverse mineral fertilization on nematodes inhabiting the rhizosphere of spring barley. *European journal of soil biology*, 31(4): 189-198.
- Doamba S.M.F., Nacro H.B., Sanon A., Sedogo M. 2011.** Effet des cordons pierreux sur l'activité biologique d'un sol ferrugineux tropical lessivé (Province du Kouritenga au Burkina Faso). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(1): 304-313.
- Dominguez J., Bohlen J.P., Parmeleew R. 2004.** Earthworms Increase Nitrogen Leaching to Greater Soil Depths in Row Crop Agroecosystems. *Ecosystems*, 7: 672-685.
- Dover J.W. 1991.** *The conservation of insects on arable farmland* . In *The conservation of insects and their habitats*. Collins N.M, Thomas J.A. London, Academic Press, pp. 294-315.
- Dugje I.Y., Omoigui L.O., Ekeleme F., Kamara A.Y., Ajeigbe H. 2009.** *Production du niébé en Afrique de l'Ouest: Guide du paysan*. Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), Ibadan, Nigeria, 26p.

- Eggleton P., Bignell D.E., Hauser S., Dibog L., Norgrove L., B. 2002.** Termite diversity across an anthropogenic disturbance gradient in the humid forest zone of West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 90: 189-202.
- Ekschmitt K., Griffiths B.S. 1998.** Soil biodiversity and its implications for ecosystem functioning in a heterogeneous and variable environment. *Applied Soil Ecology*, 10: 201-215
- Eschenbrenner V., 1986.** Contribution des termites à la macro - agrégation des sols tropicaux. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 22: 397-408.
- FAO. 2010.** *FAOSTAT / Agriculture*. Consulté le 26 mai 2011, sur Fao.org: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>.
- Feller C., Chopart J.L., Dancette F. 1987.** Effet de divers modes de restitution de pailles de mil sur le niveau et la nature du stock organique de deux sols sableux tropicaux (Sénégal). *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 24(3): 237-252.
- 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 *La jachère en Afrique de l'Ouest*. Floret C. et Serpantie G. Collection Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris, pp. 15-32.
- Fontès J., Guinko S. 1995.** *Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina. Notice Explicative*. Ministère de la Coopération Française, Projet Campus (88 313 101), Toulouse, France, 67 p.
- Forge T.A., Kempler C. 2009.** Organic mulches influence population densities of root-lesion nematodes, soil health indicators, and root growth of red raspberry. *Canadian journal of plant pathology*, 31(2): 241-249.
- Fragoso C., Lavelle P. 1995.** Are Earthworms Important in the Decomposition of Tropical Litter ? In *Soil Organisms and Litter Decomposition in the Tropics*. Eds Reddy M.V., pp 103-112.
- Fragoso C., Brown G.G., Patron J C., Blanchard E., Lavelle P., Pashanasi B., Senapati B., Kumar T. 1997.** Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystems function in the tropics: the role of earthworms. *Applied Soil Ecology* 6: 17- 35.
- Fritsch E. 1982.** *Évolution des sols sous recru forestier après mise en culture traditionnelle dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire, en Afrique de l'Ouest*. Rapp. mult. ORSTOM, Abidjan 74 p.
- Gilot C. 1997.** Effects of a tropical geophagous earthworm, *M. Anomala* (Megascolecidae), on soil characteristics and production of a yam crop in Ivory Coast. *Soil Biol. Biochem*, 29(3/4): 353-359.

- Gnonhour P., Diomandé M. 1989.** *Action de la fertilisation et des nématicides non fumigants sur les populations de nématodes et le rendement Paddy à Yabra.* Adiopodoumé, ORSTOM - AISA, 15 p.
- Gobat J.M., Aragno M., Matthey W. 2003.** *Le sol vivant.* Presses polytechniques et universitaires ramandes, Lausanne, Suisse. 568 p.
- Grouzis M., Albergel J. 1989.** *Du risque climatique à la contrainte écologique : incidence de la sécheresse sur les productions végétales et le milieu au Burkina Faso.* (Eds) Eldin et Milleville, 132p.
- Guinko S. 1984.** Végétation de la Haute-Volta. Thèse de Doctorat ès Sciences. Université de Bordeaux III, France, Tome I. 312 p.
- Guira T. 1988.** Intensification de la culture du sorgho en sol ferrugineux. Étude des effets induits des techniques culturales sur la fertilité des sols. Mémoire d'Ingénieur du développement rural, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 96 p.
- Hien E. 2004.** Dynamique du carbone dans un Acrisol ferrique du Centre Ouest Burkina: Influence des pratiques culturales sur le stock et la qualité de la matière organique. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, France, 140 p.
- Hien V., Sedogo M.P., Lompo F. 1991.** Étude des effets de la jachère de courte durée sur la production dans différents sols sous différents systèmes de culture du Burkina Faso. In *La Jachère en Afrique de l'Ouest*. Floret C., Serpentie G. Ed ORSTOM Paris, Colloques et séminaires, pp. 221- 244.
- Holec M., Frouz J., 2006.** The effect of two ant species *Lasius niger* and *Lasius flavus* on soil properties in two contrasting habitats. *European Journal of Soil Biology*, 42(1): S213-S217.
- Holt J.A., Lepage M. 2000.** Termites and soil properties. In *Termites, evolution, sociality, symbiosis, ecology*. Abe T., Bignell D.E., Higashi M, Eds. Kluwers Acad. Pub, pp 389-407.
- INERA. 1995.** *Plan stratégique de la recherche scientifique: Gestion des Ressources Naturelles/Systèmes de Production.* Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole INERA, Ouagadougou, Burkina Faso, 85 p.
- INSD. 2009a.** La population du Burkina Faso de 1997 à 2006. Ministère de l'Économie et des Finances (MEF), Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2006 (RGPH-2006), Ouagadougou, Burkina Faso, 47 p.
- INSD. 2009b.** Monographie des régions du Burkina Faso. Ministère de l'Économie et des Finances (MEF), Recensement Général de la population et de l'Habitat de 2006 (RGPH-2006), Ouagadougou, Burkina Faso.

- Janeau J.L., Valentin C. 1987.** Relations entre les termitières *Trinervitermes sp.* et la surface du sol : réorganisations, ruissellement et érosion. *Rev. Bcol. Bid. Sol*, 24 (4) : 637-647.
- Jenny F. 1964.** *Études agro-pédologiques des stations de Saria et de Farakoba (Haute Volta)*. IRAT, 133 p.
- Jones C.G., Lawton J.H., Shachak M. 1997.** Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. *Ecology*, 78(7): 1946-1957.
- Jones, D.T., Eggleton, P. 2000.** Sampling termite assemblages in tropical forests: testing a rapid biodiversity assessment protocol. *Journal of Applied Ecology*, 37: 191-203.
- Jouquet P. 2002.** Interactions matière organique – argiles dans les sols et nutriments assimilables par les plantes : les termites comme agents biologiques. Thèse de Doctorat, Université Paris 6, France, 140 p.
- Jouquet P., Velde D.E.B., Mery T., Lepage M. 2002.** Effect of termites on soil mineralogy in a tropical soils. In *Rapport Symposium International Congress of Soil Science n°03*. Bangkok, Thaïlande, pp. 1-9.
- Kabore M., Yameogo O., Compaore F., Fyato M., Ouédraogo A., Ouédraogo M. 2010.** Analyse de la production agricole au Burkina Faso à partir de la base de données CountrySTAT Burkina (1984 à 2009). In *Le bulletin mensuel d'information sur CountrySTAT Burkina Faso n°3*. Direction Générale de la Promotion de l'Économie Rurale (DGPER), Mai 2010, pp. 1-3.
- Konaté S., Le Roux X., Verdier B., Lepage M. 2003.** Effect of underground fungus-growing termites on carbon dioxide emission at the point- and landscape-scales in an African savanna. *Functional Ecology* 17: 305-314.
- Lavelle P., Dangelfield M., Fragoso C., Eschenbrenner V., Lopez-Hernandez D., Pashanasi B., Brussaard. L. 1994.** The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In *The Biological Management of Tropical Soil Fertility, Ch 6*. Woomer P.L. and Swift M.J., pp. 137-169.
- Lavelle P. 1997.** Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology*, 33: 159-193.
- Lavelle P., Chauvel A., Fragoso C. 1995.** Faunal activity in acid soils. In *Plant Soil Interactions at Low pH*. Date R.A.. (eds.), Kluwer Academic Publisher, Netherlands, pp. 201-211.
- Lavelle P., Fragoso C. 2000.** La macrofaune du sol : une ressource en danger dans un monde en changement. IBOY 2000 (International Biodiversity Observation Year), Rapport de colloque, Bondy, France, 44 p.
- Lavelle P., Reversat G. 2005.** Les vers de terre désarment les nématodes. *Sciences au Sud*, 29.

- Lavelle P., Decaens M., Aubert M., Barot S., Bloiun M., Bureau F., Magerie P., Mora P., Rossi J-P. 2006.** Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42(1): S3-S15.
- Lepage M. 1972.** Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo Septentrional Sénégal : données préliminaires sur l'écologie des termites. *Revue d'Ecologie Appliquée*, 26: 325-472.
- Lompo F. 2009.** Effets induits des modes de gestion de la fertilité sur les états du phosphore et la solubilité des phosphates naturels dans deux sols du Burkina Faso. Thèse de Doctorat d'État ès-Sciences Naturelles, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 178 p.
- Luc M. 1960.** Les nématodes associés aux plantes de l'Ouest Africain, Liste préliminaire. *L'Agronomie Tropicale*, 15(4): 434-449.
- Maldague M. 2003.** Études des termites de la région de Bambesa (Uele, RDC) en relation avec la matière organique du sol. *Bulletin l'Académie Nationale des Sciences du Développement*, RDC, 4: 7-75.
- Mallamaire A. 1965.** Deux nématodes nuisibles aux plantes cultivées au Sénégal. In *Collection de référence, sér. Protection des cultures tropicales*. Ed ORSTOM, Paris, France, pp 689 – 694.
- Mateille T. 1994.** Biologie de la relation plantes-nématodes: perturbations physiologiques et mécanismes de défense des plantes. *Nematologica* 40: 276-311.
- Magurran A.E. 2006.** *Measuring biological diversity*. Molden: Blackwell Publishing, 256 p.
- Mathieu J. 2004.** Etude de la macrofaune du sol dans une zone de déforestation en Amazonie au Sud-est, au Brésil, dans le contexte de l'agriculture familiale. Thèse de doctorat es Sciences en Ecologie. France, Université Pierre et Marie Curie – Paris 6, 237 p.
- Mboukou-Kimbatsa I.M.C. 1997.** Les macroinvertébrés du sol sous différents systèmes d'agriculture au Congo: Cas particulier de deux systèmes d'agriculture traditionnels (écobuage et brûlis) dans la vallée du Niari. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France, 163 p.
- McDonald H.A., Nicol M.J. 2005.** Nematodes Parasites of Cereals. In *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. Luc M, Sikora R.A and Bridge J., pp. 131-192.
- Merny G., Luc M. 1969.** Les techniques d'échantillonnages des peuplements de nématodes dans le sol. In *Problèmes d'Écologie : l'échantillonnage des peuplements d'animaux des milieux terrestres*. Lamotte M et Bourlière F,- Paris, Masson & Cie, pp. 236-272.
- Motalaote B, Starr J.L., Frederiksen R.A., Miller F.R. 1987.** Host status and susceptibility of sorghum to *Pratylenchus* species. *Revue Nématol.*, 10(1): 81-86.

- MRA. 2008.** Les statistiques du secteur de l'élevage au Burkina Faso. DGPSE, 124p.
- Netscher C. 1970.** Les nématodes parasites des cultures maraichères au Sénégal. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.*, 11 :209-229.
- Nandjui J., Gnonhouiri G.P., Tondoh J.E., Tano Y. 2007.** Réponse des nématodes à la perturbation des forêts dans la région d'Oumé, Côte d'Ivoire. *Sciences & Nature*, 4(2): 189-196.
- NDiaye A. 1994a.** Influence de facteurs abiotiques et biotiques sur la multiplication et la morphologie de quelques nématodes phytoparasites. Thèse de Doctorat de Troisième Cycle de Biologie Animale, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal, 87 p.
- NDiaye N. 1994b.** Caractérisation spatio – temporelle des nématodes phytoparasites de la zone protégée de Mbour. Mémoire de DEA, Université Cheikh Anta Diop, Faculté des Sciences et Techniques, Dakar, Sénégal 98 p.
- NDiaye N. 2003.** Impact des structures biogéniques dans l'activité et la diversité des communautés microbiennes liées au cycle de l'azote en zone soudano sahélienne. Thèse de Doctorat, Université Paris 6, France, 216 p.
- Osei K., Moss R., Nafeo A., Addico R., Agyemang A., Danso Y., Asante J.S. 2011.** Management of plant parasitic nematodes with antagonistic plants in the forest-savanna transitional zone of Ghana. *Journal of Applied Biosciences* 37: 2491-2495.
- Ouattara B. 1994.** Contribution à l'étude de l'évolution des propriétés physiques d'un sol ferrugineux tropical sous culture : Pratiques culturales et états structuraux du sol. Thèse de Docteur - Ingénieur, Université Nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan, République de Côte d'Ivoire, 153 p.
- Ouattara N., Pity B., Louppe D. 1997.** Rôle des macroinvertébrés dans la conservation et la restauration de la fertilité des sols en zone de savanes soudano - guinéennes de Côte d'Ivoire, Cas particulier des vers de terre et des termites. In *Actes de l'Atelier Jachère et maintien de la fertilité*. Bamako, ORSTOM, IER, 2-4 octobre 1997, pp. 61-68.
- Ouédraogo E. 2004.** *Soil quality Improvement for Crop Production in semi-arid West Africa*. Tropical Resource Management Papers, N°51, Wageningen University and Research Center, Département of Environmental Sciences, 193p.
- Ouédraogo E., Mando A., Bruissard L. 2006.** Soil macrofauna affect nitrogen and water use efficiencies in semi-arid West Africa. *European Journal of Soil Biology*, 42(1): S275-S277.
- Ouédraogo S. 2005.** Intensification de l'agriculture dans le plateau central du Burkina Faso : Une Analyse des possibilités à partir des nouvelles Technologies. Thèse de PhD, Rijksuniversiteit Groningen, 336 p.

- Pallo J.F.P. 2009.** Statut de la matière organique des sols sous formations naturelles de longue durée au Burkina Faso. Thèse de Doctorat d'État ès Sciences Naturelles. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du développement Rural, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 222 p.
- Paoletti M.G. 1985.** Soil invertebrates in cultivated and uncultivated soil in northeast Italy. *Redia* 71: 501-563.
- Parkin B.T., Berry C.E. 1999.** Microbial nitrogen transformations in earthworm burrows. *Soil Biology and Biochemistry* 31: 1765-1771.
- Pontanier R., Floret C. 2003.** Les indicateurs du fonctionnement et du changement du milieu rural. In *Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. Actes du colloque, 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun*. Jamin J.Y., Seiny Boukar L., Floret C Ed. Cirad, Montpellier, France, pp. 7-17.
- Prot J.C. 1985.** Importance des nématodes phytoparasites en zones Sahélienne. In *Lettre d'Information n°13*. Institut du Sahel, Bamako, Mali, pp. 3-6.
- Ramade F. 1972.** *Le peuple des fourmis*. Presses Universitaires, Paris, France, 122p.
- Reversat G. 1988.** Implication des nématodes phytoparasites dans le concept de la fatigue des sols. In *Rapport du Séminaire International de Pointe Noire sur le thème : Facteurs et Conditions de la Fertilité du Milieu Tropical Humide*. UNESCO-PNUD-AUPELF, pp. 123-133.
- Rombke J., Sousa J.P., Schouten T., Rieper T.F. 2006.** Monitoring of soil organisms: a set of standardized field methods proposed by ISO. *European Journal of Soil Biology*, 42(1): S61-S63.
- Roose E. 1980.** Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. Thèse de Docteur ès Sciences, Orléans, France, 569 p.
- Ruiz Camacho N. 2004.** Mise au point d'un système de bioindication de la qualité du sol basé sur l'étude des peuplements de macroinvertébrés. Thèse de Doctorat, Université de Paris 6, France, 327 p.
- Sarah J.L., Hugon R. 1991.** Dynamique des populations *Pratylenchus brachyurus* en plantation d'ananas en Côte d'Ivoire. *Fruits*, 46(3) : 241-250.
- Sarr E, Baujard P, Martiny B. 1989.** Études sur les nématodes, les nématicides et le niébé (*Vigna unguiculata*) dans la zone sahélienne du Sénégal.1. Résultats des expérimentations au champ. *Nématol.*, 12(2): 171-176.
- Sarr M. 1999.** Etude écologique des peuplements de termites dans les jachères et dans les cultures en zone soudano-sahélienne, au Sénégal. Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle de Biologie Animale. Université Cheick Anta Diop, Dakar, Sénégal, 132 p.

- Sawadogo-Kaboré., Diébré R., Kissou. 2006.** *Revue scientifique sur l'état de la dégradation des terres au Burkina Faso*. Rapport d'étude pour l'élaboration du Programme National de Partenariat pour la Gestion Durable des Terres, 114p.
- Sedogo P.M. 1981.** Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride. Matière organique du sol, nutrition azotée des cultures. Thèse de Docteur Ingénieur, INPL Nancy, 135 p.
- Sedogo P.M. 1993.** Évolution des sols ferrugineux lessivés sous culture: incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse de Doctorat ès Sciences, Université Nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan, République de Côte d'Ivoire, 330 p.
- Seinhorst J.W. 1965.** The relation between nematode density and damage to plants. *Nematologica*, 11: 137-148.
- Seinhorst J.W. 1998.** The common relation between population density and plant weight in pot and microplot experiments with various nematode plant combinations *Fundam. appl. Nematol.*, 21(5): 459-468.
- Sikora R.A., Greco N., Silva V.F.J. 2005a.** Management Practices:an Overview of Integrated Nematode Management Technologies. In *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. Luc M, Sikora R.A and Bridge J., pp 259-318.
- Sikora R.A., Bridge J., Starr L.J. 2005b.** Nematode Parasites of Food Legumes. In *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. Luc M, Sikora R.A and Bridge J., pp 793-826.
- Somé L. 1989.** Diagnostic agropédoclimatique du risque de sécheresse au Burkina Faso. Étude de quelques techniques agronomiques améliorant la résistance pour les cultures de sorgho, de mil et de maïs. Doctorat USTL, Université Montpellier II, Montpellier, 312 p.
- Some L., Taonda J.B. et Guillobez S. 1992.** Le milieu physique du Burkina Faso et ses contraintes. Actes du séminaire INERA sur « gestion des eaux et des sols pour une agriculture durable », 24-27 mars 1992, Ouagadougou, Burkina Faso, 16 p.
- Stoll G. 2002.** Protection naturelle des végétaux en zones tropicales. 2ème éd, Edition Margraf Verlag, Allemagne, 386 p.
- SP/CONAGESE. 2001.** Communication Nationale du Burkina Faso. 4^{ème} rapport national du Burkina Faso à la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC), Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie (MECV), Ouagadougou, Burkina Faso, 126 p.
- Stork N.E., Eggleton P. 1992:** Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *Agric.* 7(2): 38-47.

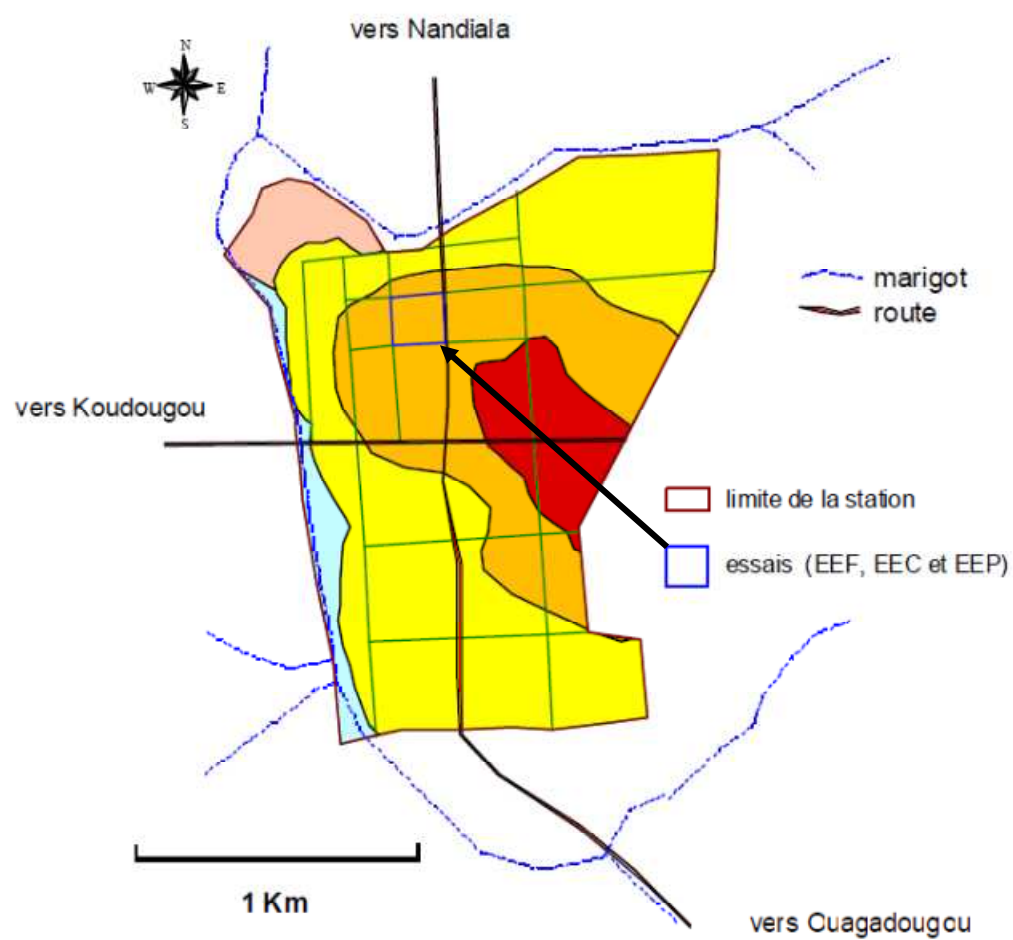
- Subler S., Baranski M.C., Edwards A.C. 1997.** Earthworm additions increased short term nitrogen availability and leaching in two grain crop agro - ecosystems. *Soil Biol. Biochem.*, 29(3/4): 413- 421.
- Sundararaju P., Kumar V. 2003.** Gestion de *Pratylenchus coffeae* au moyen d'amendements organiques et minéraux. *InfoMusa*, 12(1): 35-39.
- Talwana H.L., Butseye M.M., Tusiime G. 2008.** Occurrence of plant parasitic nematodes and factors that enhance population buildup in cereal-based cropping systems in Uganda. *African Crop Science Journal*, 16(2): 119-131.
- Tano Y. 1993.** Les termitières épiées d'un versant de savane soudanienne: répartition et dynamique des nids, rôle sur la végétation. Thèse d'État ès Sciences, Université Nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan, République de Côte d'Ivoire, 250 p.
- Taylor P.D. 1976.** Plant nematology problems in tropical africa. *Plant Nematology*, 45(4): 269-284.
- Traoré M. 2003.** Paysages ruraux et peuplement de Rhopalocères. Mémoire de DEA. Université Paris VII-Muséum National d'Histoire-INAPG, Paris, France, 48 p.
- Traoré S. 2008.** Impact des termitières épiées sur la régénération et la dynamique des écosystèmes de savanes : cas de la forêt classée de Tiogo. Thèse de Doctorat ès Sciences Biologiques Appliquées. Université de Ouagadougou, Unité de Formation et de Recherches en Science de la Vie et de la Terre (UFR/SVT), Ouagadougou, Burkina Faso, 189 p.
- Villénave C., Saj S., Pablo A-L., Sall S., Djigal D., Pablo J-L., Bonzi M. 2010.** Influence of long-term organic and mineral fertilization on soil nematofauna when growing *Sorghum bicolor* in Burkina Faso. *Biol Fertil Soil*, 46: 659-670.
- Weber A., Oerke E.C., Dehne H.W., Schonbeck F. 1994.** *Crop Production and Crop Protection: Estimated Losses in Major Food and Cash Crops*. Elsevier Science, USA, 830p.
- Wise D.H. 1993.** *Spiders in Ecological webs*. Cambridge, Cambridge University Presses, 328p.
- Wright P.J., William S.C., Jones C.G. 2004.** Patch dynamics in a landscape modified by ecosystem engineers. *Oikos*, 150: 336-348.
- Yeates G.W., Bird A.F. 1994.** Some observations on the influence of agricultural practices on the nematode fauna of some South Australian soils. *Fundam. appl. Nematol.*, 17(2): 133-145.
- Zaremski A., Fouquet D., Louppe D. 2009.** *Les termites dans le monde. Guide Pratique*. Ed., Quae, Versailles, France, 94 p.
- <http://www.futura-sciences.com> (09/08/11)

Annexes

Annexe 1: Pluviométrie mensuelle à Saria de 1990 à 2010

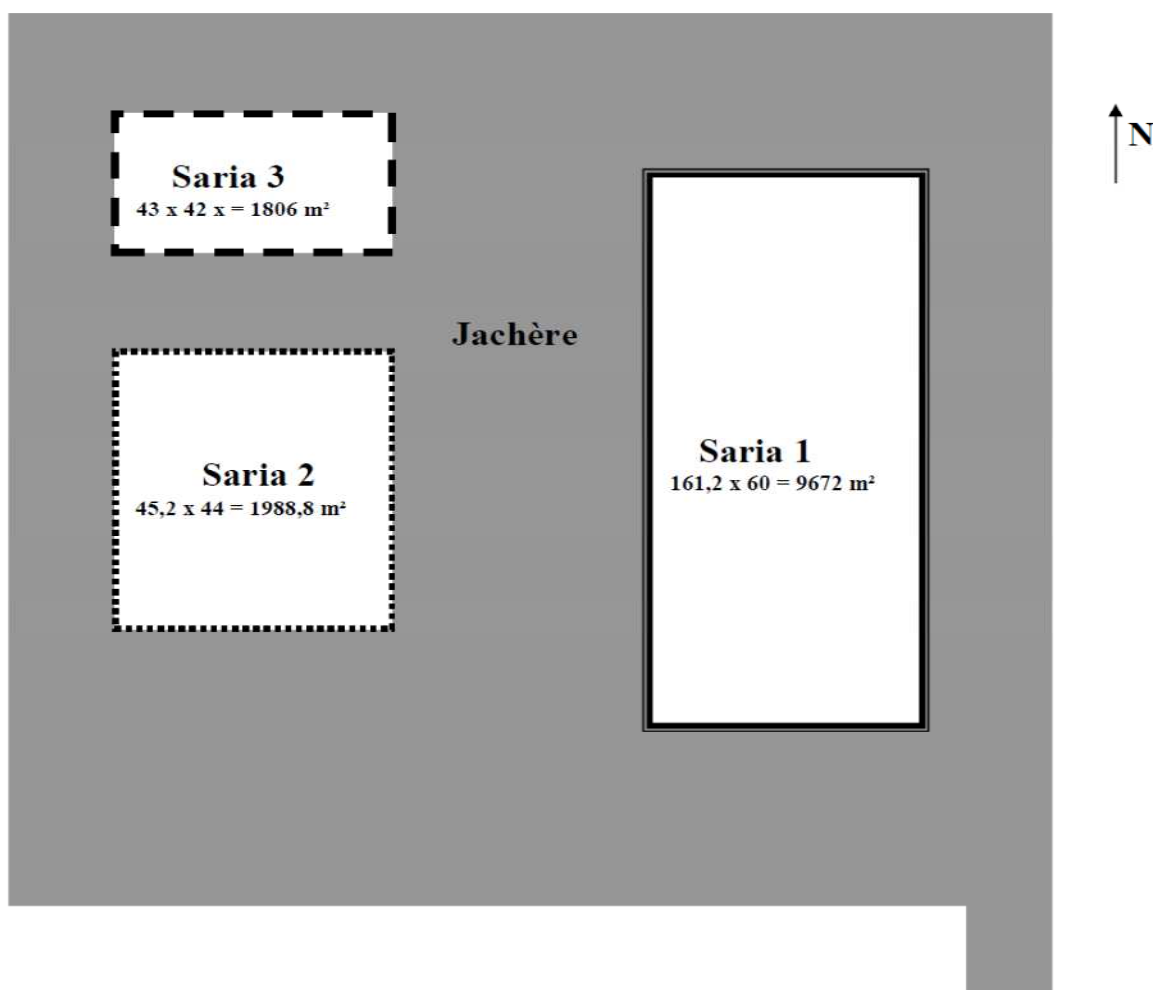
Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
1990	0	0	0	6.5	64.7	72.7	167	221	79.9	8	0	0	620
1991	0	0	0	29.6	197	105	157	313	79.9	44.6	0	0	926
1992	0	0	0.3	53.2	69.1	114	308	203	99.5	27.8	12	0	839
1993	0	0.7	22	4.7	63.5	123	147	291	175	69.6	0	0	896
1994	0	0	28	3.5	90.7	100	194	417	1756	144	0	0	1153
1995	0	0	0	18	71.7	170	125	322	136	22.9	2	0	867
1996	0	0	1	39.6	55.3	86.1	171	214	174	40.6	0	0	782
1997	0	0	7.6	47.6	95.5	150	189	212	98.9	20	0	0	820
1998	0	0	0	30	56.5	18.3	148	197	196	33	0	0	679
1999	0	0	0	14	150	25	153	377	240	6	0	0	965
2000	0	0	0	5.5	42.1	87.5	396	150	64.5	51.5	0	0	798
2001	0	0	0	0.8	131	51.8	164	204	131	41			723
2002	0	0	3	6	29	52.5	198	221	183	44.5			737
2003	0	0	7.0	33.5	36.5	162.3	163.7	217.3	129.7	57.7	0	0	807
2004	0	0	7.2	56.0	18.5	78.0	289.5	192.2	133.2	30.4	0	0	804.8
2005	0	0	9.0	47.0	45.0	105.0	117.5	319	130.1	20.5	0	0	792.1
2006	0	0	0	2.5	20.2	83.9	210.6	247.6	176.6	39.9	0	0	781.1
2007	0	0	0	37.7	7.0	59.3	193.7	359.3	181	0	0	0	838.5
2008	0	0	4.5	6.0	99.0	69.6	238.0	262.9	150.4	92.2	0	0	922.2
2009	0	0	14.0	9.0	49.3	138.5	273.8	166.3	228.1	26.7	0	0	905.7
2010	0	2.0	0	32.5	89.5	98.5	115.2	282.3	255.2	105.5	0	0	980.7
MOY	0	0.4	6.3	24.8	74.1	104	182	230	139	36	1.6	0.6	798

Annexe 2: Localisation des essais « longue durée » dans la Station de Saria



Bonzi, 2002 (inspiré de Bertrand, 1989).

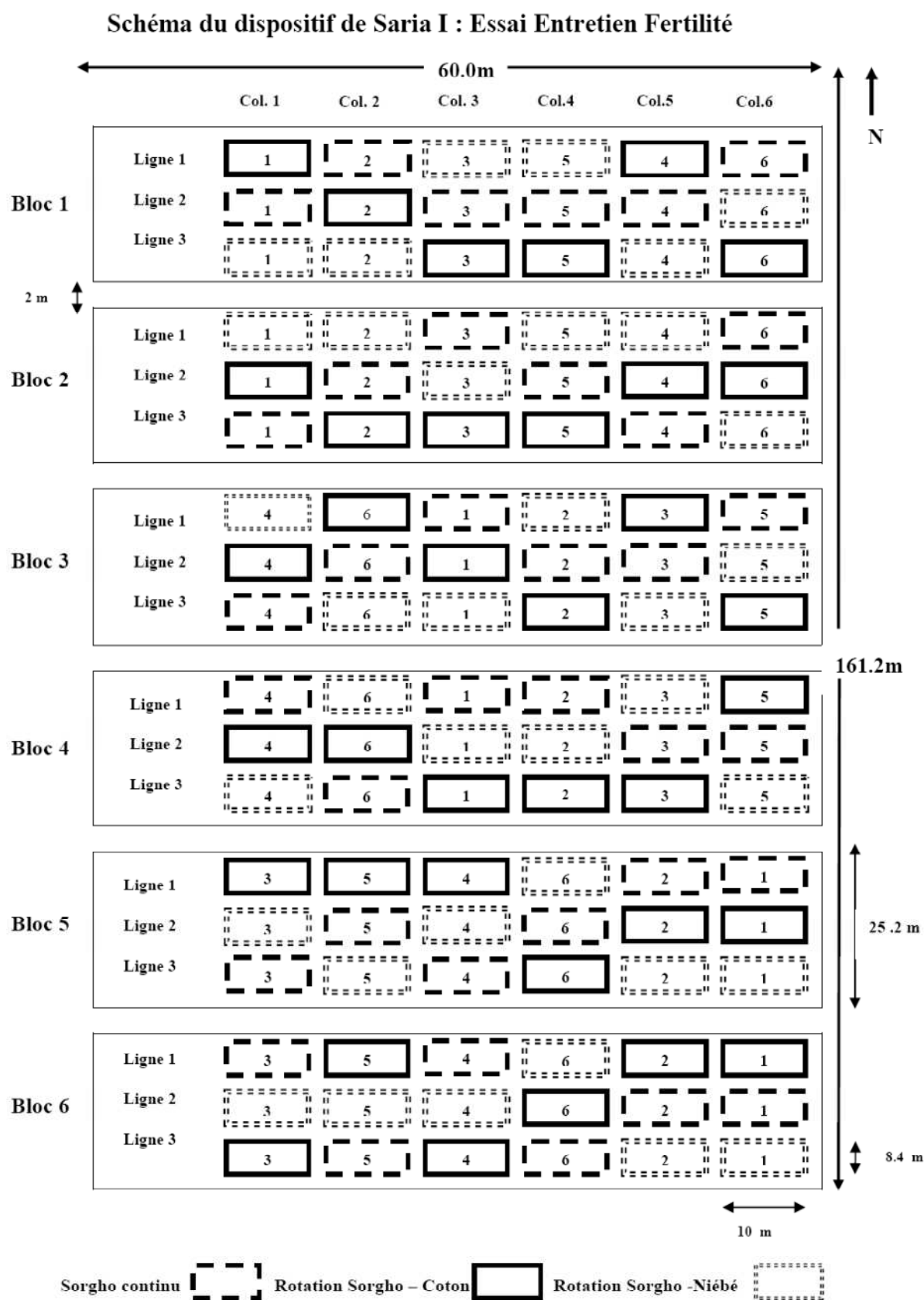
Annexe 3: Vue globale du dispositif « Essais longue durée de Saria »

Vue globale du dispositif « Essais longue durée de Saria »

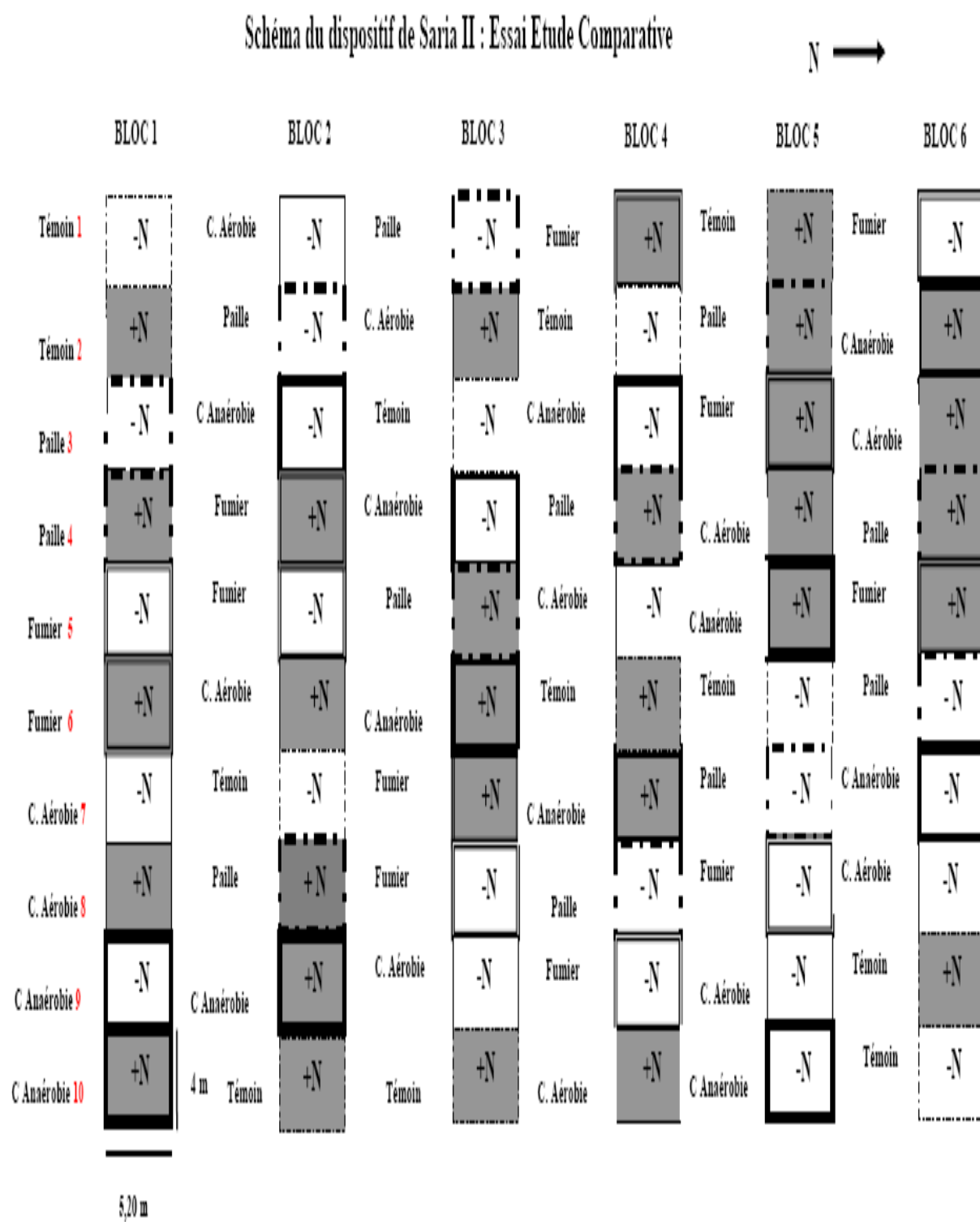
Annexe 4: Fiche technique de la variété de sorgho Sarioso 14 utilisée dans les essais longue durée de Saria.

Nom	Origine	Provenance	Cycle semis-maturité	Zone climatique	Dates de semis	Densité	Fertilisation	Rendements grains (kg ha)
Sorgho sarioso14	Burkina Faso (INERA/ CIRAD SARIA)	Synonyme CES 322/53-1-1, CIRAD 437	110-115 jours	600-900 mm	1 0 juin au 10 juillet	Ecartement : Lignes = 0,8m Poquet = 0,4m Nbre plants/poquet = 3	1 00 kg ha NPK (14-23- 14) au semis ; 50 kg ha urée à la montaison. Fumure de correction : Burkina Phosphate4 00 kg/ha 3 ans ⁻¹ Fumure organique : Fumier 5 t / ha 2 an ⁻¹	Potentiel = 5000 Moy. milieu réel = 1700

Annexe 5: Schéma du dispositif de Saria I : Essai Entretien de Fertilité

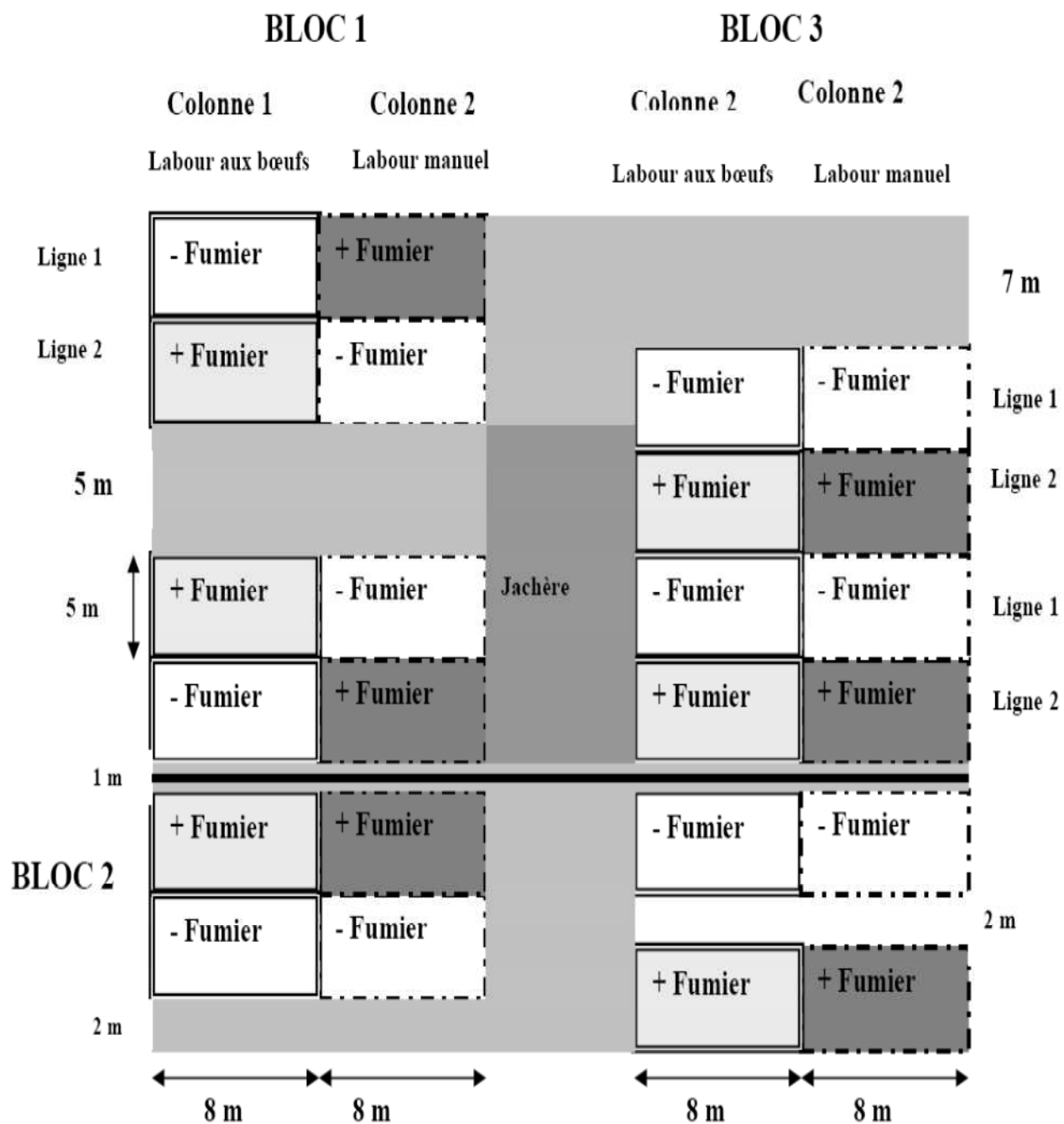


Annexe 6: Schéma du dispositif de Saria II : Essai Etude Comparative



Annexe 7: Schéma du dispositif de Saria III : Essai Etude Physique

Schéma du dispositif de Saria III : Essai Etude Physique



Liste des articles scientifiques issus de la thèse

Traoré M., Lompo F., Ayuke F., Ouattara B., Ouattara K., Sedogo. 2009. Effet de différentes pratiques culturales (rotation, labour et fertilisation) sur la macrofaune du sol sous culture de sorgho. *Science et Technique, série Sciences Naturelles et Agronomie*, 31(1-2): 41-56.

Traoré M., Lompo F., Thio B., Ouattara B., Ouattara K., Sedogo. 2010. Influence de la rotation culturale, de la fertilisation et du labour sur l'infestation des racines de sorgho (*sorghum bicolor*) par le nématode *Pratylenchus brachyurus* et l'effet sur le rendement de la culture au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4(6): 2192-2202.

Traoré M., Lompo F., Thio B., Ouattara B., Ouattara K., Sedogo. 2012. Les nématodes phytoparasites du sorgho en condition de monoculture et en rotation avec le coton et le niébé associée à différents types de fertilisations. *BASE Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 16(1): 59-66