

**UNIVERSITE DE DSCHANG
THE UNIVERSITY OF DSCHANG**



**FACULTE D'AGRONOMIE ET DES SCIENCES AGRICOLES
FACULTY OF AGRONOMY AND AGRICULTURAL SCIENCES**

**DEPARTEMENT DE PROTECTION DES VEGETAUX
DEPARTMENT OF PLANT PROTECTION**

**INFLUENCE DE TROIS MODES DE GESTION DES SOLS SUR LE PROFIL
DE LA MACROFAUNE DU SOL EN PARCELLES COTONNIERES
PAYSANNES AU NORD CAMEROUN**

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome

Option: Productions Végétales (Plant Sciences)

**Par:
NADAMA
8^e promotion F.A.S.A.**

Février 2006

**UNIVERSITE DE DSCHANG
THE UNIVERSITY OF DSCHANG**



**FACULTE D'AGRONOMIE ET DES SCIENCES AGRICOLES
FACULTY OF AGRONOMY AND AGRICULTURAL SCIENCES**

**DEPARTEMENT DE PROTECTION DES VEGETAUX
DEPARTMENT OF PLANT PROTECTION**

**INFLUENCE DE TROIS MODES DE GESTION DES SOLS SUR LE PROFIL
DE LA MACROFAUNE DU SOL EN PARCELLES COTONNIERES
PAYSANNES AU NORD CAMEROUN**

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome

Option: Productions Végétales (Plant Sciences)

**Par:
NADAMA
8^e promotion F.A.S.A.**

ENCADREURS:

**Dr Thierry BREVAULT
Entomologiste CIRAD-CA
à l'IRAD de GAROUA**

**Oumarou BALARABE
Assistant de recherches IRAD
au projet ESA**

SUPERVISEUR:

**Pr. Ignatius Amah PARH
Enseignant à l'Université de Dschang**

Février 2006

FICHE DE CERTIFICATION DE L'ORIGINALITE DU TRAVAIL

Je soussigné **NADAMA**, atteste que le présent mémoire est le fruit de mes propres travaux, effectués au sein du projet "Environnement" Eau-Sol-Arbre (ESA) du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, sous la supervision de **Pr. Ignatius Amah PARH**, Enseignant à l'Université de Dschang; et l'encadrement de **Dr Thierry BREVAULT**, Entomologiste coton du CIRAD-CA détaché à l'IRAD de Garoua et **M. OUMAROU BALARABE**, Assistant de Recherches IRAD, responsable du volet SCV au projet ESA. Ce mémoire est authentique et n'a pas encore été présenté pour l'acquisition de quelque grade universitaire que ce soit.

Date:

Date:

Pr. Ignatius Amah PARH

Visa du Superviseur

NADAMA

Nom et Signature de l'auteur

Date:

Pr Richard Tamouh GHOGOMU

Visa du Chef de Département

FICHE DE CERTIFICATION DES CORRECTIONS APRES SOUTENANCE

Le présent mémoire a été revu et corrigé conformément aux observations du jury.

Date:

Date:

Pr. Ignatius Amah PARH

Visa du Superviseur

Pr. Richard Tamouh GHOGOMU

Visa du Président du jury

Date:

Pr Richard Tamouh GHOGOMU

Visa du Chef de Département

DEDICACE

A mon géniteur **OUMAR DEKODE** pour la sollicitude extrême qu'il ne cesse
d'apporter à l'éducation de ses enfants.

A mes Mamans **KWARISSA MARTINE VALLA** et **LAMISSA KONJEBE**
en reconnaissance de leur tendresse.

A tous mes frères et sœurs pour leur affection et leur éternelle patience

REMERCIEMENTS

La présente étude porte sur l'observation de "l'influence de trois modes de gestion des sols sur le profil de la macrofaune du sol en culture cotonnière au Nord Cameroun". Elle s'inscrit en droite ligne des activités de recherche menées par le volet "Recherche et Développement" du projet Environnement Eau-Sol-Arbre (ESA) du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, et orientées vers la compréhension des mécanismes modifiés par la mise en place des systèmes de culture sur couverture végétale permanente du sol (SCV). Elle intervient dans le cadre de la présentation de notre mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome à la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles (FASA) de l'université de Dschang. Ce mémoire résume nos activités effectuées du 16 Mai au 15 Octobre 2005 au sein du projet ESA et nous offre l'occasion d'exprimer notre profonde gratitude à:

-Tous les enseignants de la FASA pour la formation reçue et les conseils édifiants apportés tout au long du Stage.

-Pr. Ignatius Amah PARH, pour la supervision de ce mémoire et le temps consenti à sa réalisation;

-Dr Thierry BREVAULT, MM. Oumarou BALARABE et Krishna Naudin pour l'accueil réservé, la confiance accordée et l'incalculable concours apportés à la réalisation des travaux.

-La coordination du projet ESA, plus particulièrement Monsieur Abdoulaye ABOU ABBA (Coordinateur du projet) pour la possibilité offerte et l'appui logistique et financier accordé à la réalisation du stage. Messieurs SADOU Fernand, MANA Justin, TOUMBA, DOURWE Gaston et ABOUBAKARY pour leur disponibilité et leurs conseils. Ce fût un privilège de travailler à leur côté.

-MM. BAITIA Mathieu, HOUNANG Thimoté, WADIEBE Valentin , ZOUA Bouba et l'équipe du laboratoire d'entomologie coton de l'IRAD de Garoua, pour leur contribution à la collecte et au traitement des données.

-Tous les amis Podoko du Camp Chinois à Garoua, pour leur hospitalité et l'agréable séjour passé à leur côté.

-MM SEVDA Jean-Baptiste, WADAWA Samuel et tous les membres de l'AEEMASA-Dschang, pour le temps passé ensemble dans le partage et l'assistance.

-Tous les étudiants de la 8^e Promotion FASA, plus particulièrement MM FOKEM Zéphirin et MOMO Eric pour leur amitié durant la formation.

-M. KATCHAKATCHA Thomas, pour ses encouragements.

TABLE DES MATIERES

FICHE DE CERTIFICATION DE L'ORIGINALITE DU TRAVAIL	i
FICHE DE CERTIFICATION DES CORRECTIONS APRES SOUTENANCE.....	ii
DEDICACE	iii
REMERCIEMENTS	iv
TABLE DES MATIERES.....	v
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	viii
RESUME.....	ix
ABSTRACT	x
CHAPITRE 1: INTRODUCTION	1
1.1 CONTEXTE DE L'ETUDE	1
1.2 PROBLEMATIQUE.....	1
1.3 OBJECTIFS	2
1.4 IMPORTANCE DE L'ETUDE.....	3
CHAPITRE 2: REVUE DE LA LITTERATURE	4
2.1 LA MACROFAUNE DU SOL	4
2.1.1 Définitions	4
2.1.2 Classifications fonctionnelles	5
2.1.3 Rôles physique et chimique	6
2.1.3.1 Impact sur les propriétés physiques du sol	6
2.1.3.2 Dégradation de la matière organique	7
2.1.4 Influence des pratiques culturales sur la macrofaune du sol	9
2.2 LE COTONNIER.....	9
2.2.1 Taxonomie	9
2.2.2 Utilisations	9
2.2.3 Morphologie des espèces cultivées.....	10

2.2.4 Cycle de développement.....	11
2.2.5 Ecologie	11
2.2.6 Principaux ravageurs	12
2.3 MODES DE GESTION DES SOLS	12
2.3.1 Systèmes de culture traditionnels	12
2.3.2 Systèmes de culture sur couverture végétale (SCV).....	14
CHAPITRE 3: MATERIELS ET METHODES	17
3.1 SITES DE L'ETUDE	17
3.1.1 Situation géographique	17
3.1.2 Caractéristiques climatiques	18
3.1.3 Caractéristiques édaphiques.....	18
3.2 METHODOLOGIE	19
3.2.1 Traitements à comparer	19
3.2.2 Dispositif.....	19
3.2.3 Itinéraires techniques	21
3.2.4 Collecte des Données.....	22
3.2.4.1 Echantillonnage de la macrofaune du sol	22
3.2.4.2 Suivi des ravageurs aériens du cotonnier.....	22
3.2.4.3 Estimation du potentiel de rendement des parcelles.....	22
3.2.5 Analyse des données.....	23
3.2.5.1 Prélèvements de sol	23
3.2.5.2 Ravageurs aériens du cotonnier	23
CHAPITRE 4: RESULTATS	24
4.1 MACROFAUNE DU SOL	24
4.1.1 Abondance	24
4.1.2 Composition et diversité	24
4.1.4 Fonctions trophiques des groupes de macrofaune extraits	29
4.2 INDICATEURS BIOLOGIQUES	32
4.3 RAVAGEURS AERIENS DU COTONNIER.....	33
CHAPITRE 5:DISCUSSION	36
ABONDANCE ET DIVERSITE DE LA MACROFAUNE	36

FONCTIONS TROPHIQUES DES MACRO-INVERTEBRES	37
BIO-INDICATEURS.....	39
RAVAGEURS AERIENS DU COTONNIER.....	41
CONCLUSION	42
BIBLIOGRAPHIE	43
ANNEXES	50

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Les principaux ravageurs du cotonnier au Cameroun.....	12
Tableau II. Présentation des blocs expérimentaux dans les zones/sites de l'étude.....	20
Tableau III: Calendrier des opérations culturales pour la culture cotonnière cotonnière au Nord Cameroun	21
Tableau IV Répartition taxonomique de la macrofaune extraite par bloc.....	25
Tableau V. Diversité et équitabilité de la macrofaune du sol suivant la zone.....	26
Tableau VI: Composition taxonomique de la macrofaune selon le mode de gestion des sols; zone de Garoua.	27
Tableau VII: Composition taxonomique de la macrofaune selon le mode de gestion des sols; zone de Maroua.	28
Tableau VIII: Diversité et équitabilité des extraits suivant le mode de gestion des sols	29
Tableau IX. Classification de la macrofaune suivant la fonction trophique.	30
Tableau X: Relations fonctionnelles entre l'abondance des macroinvertébrés et les estimateurs de la fertilité des sols fertilité.	32
Tableau XI: Etat sanitaire des organes abscissés.....	34

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation des sites de l'étude dans la zone cotonnière du Cameroun.....	17
Figure 2. Distribution entre le sol et la litière des groupes extraits au niveau des deux zones de l'étude.....	26
Figure 3: Répartition des classes trophiques selon le mode de gestion des sols.	30
Figure 4. Evolution des effectifs par groupe dans le temps au niveau des deux zones.	31
Figure 5: distribution des effectifs par groupe dans l'espace au niveau des deux zones.	31
Figure 6: Relations vers de terre/estimateurs de fertilité au niveau des deux zones.	33
Figure 7: Evolution des infestations de pucerons au cours de la campagne.....	34
Figure 8: Evolution des infestations de pucerons au cours de la campagne.....	35

RESUME

Pour caractériser l'impact des systèmes de culture sur la biologie des sols, l'étude dresse le profil de la macrofaune du sol dans des parcelles paysannes de coton au Nord Cameroun au cours de la période allant du 16 Mai au 15 Octobre 2005. Trois systèmes de culture sont comparés: semis direct sur couverture végétale permanente du sol (SCV), semis direct sur sol nu (SD) et semis sur labour (SL). Pour ce faire, douze blocs ont été identifiés dans cinq terroirs test du projet ESA, répartis dans les zones de Garoua et Maroua. Les macro-invertébrés du sol et de la litière sont échantillonnés à partir du prélèvement de monolithes (cubes de 30cm³) au cours de la campagne. Par ailleurs, les infestations de pucerons (*Aphis gossypii*) et les dégâts de chenilles de la capsule, *Helicoverpa armigera* en particulier, sont relevés.

Au total, 235 espèces d'invertébrés appartenant à 29 familles ont été identifiées. Les groupes de macrofaune extraits sont significativement plus abondants et plus diversifiés à Garoua qu'à Maroua ($p < 0.005$). Dans la première zone, les sols couverts abritent davantage d'individus que les parcelles gérées traditionnellement. Les principaux groupes trophiques (détritivores, phytophages, prédateurs) y sont également mieux représentés. A Maroua par contre, on ne note pas d'effet significatif des modes de gestion du sol sur la répartition des macro-invertébrés bien qu'ils soient plus abondants en SCV ($p < 0.005$). Ces résultats traduisent l'influence positive des SCV sur le profil de la pédofaune en dépit d'un faible niveau d'adoption de ces systèmes en milieu paysan. D'autre part, les vers de terre se révèlent comme des bio-indicateurs potentiels de la fertilité des sols. Enfin, les dégâts des chenilles de la capsule se sont révélés significativement plus importants sur les sols couverts ($p < 0.005$). Aucune différence significative n'a été relevée entre les différents modes de gestion des sols, en termes d'infestation des cotonniers par les pucerons ($p > 0.05$).

Mots clés: Macrofaune du sol; coton, parcelles paysannes; insectes ravageurs; gestion des sols; semis sur couverture végétale.

ABSTRACT

When studying the pattern of soil macrofauna in peasant cotton fields, three systems of soil management were compared. These included the direct seeding mulch based cropping systems (DMC), conventional tillage with direct seeding on untilled soil (DS), and conventional tillage with seeding on tilled soil (TS). The observations were carried out from May 16th to October 15th 2005. For that purpose, a total of 12 blocs were identified in five locations of Cameroon cotton growing area around Garoua and Maroua. The various soil and litter-dwelling macro-invertebrates were sampled all over the growing period as well as the major above-ground cotton pests such as the bollworms (*Helicoverpa armigera*) and aphids (*Aphis gossypii*).

The results show a total number of 235 invertebrate species belonging to 29 families. The various groups of soil macrofauna were significantly higher in Garoua than in Maroua ($p < 0.005$). In Maroua, there was no significant difference between the systems of soil management in relation to the pattern of soil animals ($p < 0.005$). The plots under DMC show the most abundant and diverse extracted individuals in all locations of Garoua as indicated by the Shannon index and the total number of collected invertebrates. Also, litter transformers such as earth worms, termites and ants, predators such as spiders, centipeds and staphylinids and phytophagous arthropods such as millipeds, were all dominants under these systems. These results highlight the positive impact of Direct seeding Mulch-based Cropping systems on the composition and abundance of soil macrofauna. Furthermore, the incidence of bollworm attacks tended to be more under DMC in all locations eventhough the soil management systems were not significantly differentiated ($p < 0.005$). Finally, no significant differences were observed between the soil management systems as concerns the incidence of aphids ($p < 0.005$).

Key words: soil macrofauna; cotton; peasants cotton fields; above-ground pests; soil management; Direct seeding mulch based cropping systems (DMC).

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE DE L'ETUDE

Le coton est la principale culture de rente au Nord Cameroun où il est produit sur un transect latitudinal de 400 km, entre 7.5° et 11° Nord. Les superficies exploitées au cours des deux dernières décennies ont plus que doublé: 89 232 ha en 1985 contre 215 027 ha en 2004. La campagne 2004/2005 s'est traduite par une production nationale de 306 000 tonnes de coton-graine. Le rendement moyen a atteint un niveau record de 1 414 kg/ha alors qu'il évoluait à la baisse la campagne précédente (ASFOM *et al.*, 2001; GAUDARD et ASFOM, 2004; THEZE *et al.*, 2005).

Dans la zone cotonnière camerounaise, les systèmes conventionnels de gestion des sols sont massivement adoptés (GAUDARD et ASFOM, 2004). Ces pratiques, caractérisées par une exportation systématique des résidus végétaux, un travail du sol répété et une diminution des temps de jachère, contribuent à la dégradation rapide des sols (BOLI *et al.*, 1991). La détérioration des qualités physiques, chimiques et biologiques des sols aboutit, d'après LAL (1988), à la réduction progressive de leur fertilité. Ce qui se traduit par une baisse spectaculaire des réserves en matière organique par érosion ou surminéralisation et, corrélativement, l'amointrissement du complexe argilo-humique et de la stabilité structurale (LAVELLE *et al.*, 1991; ROOSE, 1994). La protection ou la régénération de la fertilité des sols pour une agriculture durable, requiert l'élaboration et l'introduction des technologies conservatrices des ressources (FAO, 2001).

Les systèmes de culture sur couverture végétale permanente du sol (SCV) constituent une alternative aux systèmes de production traditionnels (MARASAS *et al.*, 2001). Leur mise au point dans le Nord Cameroun est l'œuvre du projet Eau-Sol-Arbre (ESA) du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. L'adoption massive de ces systèmes au Brésil a permis, selon BROWN *et al.* (2002), un meilleur contrôle de l'érosion, une réduction sensible du coût de production et une restauration de la fertilité des sols. Par ailleurs ces systèmes se sont révélés, dans les mêmes conditions, très propices à l'amélioration de la vie du sol et de sa diversité (LANDERS *et al.*, 2001).

1.2 PROBLEMATIQUE

Le sol constitue un milieu particulièrement favorable à la vie, permettant le développement d'une grande diversité d'organismes (DIEHL, 1975). Dans les écosystèmes

cultivés, ces organismes jouent un rôle très important dans le maintien de la fertilité des sols. Cependant, leurs populations sont largement influencées par les pratiques culturales adoptées (LAVELLE *et al.*, 1991).

HENDRIX *et al.* (1990) qualifient les facteurs de dégradation du milieu, très courants en agriculture conventionnelle, d'inhibiteurs de la vie du sol et par conséquent de l'activité bénéfique de sa faune. Selon ces auteurs, les pratiques telles que le maintien d'une couverture permanente, la suppression du labour mécanique et les rotations culturales, ont une influence positive sur les communautés vivantes du sol. Ces principes sont à la base des SCV. En Australie, ROBERTSON *et al.* (1994) ont observé une macrofaune plus abondante et plus diversifiée dans ces systèmes comparés au labour. Au Nord Cameroun, les travaux de BIKAY (2005), confrontant les SCV aux systèmes traditionnels de gestion des sols en culture cotonnière, ont abouti à des résultats similaires dans les sites de référence. La densité totale d'organismes était deux fois plus importante en SCV qu'en labour. Les détritivores dominaient les effectifs totaux, avec 60% des individus issus des parcelles couvertes. Cependant, aucune étude sur le comportement de la faune du sol en milieu paysan n'a encore été menée dans cette zone.

La présente étude porte sur la comparaison de la macrofaune en culture cotonnière sous trois modes de gestion des sols en milieu paysan. Les modes de cultures confrontés incluent les systèmes traditionnels avec semis sur labour et sur sol nu d'une part, et les systèmes de culture sur couverture végétale d'autre part. Les travaux ont été effectués dans des parcelles paysannes localisées sur les terroirs tests du projet ESA au Nord Cameroun.

1.3 OBJECTIFS

L'objectif principal de l'étude est donc de comparer, en terme d'abondance et de biodiversité, le profil de la macrofaune sur des parcelles paysannes soumises à trois modes de gestion des sols.

Plus spécifiquement, il s'agira de mesurer l'effet des nouvelles pratiques sur le profil de la macrofaune du sol, d'identifier les espèces indicatrices des pratiques favorables à la fertilité du sol et de comparer la dynamique des principaux ravageurs aériens du cotonnier (chenilles de la capsule et pucerons) entre les différents modes de gestion des sols.

Les hypothèses à tester par les observations sont de quatre ordres. D'une part, il sera question de vérifier si les SCV exercent réellement une influence positive sur l'abondance et la biodiversité de la macrofaune du sol. D'autre part il s'agira de tester si les sols les plus fertiles abritent davantage d'espèces utiles ou si les sols couverts abritant davantage de prédateurs

présentent par conséquent un plus faible niveau de dégâts des chenilles de la capsule. Enfin, les observations permettront d'attester d'une plus forte incidence d'attaques des pucerons sur les parcelles paillées, plus humides en fin de campagne et donc, présentant une verdure persistante.

1.4 IMPORTANCE DE L'ETUDE

L'intérêt scientifique de ce travail est d'améliorer la connaissance de l'impact biologique des SCV dans la zone agro-climatique considérée, et éventuellement d'ouvrir une piste de recherche vers la gestion des effets nuisibles et bénéfiques des éléments de la pédofaune dans les écosystèmes cultivés. D'un point de vue appliqué, les résultats pourraient contribuer à l'identification des modes de gestion des sols les plus durables pour la culture cotonnière, principale activité économique dans le Nord Cameroun.

CHAPITRE 2

REVUE DE LA LITTERATURE

2.1 LA MACROFAUNE DU SOL

2.1.1 Définitions

La pédofaune est longtemps restée méconnue, peut-être en raison de sa taille souvent minuscule, de la multitude d'espèces en cause et de son manque apparent d'intérêt. Son étude n'a pris véritablement essor qu'à la fin du 20^e siècle lorsque l'objectif de la recherche était surtout de se débarrasser des ravageurs des cultures (DEPRINCE, 2003).

Dans cette nouvelle orientation, plusieurs définitions de la faune du sol ont été proposées. Ainsi, la faune du sol apparaît, de manière générale, comme l'ensemble des animaux qui passent une partie importante de leur cycle biologique dans le sol (faune endogée) ou sur sa surface (faune épigée), y compris dans la litière (LAVELLE *et al.*, 1991; GOBAT *et al.*, 1998).

BACHELIER (1978), distingue trois catégories d'organismes animaux vivant dans le sol en fonction de leurs tailles :

A) la microfaune : constituée d'espèces de longueur inférieure à 0.2 mm. On y retrouve des Protozoaires, quelques espèces de Rotifères terrestres, des Tardigrades et des Nématodes. Ces organismes vivent dans l'eau interstitielle du sol.

B) la mésofaune: rassemblant les invertébrés de longueur comprise entre 0.2 et 4mm. Il s'agit, outre les nématodes géants, d'acariens, de collemboles, de pseudoscorpions, de protoures et de petits myriapodes. Les arthropodes de cette catégorie sont désignés sous le terme microarthropodes.

C) la macrofaune: elle est composée d'animaux de 4 à 80 mm de long. On y recense des lombrics, des larves d'insectes (en majorité des larves de diptères et de coléoptères), des cloportes, des myriapodes, chilopodes et diplopodes, des limaces et escargots, des araignées et opilions, des insectes divers. L'intérêt agronomique associé à cette dernière catégorie a généré d'autres définitions. Il s'agit, de manière globale, d'invertébrés du sol qui:

- i) sont visible à l'œil nu (KEVAN, 1968 cité par BROWN *et al.*, 2002);
- ii) ont une longueur >1cm (WALLWORK, 1970);
- iii) ont une largeur >2 mm (SWIFT *et al.*, 1979);
- iv) ont 90% de leurs spécimens visibles à l'œil nu (EGGLETON *et al.*, 2000).

Pour des raisons d'ordre pratique, c'est celle de KEVAN (1968) qui sera retenue pour la présente étude.

Aux trois catégories de pédofaune précédemment décrites, GOBAT *et al.* (1998) associent:

D) la mégafaune regroupant les animaux de longueurs >80mm. Les vertébrés tels que la taupe et les petits rongeurs, et quelques lombrics géants en font partie.

2.1.2 Classifications fonctionnelles

Selon LAVELLE *et al.* (1991), la macrofaune des sols peut être divisée en trois grands groupes jouant des rôles différents dans l'écosystème. On distingue:

A) Les épigés qui vivent dans la litière déposée à la surface du sol et s'en nourrissent. Ce sont essentiellement des arthropodes (diplopedes, isopodes, larves de diptères, coléoptères) et des vers de terre de petite taille et pigmentés. Il convient aussi d'ajouter à ces saprophages, le cortège de leurs prédateurs (chilopodes, fourmis et certains coléoptères).

B) Les endogés vivant dans le sol et se nourrissant de matière organique ou de racines, mortes ou vivantes. Ce sont essentiellement des termites humivores et des vers de terre non pigmentés de tailles et de formes variables.

C) Les anéciques vivent dans le sol, à l'abri de galeries ou de nids qu'ils ont eux-mêmes construits, mais ils se nourrissent de litière qu'ils vont prélever à la surface. Ce sont essentiellement des vers de terre et surtout la grande majorité des termites.

BROWN *et al.* (2002) distinguent, sur la base de leurs fonctions trophiques, deux catégories de macroinvertébrés :

a) la faune nuisible (pestes et ravageurs) regroupant les organismes phytophages qui se nourrissent, à une étape particulière de leur cycle biologique, des organes aériens ou souterrains de la plante cultivée. Ils peuvent alors causer des dégâts importants aux cultures et provoquer des baisses de rendements.

b) la faune bénéfique qui rassemble les saprophages, les géophages et les prédateurs. Les premiers (saprophages ou détritivores) se nourrissent de la matière organique morte, d'origine végétale ou animale. Ils accélèrent de ce fait la vitesse de décomposition et de minéralisation de cette dernière et la libération conséquente des bioéléments pour la nutrition des plantes. Certains de leurs sous-produits constituent une source de nourriture pour d'autres organismes du sol. Les géophages, quant à eux ingèrent d'importantes quantités de terre et sont considérés comme des agents de bioturbation. Ils creusent d'importants réseaux de galeries dans le sol, affectant ainsi, le régime hydrique, les échanges gazeux, la structure, la formation des agrégats et même la vitesse de formation des sols. Les prédateurs, enfin, sont localisés au sommet de la chaîne alimentaire et se nourrissent d'autres organismes vivants du sol. Ils

contrôlent ainsi leurs populations et sont parfois d'importants agents de lutte biologique contre les ravageurs des cultures.

2.1.3 Rôles physique et chimique

Les écologues identifient une action physique sur le sol et un rôle dans la dégradation de la matière organique (DEPRINCE, 2003).

2.1.3.1 Impact sur les propriétés physiques du sol

En général, les animaux du sol affectent les propriétés du sol par trois actions physiques majeures :

A) Formation des galeries

Les fourmis et les termites déploient une activité particulièrement impressionnante pour construire leurs logis. En effet, fourmilières et termitières sont constituées de matières minérales et organiques mêlées. Les vers de terre, eux, ingèrent sélectivement, quantité de matières organiques et minérales en formant un réseau important de galeries plus ou moins profondes. On a ainsi estimé entre 800 et 1 250 tonnes de terre sèche par hectare, la quantité qui passe à travers leur tube digestif durant une année normalement pluvieuse dans les savanes africaines. Ces invertébrés participent indirectement à l'incorporation de la matière organique dans le sol et réalisent un travail de décompactage en remuant, dispersant et mélangeant les éléments mis en œuvre (DEPRINCE, 2003).

Les structures créées favorisent, dans le sol, une nette amélioration de la porosité, de l'aération, du régime hydrique et de la stabilité structurale (AINA, 1984; LAVELLE, 1997). La formation des galeries génère, en effet, un réseau stable et continu de macropores qui conduit l'eau, facilite les échanges gazeux et fournit un milieu favorable à la croissance des racines (LEE, 1985). LAL (1988) rapporte, par exemple, que le taux d'infiltration est plus élevé sur alfisols riches en vers de terre que sur sols de même nature où ils ont été éliminés. En outre, la forte présence des vers de terre dans un sol transforme une structure massive et compacte en une structure poreuse. A l'opposé, les monticules créés par les termites sont dépourvus de macropores et ont par conséquent une structure massive et une densité apparente plus élevée qu'un sol naturel à particules similaires.

B) Formation d'agrégats

Les vers de terre et les termites humivores produisent des turricules qui sont des déjections formées d'un mélange de matières organiques et minérales. Ces turricules, molles au départ, renferment de l'azote minéral, de l'ammonium et du phosphore assimilable.

L'ensemble, en séchant, piège la matière minérale dans une structure en agrégats, très compacte et plus stable (BLANCHART *et al.*, 1993; DEPRINCE, 2003). Lombrics et termites jouent donc un rôle dans la séquestration de la matière organique dans les sols, en particulier dans la fixation du carbone. Ils régulent ainsi les processus biologiques passant par la terre (DEPRINCE, 2003).

C) Brassage des horizons

Cette activité de la macrofaune est la résultante des deux premières. En effet, fourmis, termites, vers de terre et autres macro-arthropodes remuent d'importantes quantités de terre aussi bien lors de la mise en place des galeries qu'à travers la production des crottes. LAVELLE *et al.* (1991) rapportent que 25 à 30 tonnes de sol sont remontées annuellement à la surface dans les savanes d'Afrique. Ce qui correspond, d'après DEPRINCE (2003), à un labour sur les vingt premiers centimètres du sol. Ce brassage qui mobilise diverses fractions du sol affecte sa texture (LAL, 1988). Ainsi, d'après WATSON (1976), la texture est plus fine dans les monticules mises en place par les termites que dans les horizons de surface adjacents. Les fourmis, elles, utilisent des particules grossières pour la construction de leurs nids. NYE (1955) rapporte par exemple qu'une fourmilière à l'Ouest du Nigeria contient 86% de sable, 4% de limon et 5% d'argile.

2.1.3.2 Dégradation de la matière organique

La matière organique qui arrive sur le sol subit des transformations dues à des réactions physiques, chimiques et biologiques (DEPRINCE, 2003).

A) Réactions physiques

Les réactions physiques aboutissent à la fragmentation, étape primordiale dans l'évolution de la matière organique dans le sol. Les animaux saprophages initient ce mécanisme. On passe ainsi des morceaux de plusieurs centimètres, avalés par les Cloportes, les gros Myriapodes et les Coléoptères, à des fractions de quelques microns dans les boulettes fécales des microarthropodes. Ils augmentent ainsi la surface attaquable par les bactéries, champignons, et autres éléments de la microflore (DEPRINCE, 2003). Cette fragmentation permet, à court terme, la libération d'éléments nutritifs tels que l'azote et le phosphore, assimilables par les plantes (LAVALLE *et al.*, 1992; BAROIS *et al.*, 1981; SHARPLEY et SYERS, 1976). De VLEESCHAUWER et LAL (1981) ont pour leur part observé que les crottes de vers de terre renferment plus de carbone organique, d'azote, de phosphore assimilable et de cations échangeables que le matériau parental.

B) Réactions chimiques

Les animaux du sol digèrent la matière organique grâce aux enzymes qu'ils produisent eux-mêmes et à travers les relations de mutualisme qu'ils entretiennent avec la microflore de leurs tubes digestifs. En effet, les boulettes fécales issues de la fragmentation précédemment évoquée sont le siège d'une intense activité microbienne et enzymatique. On admet par exemple que la terre, après avoir traversé le tube digestif des lombrics, renferme des enzymes agissant sur la décomposition de la matière organique. Des études ont, en outre, montré que cette terre renfermait cinq fois plus d'acide phosphorique et onze fois plus de potasse assimilable qu'il n'en existe dans les couches superficielles du sol (DIEHL, 1975). Par ailleurs, les termitières et les fourmilières, riche en matière organique, présentent une accumulation de bases échangeables, de manganèse et de carbone organique ; relevant ainsi la capacité nutritive de ces sols (LAL, 1988).

C) Réactions biologiques.

Les invertébrés du sol entretiennent divers types de relation dans le processus de dégradation de la matière organique. DEPRINCE (2003) illustre brièvement quelques-unes de ces relations. Chez les lombrics, on assiste à la production du mucus, substrat organique très énergétique qu'ils mélangent dans leurs tubes digestifs avec du sol ingéré et de l'eau. Le sol ingéré contient des particules minérales et organiques, mais aussi de la microflore. Les conditions sont alors idéales pour les bactéries (chaleur, humidité et matière organique fragmentée) qui récupèrent leurs capacités enzymatiques et digèrent la matière organique. La production de mucus demande un gros investissement énergétique, mais permet aux lombrics de récupérer les produits de la digestion effectuée par les bactéries réactivées.

Quant aux termites, ce serait grâce à des symbiotes de leur panse rectale qu'ils parviendraient à digérer la cellulose pour les espèces xylophages; ou les composés aromatiques, par exemple, pour les espèces humivores.

Le système de digestion extrêmement performant de ces animaux leur permet, en fin de compte, de déployer l'énergie nécessaire au creusement de leurs galeries ou à la construction de leurs édifices.

Les microprédateurs qui consomment la microflore ont un rôle de régulation des populations, mais aussi de stimulation. En effet, sous l'influence de cette prédation, la multiplication des bactéries et autres éléments de la microflore augmente.

2.1.4 Influence des pratiques culturales sur la macrofaune du sol

Les pratiques culturales telles que le labour, les systèmes de culture, et l'usage des produits phytosanitaires influencent la densité et la diversité biologique des sols cultivés (LAL, 1988; BROWN *et al.*, 2002). La préparation des lits de semence par un labour mécanique réduit l'activité des animaux du sol par la destruction de leurs habitats et la création d'un régime hydrique et de température inadéquats. On observe, par contre, une activité biologique intense sur les sols non labourés ou soumis à un labour minimum et où les résidus post-récolte sont laissés sur place. LAL et OLUWOLE (1983), cités par LAL (1988), ont enregistré deux à cinq fois plus d'activité de vers de terre sur sol non labouré que sur labour.

Les systèmes de culture assurant une couverture permanente et retournant systématiquement les résidus post-récolte au sol favorisent la prolifération des invertébrés. Ces systèmes rendent alors la nourriture disponible et créent un pédoclimat propice au développement des animaux du sol. Par ailleurs, la macrofaune est plus abondante et diversifiée en culture associée qu'en monoculture (LAL, 1988).

La fumure organique a un effet positif sur les populations des macroinvertébrés au contraire des engrais minéraux et des pesticides qui suppriment leurs activités. On observe, par exemple, une élimination complète de la vie du sol par application du carbofuran et autres carbamates pesticides (LAL, 1988; BROWN *et al.*, 2002).

2.2 LE COTONNIER

2.2.1 Taxonomie

Le cotonnier est une dicotylédone dialypétale appartenant à l'ordre des Malvales et à la famille des Malvaceae (PARRY, 1982). Le genre botanique *Gossypium* auquel il appartient regroupe près de cinquante espèces dont seules quatre ont été domestiquées et sont cultivées pour leur fibre. Ce sont *Gossypium hirsutum* qui assure 90% de la production mondiale de coton, *G. barbadense*, à qualité de fibre supérieure et assurant un peu plus de 5% de la production, *G. arboreum* et *G. herbaceum* représentant ensemble moins de 5% de la production actuelle.

2.2.2 Utilisations

Le cotonnier est exploité pour ses divers produits:

1. **la fibre** (le coton ou lint), qui est une cellule très allongée du tégument de sa graine, est utilisable en filature puis en tissage dans l'industrie textile. En pharmacie, elle sert à la

confection de l'ouate hydrophile.

2. **le linter**, fibre très court (duvet) servant de matière première à l'industrie chimique de la cellulose, entre dans la fabrication de vernis, de celluloïd, de nitro-cellulose, mais aussi d'explosifs, de rembourrages, du papier fin, du simili cuir etc.

3. **l'amande de la graine**, après élimination du gossypol (composé toxique), fournit de l'huile alimentaire, de la farine alimentaire et du tourteau pour les animaux. La protéine des graines de coton pourrait être également utilisée dans la fabrication de films biodégradables (emballages, plastisemis, peaux artificielles).

4. **la coque** de la graine sert de combustible pour la production de l'énergie électrique.

2.2.3 Morphologie des espèces cultivées

Le cotonnier est une plante arbustive même s'il est cultivé annuellement. Son système racinaire comprend une racine pivotante s'enfonçant verticalement, et un système de ramification latérale explorant le sol. Cette partie souterraine réalise la fixation de la plante et assure la plus grande partie de son alimentation (PARRY, 1982).

La partie aérienne est constituée d'une tige à croissance continue (monopodiale) qui émet deux types de rameaux : à la base de la plante, des branches végétatives, à croissance monopodiale, qui ne portent pas directement de capsules mais émettent des rameaux secondaires fructifères; au-dessus, des branches fructifères à croissance discontinue (sympodiale), qui portent des capsules.

Selon PARRY (1982), on observe sur le cotonnier, au cours de son développement, plusieurs types de feuilles :

-les feuilles cotylédonaire qui se composent d'un limbe régulier en forme de rognon et d'un pétiole. Elles sont de couleur vert clair à vert foncé avec une pigmentation anthocyanique. Elles fournissent à la plantule l'essentiel de sa nutrition avant que les racines puissent subvenir à ses besoins. Ces feuilles laissent sur le tronc deux cicatrices opposées qui servent de base au comptage des entrenœuds.

-les premières feuilles, formées d'un limbe entier ou alors peu denté, lancéolé.

-les feuilles définitives ou feuilles proprement dites, composées d'un pétiole à la base, avec trois à cinq nervures principales qui soutiennent le limbe de couleur vert clair ou vert foncé. Elles peuvent être glabres ou pileuses dans les mêmes conditions que la tige et les rameaux, et sont héliotropes.

La fleur du cotonnier naît d'un bourgeon spécial différencié dès son origine et protégé par trois bractées qui le recouvrent entièrement. La fleur est composée :

- d'un pédoncule plus ou moins longue et inséré sur une branche fructifère;
- de trois bractées qui ont une constitution assez semblable à celle de la feuille;
- d'un calice gamosépale formé de cinq sépales de couleur vert pâle;
- d'une corolle dialypétale formée de cinq pétales;
- d'un androcée composé d'étamines en nombre variable sur les fleurs d'une même plante;
- d'un gynécée qui comprend plusieurs parties: l'ovaire constitué de trois à cinq carpelles; le style formé de lobes soudés en nombre égal à celui des carpelles; le stigmate situé à l'extrémité du style et dont la fonction est de retenir et de permettre la germination des grains de pollen; le nectaire qui est l'ensemble des glandes externes sécrétant le nectar, sorte de suc sucré attirant les insectes.

Le fruit du cotonnier est une capsule à l'intérieur de laquelle se développent des graines recouvertes de fibres.

2.2.4 Cycle de développement

Le cycle du cotonnier peut être découpé en deux stades: le stade végétatif et le stade reproductif (PARRY, 1982).

Le stade végétatif durant de 55 à 70 jours comprend trois phases successives dont:

-la phase de levée allant de la germination à l'étalement des cotylédons. Elle dure habituellement 6 à 10 jours et même 30 jours en conditions défavorables;

-la phase plantule qui va de l'étalement des cotylédons au stade 3-4 feuilles. Elle dure 20 à 25 jours, parfois 35 jours.

-la phase de préfloraison allant du stade 3-4 feuilles au début de la floraison. Sa durée moyenne est de 30 à 35 jours.

Le stade reproductif dure de 100 à 150 jours. Il est subdivisé en deux phases: la phase de la floraison d'une durée de 50-70 jours et la phase de maturation des capsules étalée sur 50-80 jours.

2.2.5 Ecologie

Le cotonnier est une plante Inféodée aux régions tropicales semis-arides ou arides. Sa culture nécessite un climat réunissant les conditions de température, d'ensoleillement et d'humidité du sol favorable à son bon développement. Une saison sèche bien marquée est également indispensable à une bonne ouverture des capsules (PARRY, 1982).

Le cotonnier ne peut pas survivre là où les températures sont inférieures à 4°C. la

température minimale à laquelle débute la germination des graines est de 14 à 15°C pour l'espèce *G. hirsutum* et 12 à 13°C pour *G. barbadense*. La température optimale pour la croissance et le développement est de 30°C.

La culture sans irrigation du cotonnier nécessite une pluviométrie annuelle d'au moins 600 mm, suffisamment bien répartie. L'insolation optimale requise pour une bonne fructification et la maturation des capsules est d'au moins 2500 heures par an.

2.2.6 Principaux ravageurs

Les insectes sont les plus grands ravageurs du cotonnier au Cameroun où plus de 150 espèces ont été recensés. Les pertes de récolte consécutives aux attaques de ces ravageurs sont toujours supérieures à 30% et peuvent aller jusqu'à la destruction totale du potentiel de production ; sans compter l'altération de la qualité (RENOU et DEGUINE, 1992). Les principaux groupes d'arthropodes dont l'incidence est significative sur la production appartiennent à divers groupes (Tab. I).

Tableau I: Les principaux ravageurs du cotonnier au Cameroun

Ordre	Genre	Dégâts	Lutte
Lépidoptères	<i>Helicoverpa armigera</i> (<i>Heliothis</i>), <i>Earias</i> sp, <i>Diparopsis</i> sp	Destruction totale ou partielle des organes fructifères	Chimique Pour l'essentiel
Lépidoptères	Espèces des <i>Spodoptera</i> , <i>Anomis</i> et <i>Syllepta</i>	Réduction de la surface foliaire	Chimique et biologique
Homoptères	<i>Aphis gossypii</i> , <i>Bemisia tabaci</i>	Prélèvements de sève, transmission de viroses, et production de miellats	Culturale
Homoptères	Jassides: <i>Empoasca</i> sp, <i>Orosius</i> sp	Prélèvement de sève	Résistance variétale
Hétéroptères	Mirides (<i>Lygus</i> sp) et punaises (<i>Dysdercus</i> sp)	Chute d'organes et pourriture de capsules	Chimique

2.3 MODES DE GESTION DES SOLS

Les principales modes de gestion des sols comparées par l'étude incluent les systèmes traditionnels, avec ou sans labour préalable, et les systèmes de culture sur couverture permanente du sol.

2.3.1 Systèmes de culture traditionnels

Le coton est produit, au Nord Cameroun, suivant deux systèmes traditionnels qui se distinguent essentiellement par l'intervention ou non du travail du sol au semis.

A) Semis sur labour (SL)

Ce système concerne, d'après GAUDARD et ASFOM (2004), 50% des parcelles paysannes de la zone cotonnière camerounaise. Le labour préalable vise, selon ces auteurs, l'obtention de conditions favorables pour le positionnement des semences dans le profil permettant une bonne germination et émergence, de même qu'un excellent développement racinaire et végétatif. SOLTNER (2000) attribue plusieurs avantages au labour, dont:

- l'amélioration de l'infiltration des eaux de pluies et du régime hydrique;
- l'ameublissement du sol entraînant une amélioration de la porosité et des échanges gazeux ;
- l'incorporation des matières organiques, des amendements calciques, des mauvaises herbes et des résidus d'herbicides ;
- la préparation d'un lit de semences propre et bien affiné ;
- la remontée des éléments lixiviés ;
- l'approfondissement du profil cultural ;
- une possibilité de modelage du champ.

Au nombre des effets nocifs du labour, ce même auteur cite :

- 1- la pénibilité du travail ;
- 2- l'activation de la décomposition de la matière organique ;
- 3- l'augmentation des risques d'érosion et de la dégradation du sol ;
- 4- l'augmentation des pertes en eau due au ruissellement et à l'évaporation ;
- 5- la destruction de la faune du sol par son exposition aux prédateurs et aux rayons dommageables du soleil.

B) Semis direct sur sol nu (SD)

Environ 50% des parcelles cotonnières au Cameroun sont exploitées par le système conventionnel avec semis direct sur sol nu (GAUDARD et ASFOM, 2004). La semence est, dans ce cas, placée dans un sol non travaillé et où seul le poquet a subi un léger remaniement en vue d'assurer à la semence, les conditions minimales de germination. Ce système assure notamment une meilleure gestion du temps de travail, la précocité du semis et épargne le planteur de la pénibilité du labour.

Cependant, ce système présente des limites considérables parmi lesquelles l'augmentation de l'usage des herbicides, la réduction de l'infiltration des eaux de pluies et l'augmentation du ruissellement entraînant des pertes en terres (BARRIUSO *et al.*,

1994) et le développement des adventices vivaces et la sélection des adventices tardives (CLAVIER, 1998).

2.3.2 Systèmes de culture sur couverture végétale (SCV)

Ce système de culture constitue l'alternative proposée aux producteurs de coton camerounais pour parer aux insuffisances de l'agriculture conventionnelle de moins en moins productive. Le semis direct sur couverture végétale permanente du sol est un système d'agriculture de conservation basé sur le travail minimum du sol; la présence d'une couverture végétale permanente du sol (morte ou vivante) et la rotation culturale (FAO, 2001; SEGUY *et al.*, 2001; NAUDIN *et al.*, 2003; SCOPEL *et al.*, 2004).

Les SCV se traduisent en pratique par la mise en œuvre de principes tels que la suppression du labour, la rotation des cultures, l'usage approprié des fertilisants et le recours à la lutte intégrée contre les pestes et les mauvaises herbes (FAO, 2001). Ces systèmes ont véritablement prit de l'ampleur dans les années 1960 avec l'arrivée sur le marché, des herbicides chimiques telles que le Paraquat, la création du premier semoir pour semis direct en traction motorisée et le souci de juguler les problèmes liés à l'érosion hydrique et éolienne. Dès lors, les superficies allouées à ce système de production sont allées sans cesse croissantes, atteignant plus de 70 millions d'hectares à travers le monde (DERPSCH, 1997; DERPSCH, 2003).

Plusieurs auteurs attribuent des effets bénéfiques aux SCV. Les travaux de la FAO (2001) distinguent deux catégories d'impacts générés par ces systèmes.

A) Impacts environnementaux

1. Impacts sur la fertilité et l'activité biologique du sol

L'importante production de biomasse observée dans le système améliore sensiblement la teneur du sol en matière organique. Ceci résulte en une intense activité biologique, une importante production d'humus, une amélioration de la structure du sol et de l'infiltration des eaux, un tamponnement des températures et une réduction de l'évaporation et du lessivage. De plus, la couverture permanente du sol, associée au non-labour, permet de mieux conserver les sols et de contrôler le développement des adventices. Les légumineuses utilisées comme plante de couverture ou comme engrais vert relèvent le statut nutritionnel du sol à travers le recyclage des nitrates et autres nutriments lixiviés. Tout ceci a pour conséquence, d'après SEGUY *et al.* (2001), l'augmentation et la stabilisation des rendements des cultures.

2. Séquestration du carbone.

D'après BENITES *et al.* (1999), l'agriculture et la déforestation contribuent globalement à 5% à l'émission du dioxyde de carbone (CO₂). Inversement, l'agriculture contribue significativement à la séquestration du carbone. BAYER (1996) a ainsi estimé qu'après neuf années, les systèmes de rotation des cultures concentrent dans les couches superficielles du sol (0-17.5cm) environ 11 tonnes de carbone par hectare. Plus tôt, REICOSKY *et al.* (1995) avaient établi qu'en monoculture, environ 1,8 t/ha de CO₂ sont libérées annuellement dans l'atmosphère.

3. Préservation de la qualité de l'eau.

A travers la maîtrise de l'érosion et l'utilisation raisonnée des engrais et autres produits phytosanitaires, l'agriculture de conservation réduit les risques de contamination et de pollution des eaux. BASSI (2000) a ainsi enregistré des baisses de concentration en sédiments de 50 à 80% à divers points de retenue situés au Sud du Brésil. Par ailleurs, ces systèmes permettent une économie de l'eau dans les zones de production marginales.

4) Amélioration de la biodiversité.

Les systèmes d'exploitation conservatrice du sol favorisent l'accroissement des populations et des espèces en assurant plus d'habitats et de nourriture aux oiseaux, petits mammifères, reptiles et autres vers de terre. En outre, l'importante production de biomasse enregistrée au détriment de l'agriculture itinérante et de la déforestation, favorise une régénération rapide des écosystèmes.

B) Impacts socio-économiques

L'adoption de l'agriculture de conservation a des répercussions socio-économiques favorables :

- la réduction des temps de travaux et de leur pénibilité ;
- la réduction du coût de production par la réduction de la main d'œuvre requise et, pour les grandes exploitations, la réduction de la consommation en carburant, des intrants et des investissements ;
- une accessibilité pour une grande frange des producteurs.

La pratique des SCV génère, en dépit d'importants bénéfices relevés, des inconvénients non négligeables. Le maintien d'une humidité idéale sous la couverture peut favoriser la prolifération des maladies et parasites des cultures qui s'y abritent. GAYLOR *et al.* (1984) ont ainsi observé une nette augmentation de l'incidence des attaques dues aux vers multicolores

Peridroma saucia en culture cotonnière sous couvert végétal dans le Nord de l'Alabama. On note également dans les couvertures à fort rapport C/N, une possibilité de compétition pour l'azote entre les micro-organismes et les plantes, entraînant des carences temporaires. Par ailleurs, les faibles rendements enregistrés pendant la période de transition contrastent avec les investissements initiaux élevés et freinent leur adoption par les planteurs. Enfin, le recours systématique à l'usage des herbicides remet en cause le caractère « écologique » de ces nouvelles technologies de production (CLAVIER, 1998; BROWN et al, 2002).

CHAPITRE 3

MATERIELS ET METHODES

3.1 SITES DE L'ETUDE

Les observations sont effectuées sur des parcelles paysannes localisées dans cinq villages de la zone cotonnière camerounaise. Il s'agit des terroirs tests du Projet ESA correspondant aux localités de Bame, Mafa Kilda, Banaye et Pakete dans la province du Nord, et de Kilwo à l'Extrême-Nord.

3.1.1 Situation géographique

Les terroirs de Mafa Kilda ($9^{\circ}12'N$; $13^{\circ}30'E$) et de Bame ($9^{\circ}4'N$; $13^{\circ}36'E$) sont situés respectivement à quinze et quarante kilomètres au sud de GAROUA, chef-lieu de la province du Nord. Banaye ($9^{\circ}27'N$; $13^{\circ}30'E$) est à environ vingt kilomètres au nord de la même ville. Le site de Pakete ($9^{\circ}28'N$; $13^{\circ}42'E$) est situé à cinq kilomètres à l'ouest de GAROUA. Le terroir de Kilwo ($10^{\circ}39'N$; $13^{\circ}59'E$) est localisé à près de soixante kilomètres à l'ouest de Maroua, près de Mokong sur la route de Mokolo.

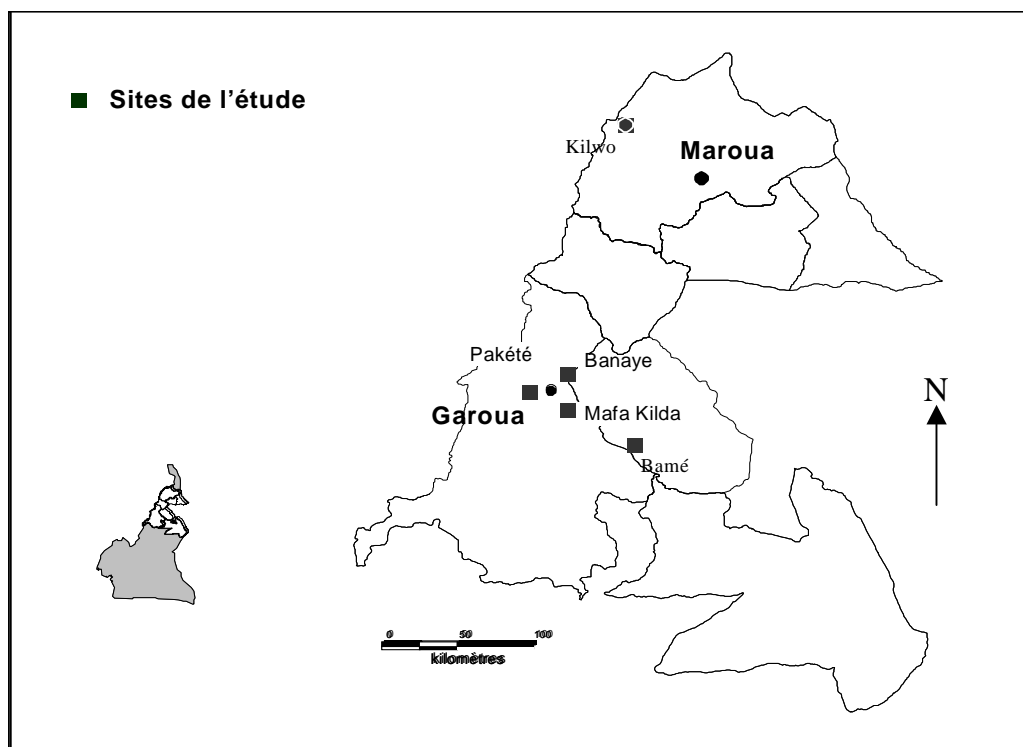


Figure 1. Localisation des sites de l'étude dans la zone cotonnière du Cameroun.

3.1.2 Caractéristiques climatiques

La zone cotonnière camerounaise est marquée par un climat de type soudanien dans sa partie méridionale couvrant entièrement les quatre premiers sites. Ce climat présente une seule saison des pluies étalée entre la mi-mai et la mi-octobre avec un pic enregistré au mois d'août. La saison sèche couvre les sept autres mois. Les précipitations annuelles atteignant 1200 mm, ce climat est caractérisé par une température moyenne de 28°C, une évapotranspiration moyenne de 168 mm/mois et une insolation annuelle d'environ 2800 heures. Le cycle de culture dure environ 175 jours.

La partie Nord, où est localisé KILWO, a un climat de type soudano-sahélien avec une saison des pluies de 4 mois (juin-septembre) et une saison sèche plus longue étalée sur 8 mois. On enregistre ici annuellement entre 700 et 850 mm de pluies, une température moyenne qui oscille entre 27°C et 28°C, une évapotranspiration moyenne de 173 mm/mois, et une insolation de 2800 heures. Le cycle de culture compte 130 jours (BRABANT et GAVAUD, 1985 ; OLIVRY, 1996)

3.1.3 Caractéristiques édaphiques

Les travaux de BRABANT et GAVAUD (1985) complétés par ceux de VAN RANST *et al.* (1989) permettent d'identifier trois types de sols dominants dans les différents sites de l'étude. Les **sols hydromorphes minéraux** sont des sols plus ou moins profonds, de texture sablo-limoneuse à limono-sableuse et renfermant en moyenne 6% d'éléments grossiers. Leur pH est compris entre 6 et 7. La capacité d'échange cationique (CEC apparente) varie de 52 à 90 méq/100g d'argile suivant les milieux, pour un taux de saturation moyen de 90%. La teneur en matière organique en surface (0-20 cm) est de l'ordre de 1%. Ces sols de salinité et d'alcalinité nulles ont un drainage interne pauvre en milieu de saison des pluies. Ils dominent surtout les terroirs de Kilwo, de Banaye et de Pakete. Les **sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes à pseudogley** sont très profonds et présentent une coloration gris brunâtre à gris jaunâtre parfois tacheté de rouille au-delà de 60 cm. La texture est surtout limoneuse bien qu'elle puisse être limono-sableuse à limono-argilo-sableuse. Ces sols saturés à 95% ont un pH d'environ 6 et une CEC apparente moyenne de 45 méq sur 50 cm. Le taux de matière organique est supérieur à 1% dans les vingt premiers centimètres. Les sites de Bame sont caractérisés par ces types de sols à drainage interne pauvre. Enfin, les **sols ferrugineux tropicaux lessivés localement indurés** sont profonds et bien drainés, grisâtres et d'une texture limono-sableuse. Ils présentent localement des gravillons ferrugineux plus ou moins soudés pouvant se situer entre 20 et 80 cm de profondeur pour une épaisseur comprise entre

40 et 100 cm. Le pH moyen varie entre 5 et 6. La CEC apparente est faible de l'ordre de 17 méq/100g d'argile pour un taux de saturation d'environ 60%. La teneur en matière organique est inférieure à 0.6%. Les sols de ce type caractérisent particulièrement le terroir de Mafa Kilda.

3.2 METHODOLOGIE

3.2.1 Traitements à comparer

Les traitements à comparer distinguent les modes de gestion des sols suivants :

1. le système de culture avec semis direct sur sol nu (SD);
2. le système de culture avec semis sur labour (SL);
3. le système de culture sur couverture végétale (SCV).

Dans ce dernier cas, la gestion de la biomasse de couverture diffère entre les parcelles et les régions. Ainsi, en dehors des résidus issus de la campagne précédente, la paille constituant cette couverture n'est pas produite *in situ*. Elle peut être apportée longtemps avant le semis, au semis, ou après le semis, en fonction de sa disponibilité et des mesures de protection prises contre les animaux. Dans le cas des systèmes de culture avec semis direct sur sol nu et des systèmes avec labour préalable, toutes les opérations culturales postérieures au semis sont identiques.

3.2.2 Dispositif

Les observations sont effectuées sur des parcelles paysannes identifiées dans chacune des deux zones de l'étude. Douze blocs ont été choisis, soit 6 blocs aux environs de Garoua répartis entre quatre villages (BAME, MAFA KILDA, BANAYE et PAKETE) et 6 blocs à KILWO, près de Maroua. Chaque bloc comprend 3 parcelles élémentaires soumises chacune à un des trois modes de gestion des sols (SD, SL et SCV). Le tableau II décrit globalement les unités de traitement propres à chaque parcelle.

Tableau II. Présentation des blocs expérimentaux dans les zones/sites de l'étude

Zone	Terroir	Bloc	Mode de gestion des sols	Superficie (m ²)	Taux de couverture en SCV (%)	Age SCV (années)	Précédent
Maroua	Kilwo	2721	SCV	525	95	2	niébé/dolique/mucuna
			SD	525	5	-	sorgho
			SL	525	5	-	sorgho
	Kilwo	2731	SCV	500	90	2	Sorgho/niébé
			SD	500	5	-	sorgho
			SL	500	5	-	sorgho
	Kilwo	2735	SCV	600	95	2	Sorgho
			SD	600	5	-	sorgho
			SL	600	5	-	sorgho
	Kilwo	2701	SCV	800	90	4	Sorgho/brachiaria
			SD	800	5	-	sorgho
			SL	800	5	-	sorgho
	Kilwo	2727	SCV	800	98	2	sorgho/crotalaire/mucuna
			SD	800	5	-	sorgho
			SL	800	5	-	sorgho
Kilwo	2005	SCV	600	95	1	sorgho	
		SD	600	5	-	sorgho	
		SL	600	5	-	sorgho	
Garoua	Bame	8209	SCV	900	99	2	maïs/crotalaire/mucuna
			SD	900	5	-	maïs
			SL	900	5	-	maïs
	Bame	8216	SCV	625	98	2	maïs/brachiaria
			SD	625	5	-	maïs
			SL	625	5	-	maïs
	Mafa Kilda	1057	SCV	600	90	2	maïs/mucuna
			SD	600	5	-	maïs
			SL	600	5	-	maïs
	Pakete	9b01	SCV	1200	95	5	sorgho
			SD	1200	5	-	sorgho
			SL	1200	5	-	sorgho
	Banaye	1069	SCV	600	99	1	sorgho
			SD	600	0	-	sorgho
			SL	600	0	-	sorgho
Banaye	1037	SCV	1250	98	2	maïs	
		SD	1250	5	-	maïs	
		SL	1250	5	-	maïs	

3.2.3 Itinéraires techniques

La gestion des parcelles suit l'itinéraire technique élaboré et recommandé par la SODECOTON (Tab.III). Les parcelles en SCV bénéficient de surcroît de l'appui technique du Projet ESA, promoteur local de cette technologie.

Les témoins en SL sont labourés dès les premières pluies à l'aide de charrue tractée par des animaux ou simplement à la houe. Toutes les parcelles sont semées en cotonnier en utilisant les variétés IRMA A 1239 à Garoua et IRMA D 742 à Maroua. Le choix des variétés tient compte de leur port en champ et surtout de leurs besoins en eau. Le semis a eu lieu, dans tous les terroirs, dans la première quinzaine du mois de juin 2005. Les précédents culturaux sur les parcelles gérées traditionnellement sont essentiellement des céréales telles que le sorgho ou le maïs. La fertilisation et les traitements phytosanitaires sont effectués sous la supervision d'agents agricoles SODECOTON suivant le calendrier recommandé à cet effet.

Tableau III: Calendrier des opérations culturales pour la culture cotonnière au Nord Cameroun

Périodes	Opérations culturales	Produits et quantités
Première quinzaine d'avril	Choix du terrain	-
15 avril - 15 mai	Piquetage et défrichage	-
15 mai - 30 mai	Distribution des semences traitées et labour des parcelles en SL	30 kg de semences par hectare
1 ^{er} juin - 10 juillet	Semis	-
1 ^{er} juin - 10 juillet	herbicidage de pré-émergence (SCV et/ou SD)	Diuron à 550 g/ha
10 juillet - 25 juillet	Re-semis (remplacement des manquants)	-
1 ^{er} juillet - 31 juillet	Démariage, premier sarclage (SD et SL)	1 plant par poquet
1 ^{er} juillet - 31 juillet	fertilisation complète	<u>Maroua:</u> -100 kg/ha 20-10-15 (levées postérieures au 30 juin) -200 kg/ha 22-10-15 (semis antérieurs au 30 juin) <u>Garoua:</u> -100kg/ha 15-20-15+50kg/ha d'urée (semis postérieurs au 30 juin) -200kg/ha 15-20-15 +50kg/ha d'urée (semis antérieurs au 30 juin)
1 ^{er} août - 20 août	2 ^e sarclage + buttage	-
1 ^{er} septembre - 20 septembre	3 ^e sarclage + buttage(SD et SL)	-
Août - septembre - octobre (toutes les deux semaines)	Traitements insecticides	Cyperméthrine, endosulfan, profenofos aux doses de 3.5l/ha
1 ^{er} -31 octobre	Préparation de la récolte	-
Novembre - février	Récolte	-

3.2.4 Collecte des Données

3.2.4.1 Echantillonnage de la macrofaune du sol

La méthode d'inventaire de la macrofaune du sol adoptée s'inspire de celle développée par ANDERSON et INGRAM (1993). Il s'agit de prélever des monolithes qui sont des cubes de terre de 30 cm d'arrête. Quatre prélèvements ont été effectués avant le semis, à 30 jours après semis (jas), à 60 jas et à 90 jas. A chaque prélèvement, quatre monolithes sont extraits sur les 2 diagonales des parcelles. Ils sont ensachés puis numérotés, en prenant soin de séparer la litière du sol (couche superficielle). L'opération de tri, réalisée en station le lendemain, consiste à fouiller et à tamiser chaque échantillon (mailles de 3 puis 1mm) en vue de collecter tous les invertébrés visibles à l'œil nu ou d'au moins 2 mm de longueur. Les individus collectés sont conservés dans un flacon contenant de l'alcool à 95°.

Le dénombrement des individus est suivi de leur détermination à l'aide de clés de reconnaissance (CHINERY, 1986 ; DELVARE et ABERLENC, 1989 ; Mc GAVIN, 2000). Pour chaque individu, l'embranchement, la classe, l'ordre, la famille et la fonction écologique majeure dans l'agroécosystème sont déterminés.

3.2.4.2 Suivi des ravageurs aériens du cotonnier

A) Chenilles de la capsule

L'importance des dégâts de ces ravageurs (*Helicoverpa armigera*, *Earias sp.* et *Diparopsis watersi*) sur les parcelles expérimentales est évaluée par la récolte et l'observation des organes fructifères abscissés, entre 50 et 130 jas, sur 2 interlignes côte à côte de 10 m. Les nombres de boutons et de capsules sains ou présentant des symptômes d'attaques (perforations par les chenilles) sont relevés.

B) Pucerons (*Aphis gossypii*)

Les pucerons et leurs prédateurs (coccinelles, chrysopes et syrphes) sont dénombrés dès les premières infestations, sur les 5 feuilles terminales de 10 plants par parcelle. Les plants sont choisis au hasard tous les deux mètres dans chaque parcelle élémentaire. Les observations de ce type ont lieu une fois par semaine en début de cycle, puis en fin de campagne du 15 octobre au 15 novembre 2005.

3.2.4.3 Estimation du potentiel de rendement des parcelles

La densité des plants de cotonniers est estimée à partir du comptage du nombre de plants sur 4 lignes de 10 m et la détermination de la largeur moyenne de 10 interlignes

consécutives. Le rendement est estimé par le nombre de capsules récoltables (capsules saines, ouvertes ou encore vertes) sur 100 plants choisis tous les deux mètres au hasard suivant les diagonales de la parcelle.

3.2.5 Analyse des données

3.2.5.1 Prélèvements de sol

Les données brutes issues du traitement des monolithes indiquent les effectifs de macrofaune du sol obtenus par période de prélèvement, par échantillon, par mode de gestion, par parcelle, par zone et par taxon. Elles permettent la détermination de certains paramètres d'appréciation de la faune du sol tels que **l'abondance** et la **diversité**. L'abondance de la macrofaune, facteur quantitatif, est exprimée par les différents effectifs obtenus (nombre moyen d'individus collectés) et les densités (nombre moyen d'individus par unité de surface). La diversité est évaluée à partir des **indices de Shannon-Weaver (H')** et **d'équitabilité (E)**. Le premier tient compte du nombre de taxa rencontrés (s). Sa valeur est donnée par :

$$H' = -\sum_{i=1}^s P_i \times \log_2 (P_i)$$

où P_i = probabilité de rencontre d'un taxon sur une parcelle ; s = nombre total de taxa rencontrés sur la parcelle. H' est nul quand un seul groupe est représenté et sa valeur est maximale quand tous les groupes ont la même abondance.

L'équitabilité (E) ou régularité mesure la répartition équitable des taxa et permet de comparer des peuplements comportant des nombres de taxa différents. L'objectif étant d'observer l'équilibre des populations présentes. Sa valeur est donnée par la formule :

$E = H' / \log_2 (s)$. L'équitabilité tend vers 0 lorsqu'un taxon domine assez largement un peuplement et est égale à 1 lorsque tous les groupes sont uniformément représentés.

Les données sont soumises à une analyse de la variance (procédure GLM, SAS) permettant de déterminer l'influence des modes de gestion du sol.

3.2.5.2 Ravageurs aériens du cotonnier

Les données sont soumises à une analyse de variance (procédure GLM ou GENMOD, SAS)

CHAPITRE 4

RESULTATS

4.1 MACROFAUNE DU SOL

4.1.1 Abondance

Un total de 2060 macroinvertébrés a été collecté au terme des quatre prélèvements effectués sur toutes les parcelles. La zone de Garoua regroupe 64.5% des individus extraits. La densité moyenne est évaluée à 51 individus par m² à Garoua, contre 28 à Maroua. Les groupes pris en compte dans l'analyse sont ceux présentant un cumul d'au moins 3 individus dans les deux zones d'étude.

4.1.2 Composition et diversité

La description et la classification des spécimens collectés ont permis de différencier 235 espèces d'invertébrés appartenant à 30 groupes (noms communs) répartis entre 29 familles, 18 ordres, 7 classes et 3 embranchements (Tab. IV). L'espèce est considérée, ici, comme tout groupe d'individus morphologiquement identiques d'après les observations.

L'inventaire indique une nette domination du phylum des Arthropoda qui représente 84.3% des individus dénombrés contre 14.2% pour les Annelida (vers de terre). La classe des Insecta domine les Arthropoda avec 52.4% des individus, suivie des Diplopoda (25.6%), des Arachnida (3.6%), des Chilopoda (2.5%) et des Crustacea (0.2%).

La classe des Chilopoda (géophilides et scolopendres) représente 4.3% et 0.1% des Arthropoda à Garoua et à Maroua respectivement. Celle des Arachnida (araignées, acariens et solifuges) est présente dans les deux zones à 3.8% et 5.1% dans le même ordre. Les Diplopoda regroupent les iules et les Polydesmides. Leur densité est six fois plus importante dans la zone de Garoua.

Dans les deux zones, l'ordre des Coleoptera est majoritaire parmi les Insecta (47.2%, larves en particulier) devant celui des Hymenoptera (40%, fourmis surtout). Les autres ordres incluent les Diptera (3.5%), Isoptera (2.7%), Embioptera (2.4%), Neuroptera (1.8%), Hemiptera (1.01%), et Orthoptera (2.6%).

L'importance des espèces est liée à celle des groupes taxonomiques. Ainsi, sur un total de 235 espèces différenciées, la classe des Insecta en rassemble 184, largement devant la classe des Arachnida (43 espèces). Les autres classes présentent moins de 5 espèces.

Tableau IV Répartition taxonomique de la macrofaune extraite par bloc.

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Nom Commun	Nombre total d'espèces	Effectif cumulé moyen par bloc					
						Garoua	Maroua	Total			
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Divers Coleoptera	larves coléoptères	38	22.7	16.7	39.3			
			Nitidulidae	nitidulides	4	5.8	2.8	8.7			
			Elateridae	élatérides	15	4.5	3.3	7.8			
			Tenebrionidae	ténébrionides	7	4.0	3.7	7.7			
			Scarabaeidae	scarabées	16	3.0	4.5	7.5			
			Carabidae	carabes	15	3.3	1.8	5.2			
			Anthicidae	anthicides	8	2.8	1.8	4.7			
			Staphylinidae	Staphylins	5	1.0	0.8	1.8			
			Curculionidae	charançons	2	1.0	0.5	1.5			
			Chrysomelidae	chrysomèles	4	0.5	0.3	0.8			
		Diptera	Divers Diptera	Divers Diptera	larves diptères	12	1.7	2.0	3.7		
					diptères	5	2.0	0.7	2.7		
		Embioptera	Clothodidae	embioptères	5	3.2	1.2	4.3			
		Hemiptera	Divers Hemiptera	punaises	10	1.3	0.5	1.8			
		Hymenoptera	Formicidae	fourmis	fourmis	25	36.2	35.8	72.0		
					Bethylidae	béthylides	3	0.7	0.0	0.7	
		Isoptera	Termitidae	termites	6	2.2	2.8	5.0			
		Neuroptera	Myrmeleontidae	larves fourmillion	1	0.8	2.5	3.3			
		Orthoptera	Grillidae	grillons	grillons	1	0.5	0.3	0.8		
					Acrididae	acridiens	2	0.5	0.2	0.7	
		Diplopoda	Julida	Julidae	iules	1	67.3	14.5	81.8		
					Polydesma	Polydesmidae	polydesmides	2	4.8	1.2	6.0
		Arachnida	Acari	Divers acari	acariens	5	1.7	1.2	2.8		
					Araneae	Divers araneae	araignées	33	4.3	4.2	8.5
					Solifugae	Divers solifuge	solifuges	5	1.2	0.0	1.2
		Chilopoda	Geophila	Geophilidae	géophilides	1	7.5	0.2	7.7		
					Scolopendrida	Scolopendridae	scolopendres	1	0.5	0.3	0.8
Crustacea	Isopoda	Porcellionidae	cloportes	1	0.3	0.3	0.7				
			Annelida	Oligocheta	Haplotaxida	Lumbricidae	vers de terre	1	32.0	16.7	48.7
Nematoda	Nématodes	Nématodes	Diverses classes de Divers ordres de	Diverses familles de Nématodes	1	4.2	1.0	5.2			
			Total	7	18	29	30	235	221.5a	121.8b	343.3

Toutes catégories confondues, on observe significativement plus d'individus à Garoua qu'à Maroua (SAS GLM; $F=6.3$, $P<0.005$).

La grande majorité des macroinvertébrés provient de la couche sol qui a fourni 74% des effectifs totaux contre 26% issus de la litière. Tous les groupes proviennent majoritairement de la couche sol à l'exception des ténébrionides dont l'effectif cumulé moyen est équitablement réparti entre les deux niveaux de prélèvement (Fig.2).

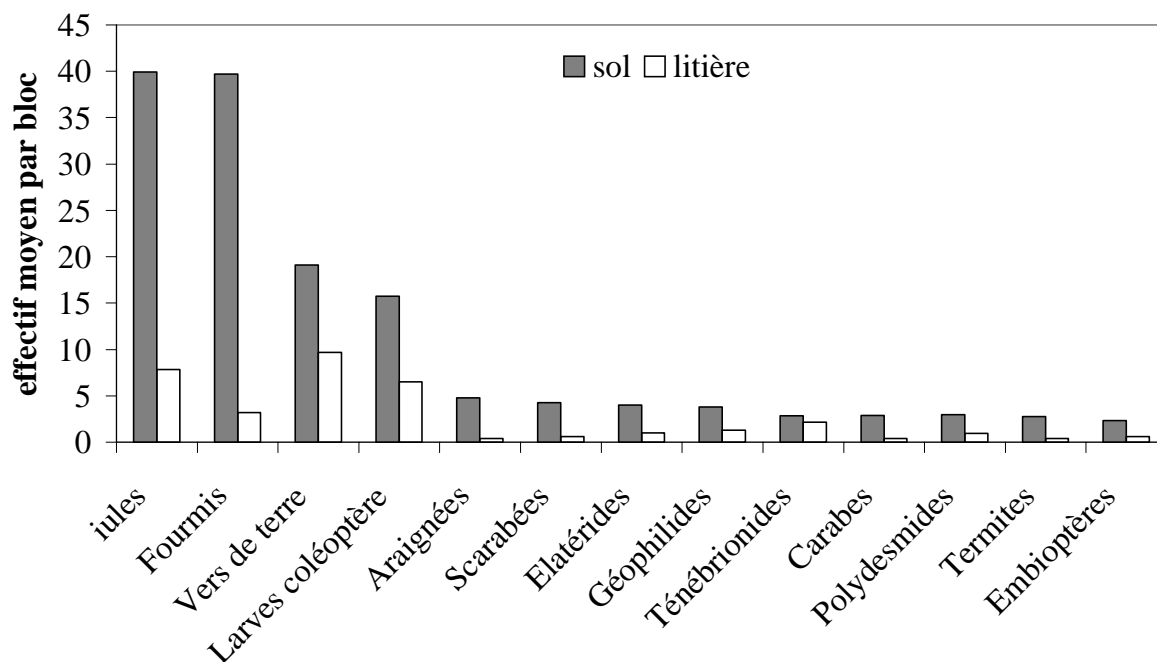


Figure 2. Distribution entre le sol et la litière des groupes extraits au niveau des deux zones de l'étude.

L'indice de Shannon-Weaver est relativement plus élevé à Garoua au niveau de l'ordre et de la famille mais inversement au niveau de l'espèce.(Tab. V).

Tableau V. Diversité et équitabilité de la macrofaune du sol suivant la zone.

Niveau taxonomique	Zone	Richesse taxonomique moyenne par bloc	Indice de Shannon-Weaver moyen par bloc	Équitabilité moyenne par bloc	NGE 95 moyen par bloc
Ordre	Garoua	14.3±2.4	2.67±0.23	0.70±0.06	7.8±1.3
	Maroua	11.7±1.2	2.51±0.15	0.71±0.0	7±1.2
Famille	Garoua	21±4.07	3.18±0.21	0.73±0.05	14±2.59
	Maroua	18±3.15	3.17±0.33	0.77±0.07	13±2.17
Espèce	Garoua	56±15.29	4.19±0.37	0.73±0.08	45±11.13
	Maroua	42±8.49	4.39±0.70	0.81±0.10	36±8.22

NGE 95= nombre de groupes nécessaires pour atteindre 95% des effectifs capturés

4.1.3 Abondance et diversité selon le mode de gestion des sols

Globalement, les effectifs cumulés des différents groupes de macrofaune extraits varient avec les modes de gestion du sol. Les parcelles couvertes abritent davantage d'individus que celles non couvertes, quelle que soit la zone de prélèvement. A Maroua cependant, le mode de gestion du sol n'influence pas significativement les différents effectifs enregistrés (Tab. VI et VII).

Tableau VI: Composition taxonomique de la macrofaune selon le mode de gestion des sols; zone de Garoua.

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Nom commun	Nombre total d'espèces	Effectif cumulé moyen par parcelle			
						SCV	SD	SL	
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Divers Coleoptera	larves coléoptères	30	10.5a	6.3b	5.8b	
			Nitidulidae	nitidulides	4	2.5	2.5	0.8	
			Elateridae	élatérides	12	1.8	1.0	1.7	
			Tenebrionidae	ténébrionides	8	1.3	0.8	1.8	
			Carabidae	carabes	10	1.8	0.5	1.0	
			Scarabaeidae	scarabées	11	1.2	1.0	0.8	
			Anthicidae	anthicides	6	0.8	1.5	0.5	
			Curculionidae	charançons	1	0.3	0.0	0.7	
			Staphylinidae	Staphylins	4	0.7	0.2	0.2	
			Chrysomelidae	chrysomèles	2	0.5	0.0	0.0	
			Hymenoptera	Formicidae	fourmis	19	9.3	10.3	16.5
				Bethylidae	béthylides	2	0.3	0.2	0.2
			Diptera	Divers Diptera	diptères	4	1.5	0.2	0.3
					larves diptères	5	0.7	0.5	0.5
			Embiodera	Clothodidae	embiodères	4	1.3	1.7	0.2
			Isoptera	Termitidae	termites	4	1.5a	0.3b	0.3b
			Hemiptera	Divers Hemiptera	punaises	6	0.7	0.2	0.5
			Orthoptera	Grillidae	grillons	1	0.5	0.0	0.0
					Acrididae	acridiens	1	0.3	0.2
		Neuroptera	Myrmeleontidae	larves fourmillions	1	0.0	0.2	0.7	
		Diplopoda	Julida	Julidae	iules	1	29.7a	14.3b	23.3ab*
				Polydesma	Polydesmidae	polydesmides	2	2.2	0.5
		Chilopoda	Geophila	Geophilidae	géophilides	1	5.2a	0.2b	2.2a*
				Scolopendrida	Scolopendridae	scolopendres	1	0.2	0.2
		Arachnida	Araneae	Divers araneae	araignées	16	1.0	1.7	1.7
				Acari	Divers acari	acariens	5	0.7	0.2
Solifugae	Divers solifuge			solifuges	5	0.7	0.3	0.2	
Crustacea	Isopoda	Porcellionidae	cloportes	1	0.0	0.0	0.3		
		Annelida	Oligocheta	Haplotaxida	Lumbricidae	vers de terre	1	15.5	7.2
Nematoda	Nématodes	Nématodes	Nématodes	nématodes	1	0.8	1.3	2.0	
									Diverses classes de Divers ordres de
Total	7	18	29	30	169	93.5a	53.3b	74.7ab*	

ANOVA SAS GLM sur effectifs par prélèvement ($p < 0.005$)

Tableau VII: Composition taxonomique de la macrofaune selon le mode de gestion des sols; zone de Maroua.

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Nom commun	Nombre d'espèces	Effectif cumulé moyen par parcelle				
						SCV	SD	SL		
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Divers Coleoptera	larves coléoptères	18	5.2	5.2	6.3		
			Scarabaeidae	scarabées	8	1.3	1.2	2.0		
			Tenebrionidae	ténébrionides	3	0.7	1.7	1.3		
			Elateridae	élatérides	8	1.0	1.2	1.2		
			Nitidulidae	nitidulides	2	0.8	1.0	1.0		
			Carabidae	carabes	5	1.0	0.5	0.3		
			Anthicidae	anthicides	4	1.2	0.3	0.3		
			Staphylinidae	Staphylins	2	0.2	0.3	0.3		
			Curculionidae	charançons	2	0.2	0.3	0.0		
			Chrysomelidae	chrysomèles	1	0.0	0.3	0.0		
			Hymenoptera	Formicidae	fourmis	14	10.7	11.5	13.7	
			Isoptera	Termitidae	termites	5	1.0	1.0	0.8	
			Diptera	Divers Diptera	larves diptères	6	1.5a	0.0b	0.5ab	
		diptères			3	0.2	0.2	0.3		
			Neuroptera	Myrmeleontidae	larves fourmillon	1	1.2	0.8	0.5*	
			Orthoptera	Grillidae	grillons	3	0.0	0.2	0.2	
				Acrididae	acridiens	1	0.2	0.0	0.0	
			Embioptera	Clothodidae	embiopètres	1	0.5	0.7	0.0	
			Hemiptera	Divers Hemiptera	punaises	2	0.5a	0.0b	0.0b	
			Diplopoda	Julida	Julidae	iules	1	5.5	4.8	4.2
				Polydesma	Polydesmidae	polydesmides	2	0.5	0.5	0.2
			Arachnida	Araneae	Divers araneae	araignées	16	1.0	1.3	1.8
			Arachnida	Acari	Divers acari	acariens	2	0.8	0.3	0.0
	Chilopoda	Geophila	Geophilidae	géophilides	1	0.0	0.2	0.0		
		Scolopendrida	Scolopendridae	scolopendres	1	0.3	0.0	0.0		
	Crustacea	Isopoda	Porcellionidae	cloportes	1	0.0	0.3	0.0		
Annelida	Oligocheta	Haplotaxida	Lumbricidae	vers de terre	1	9.2	3.8	3.7*		
	Diverses classes de Divers ordres de		Diverses familles de Nématodes	nématodes	1					
Nematoda	Nématodes	Nématodes				0.2	0.2	0.7		
Total	7	17	27	30	115	44.7	37.8	39.3		

ANOVA SAS GLM sur effectifs par prélèvement ($p < 0.005$)

* effet bloc

A Garoua comme à Maroua, les sols couverts présentent plus de vers de terre que les sols non couverts. On observe l'inverse pour les nématodes qui sont plus nombreux sur sols labourés puis en semis direct sur sol nu. Les différents groupes d'arthropodes sont globalement majoritaires en SCV. Cependant, parmi les insectes, les hyménoptères, dominés par les fourmis, sont plus abondants et diversifiés sur sols non couverts.

L'indice de Shannon-Weaver est légèrement plus important en SCV que sur sols nus, quel que soit le niveau taxonomique (Tab. VIII).

Tableau VIII: Diversité et équitabilité des extraits suivant le mode de gestion des sols

Niveau taxonomique	Zone	Modes de gestion du sol	Richesse taxonomique moyenne par parcelle	Indice de Shannon-Weaver moyen par parcelle	Équitabilité moyenne par parcelle	NGE 95 moyen par parcelle
Ordre	Garoua	SCV	12 a	2.53	0.72	8
		SD	8 b	2.28	0.78	7
		SL	9 b	2.28	0.74	7
	Maroua	SCV	10 a	2.35	0.73	7
		SD	7 b	2.24	0.79	6
		SL	7 b	2.21	0.78	6
Famille	Garoua	SCV	17 a	3.05	0.76	13 a
		SD	12 b	2.74	0.76	10 b
		SL	12 b	2.44	0.69	9 b
	Maroua	SCV	14	3.06	0.81	11
		SD	11	2.84	0.85	11
		SL	11	2.81	0.84	9
Espèce	Garoua	SCV	29	3.41	0.72	24
		SD	20	3.14	0.74	17
		SL	24	3.16	0.71	21
	Maroua	SCV	21	3.55	0.81	20
		SD	19	3.41	0.84	17
		SL	18	3.51	0.85	16

Pour une colonne dans une zone et un niveau taxonomique donnés, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes (SAS GLM; $P < 0.05$).

4.1.4 Fonctions trophiques des groupes de macrofaune extraits

Les fonctions écologiques des groupes identifiés traduisent leurs niveaux d'intervention dans la chaîne trophique de l'écosystème (tab. IX). Ainsi, les détritivores regroupent surtout les fourmis (44%), les vers de terres (30%), les ténébrionides (4.7%) et les scarabées (4.6%). Les phytophages majeurs comprennent les iules (55%), les larves de coléoptères (27%) et les nitidulides (6%). Ces derniers, en particuliers les iules, sont nuisibles aux jeunes plants de cotonnier. Les prédateurs recrutent essentiellement les araignées (26.6%), les géophilides (24%) et les carabes (10.4%).

Globalement, les différents groupes trophiques sont relativement majoritaires en SCV. Dans la zone de Maroua, le mode de gestion des sols n'influence pas significativement la répartition des groupes trophiques. A Garoua par contre, on rencontre davantage de phytophages et de prédateurs sur sols couverts. Dans les deux zones, les phytophages sont essentiellement composés d'iules (en moyenne 55% des phytophages à chaque prélèvement) qui, en réalité, sont des phytophages occasionnels (fig.3).

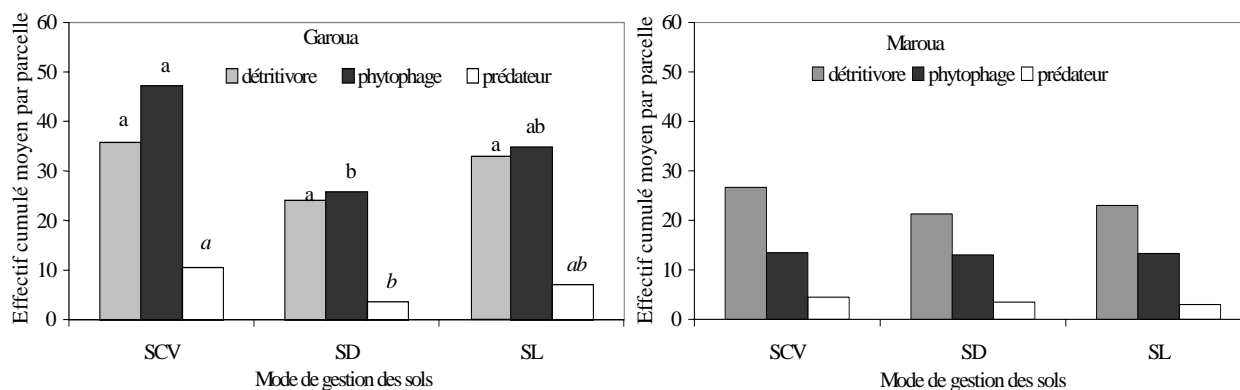


Figure 3: Répartition des classes trophiques selon le mode de gestion des sols.

Les séries de données moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes (SAS GLM; $P < 0.005$).

Tableau IX. Classification de la macrofaune suivant la fonction trophique.

Action	Fonction	Phylum	Classe	Ordre	Famille	Nom Commun			
bénéfique	détritivore	Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Formicidae	fourmis			
				Coleoptera	Tenebrionidae	ténébrionides			
				Scarabaeidae	scarabées				
				Anthicidae	anthicides				
				Diptera	Divers Diptera	larves diptères diptères			
				Isoptera	Termitidae	termites			
				Embioptera	Clothodidae	embioptères			
				Orthoptera	Grillidae	grillons			
				Diplopoda	Polydesma	Polydesmidae	polydesmides		
				Crustacea	Isopoda	Porcellionidae	cloportes		
				Annelida	Oligocheta	Haplotaaxida	Lumbricidae	vers de terre	
				Nematoda	Divers Nematoda	Divers Nematoda	Divers Nematoda	nématodes	
				prédateur	Arthropoda	Arachnida	Araneae	Divers araneae	araignées
Acari	Divers acari	acarions							
Solifugae	Divers solifuge	solifuges							
Insecta	Coleoptera	Carabidae	carabes						
	Staphylinidae	Staphylins							
	Neuroptera	Myrmeleontidae	larves fourmillions						
	Hymenoptera	Bethylidae	béthylides						
	Chilopoda	Geophila	Geophilidae				géophilides		
Scolopendrida	Scolopendridae	scolopendres							
nuisible	phytophage	Arthropoda	Diplopoda				Julida	Julidae	iules
							Insecta	Coleoptera	Divers Coleoptera
			Nitidulidae				nitidulides		
			Elateridae				élatérides		
			Cucurionidae	charançons					
			Chrysomelidae	chrysomèles					
			Hemiptera	Divers Hemiptera	punaises				
			Orthoptera	Acrididae	acridiens				

4.1.5 Distribution des principaux groupes dans le temps et l'espace

Les effectifs de fourmis, iules, vers de terre et larves de coléoptères sont les mieux répartis dans le temps et dans l'espace. Ces groupes présentent une moyenne d'au moins 50 individus par série d'échantillonnage et un cumul d'au moins 10 individus par parcelle (fig. 4 et 5). Les iules sont majoritaires aux premier et troisième prélèvements. Les vers de terre et les fourmis dominent le deuxième et le quatrième prélèvement, suivis des larves de coléoptères et des iules.

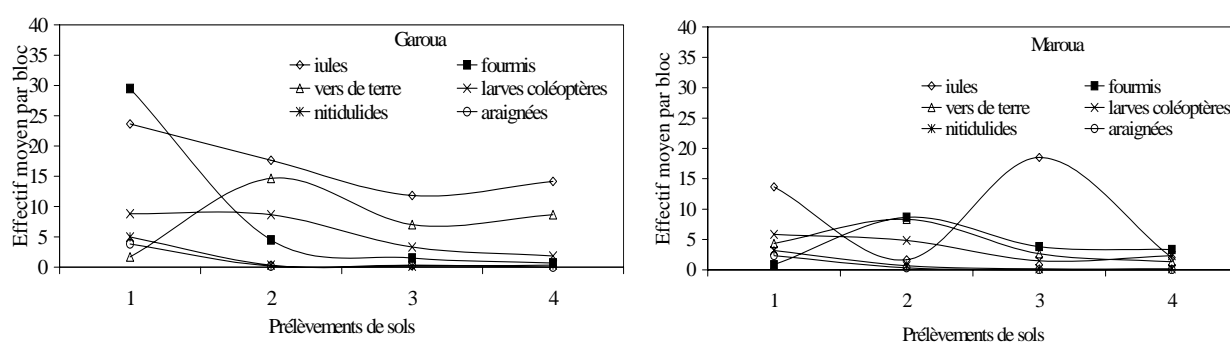


Figure 4. Evolution des effectifs par groupe dans le temps au niveau des deux zones.

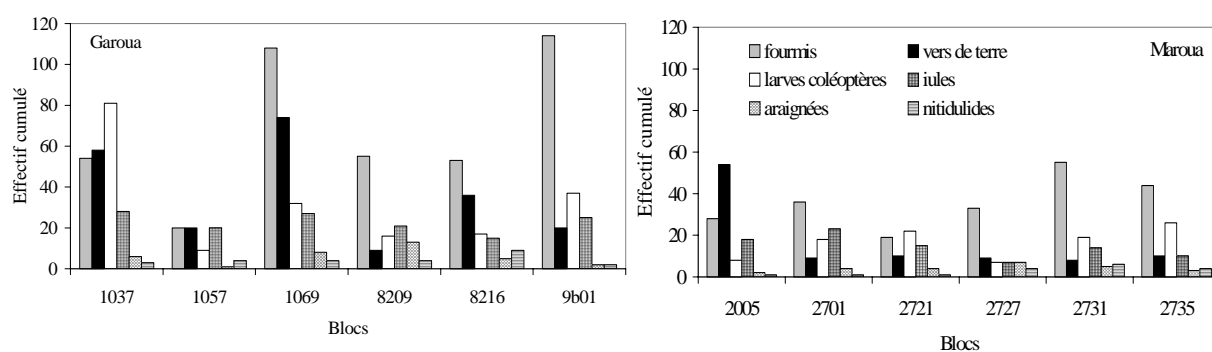


Figure 5: distribution des effectifs par groupe dans l'espace au niveau des deux zones.

4.2 INDICATEURS BIOLOGIQUES

Les résultats issus des prélèvements de sols donnent une estimation de la biodiversité du sol sous 3 modes de gestion différents. Plusieurs auteurs considèrent que la macrofaune peut constituer un indicateur de la qualité des sols. Les indicateurs biologiques sont des espèces ou des groupes taxonomiques supérieurs dont la densité, la présence ou l'absence, la capacité de survie au stade larvaire, sont de véritables paramètres d'estimation de l'état d'un écosystème (HILTY et MERENLENDER, 1999). Pour DOUBE et SCHMIDT (1997), un sol de bonne qualité est celui où l'aptitude des plantes à convertir l'énergie solaire et le CO₂ en hydrates de carbone se rapproche durablement du rendement potentiel. Ainsi, pour une plante donnée, le rendement obtenu donne une estimation de la qualité du sol qui la supporte. Dans le contexte de l'étude, la détermination des espèces indicatrices de la fertilité du sol dépend largement des relations qui existent entre ces organismes et le rendement du cotonnier. Ce rendement est estimé par le nombre de capsules récoltables par plant ou par unité de surface et la hauteur moyenne des plants en fin de campagne. Les iules, les fourmis, les vers de terre et les larves de coléoptères constituent les groupes les plus représentés, dans l'espace et dans le temps (Fig. 4 et 5).

On ne note aucune corrélation significative ($p < 0.05$) entre l'abondance des principaux macroinvertébrés et les différents paramètres d'estimation du rendement (tab. X).

Tableau X: Relations fonctionnelles entre l'abondance des macroinvertébrés et les estimateurs de la fertilité des sols fertilité.

	Estimateurs de la fertilité des sols			
	Nombre de capsules/plant		Hauteur des cotonniers (cm)	
	Equation linéaire (y)	Coefficient de régression (r)	Equation linéaire (y)	Coefficient de régression (r)
Indicateurs potentiels				
fourmis	$0.04x+12.8$	0.10	$-0.4x+97$	-0.17
vers de terre	$0.03x+12.8$	0	$-0.43x+97$	-0.17
Larves de coléoptères	$0.02x+13.11$	0	$0.58x+88.41$	0.10
iules	$-0.03x+13.6$	-0.10	$-0.07x+93.45$	0
Nitidulides	$-0.5x+14.1$	-0.3	$1.34x+85.71$	0
Géophilides	$0.3x+10.8$	0.33	$0.70x+79.6$	0.30
araignées	$-0.24x+13.8$	0	$5.72x+81.8$	0.20

Cependant, le comportement des vers de terre vis-à-vis de ces paramètres est sensiblement uniforme sur toutes les parcelles couvertes. En effet, on note en SCV, une corrélation positive entre les effectifs de ce groupe d'organismes et les paramètres précédents (fig.6).

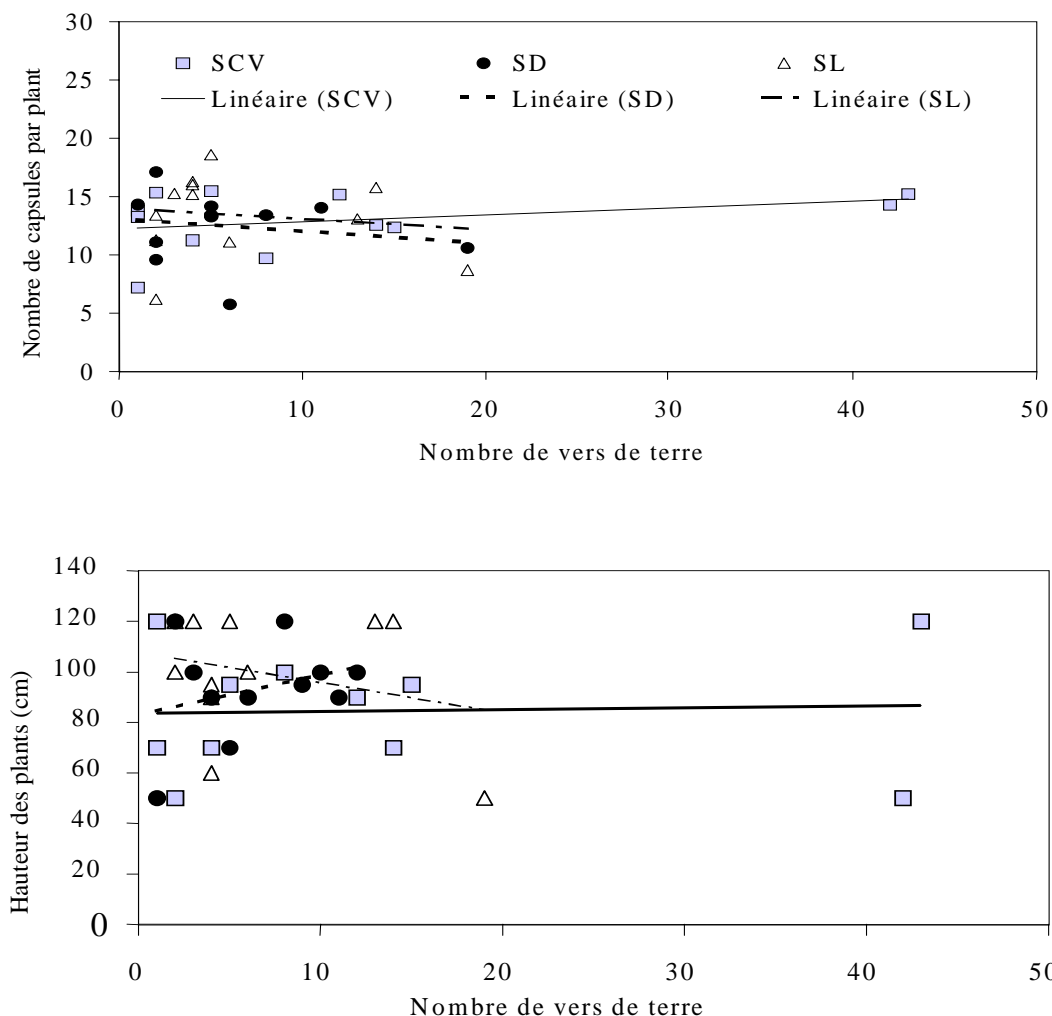


Figure 6: Relations vers de terre/estimateurs de fertilité au niveau des deux zones.

4.3 RAVAGEURS AERIENS DU COTONNIER

4.3.1 Chenilles de la capsule

A Garoua, on n'observe aucune différence significative entre les modes de gestion des sols en terme de dégâts des chenilles de la capsule ($p < 0.005$). Toutefois, les systèmes traditionnels présentent des pourcentages d'organes fructifères sauvés (Efficacité) significativement plus importants que les SCV ($p < 0.005$). On note aussi un effet bloc considérable dans cette zone. A Maroua, on observe davantage de dégâts sur sols couverts en ce qui concerne les boutons floraux. Dans cette zone, l'efficacité ne varie pas considérablement avec les modes de gestion des sols (tab. XIII).

Tableau XI: Etat sanitaire des organes abscissés.

Zone	Modes de gestion du sol	Moyenne boutons abscissés/ parcelle	Moyenne boutons percés/ parcelle	Moyenne capsules abscissées/ parcelle	Moyenne capsules percées/ parcelle	Boutons percés (%)	Capsules percées (%)	Efficacité (%)
Garoua	SCV	290	92	391	86	30.0	24	0 b
	SD	394	99	556	95	25.9	16	23 a
	SL	446	103	586	103	25.0	18	19 a
Effet bloc		*	*	*	*	*	*	
Maroua	SCV	110	45	432 b	33	40.6 a	9	0 a
	SD	146	40	861 ab	46	27.7 ab	6	35 a
	SL	177	52	1083 a	48	30.5 b	4	37 a
Effet bloc				*		*		

Efficacité (%) = (nb théorique organes percés - nb effectif organes percés) / nb théorique organes percés = organes «sauvés».

* = effet bloc

4.3.2 Pucerons

On n’observe aucune différence significative entre les traitements en terme d’infestations de pucerons (Anova proc GLM, P>0.05). Toutefois, les plus grands effectifs ont été enregistrés à Maroua bien qu’ils soient nuls en fin de campagne (Fig. 7).

Début de campagne

Fin de campagne

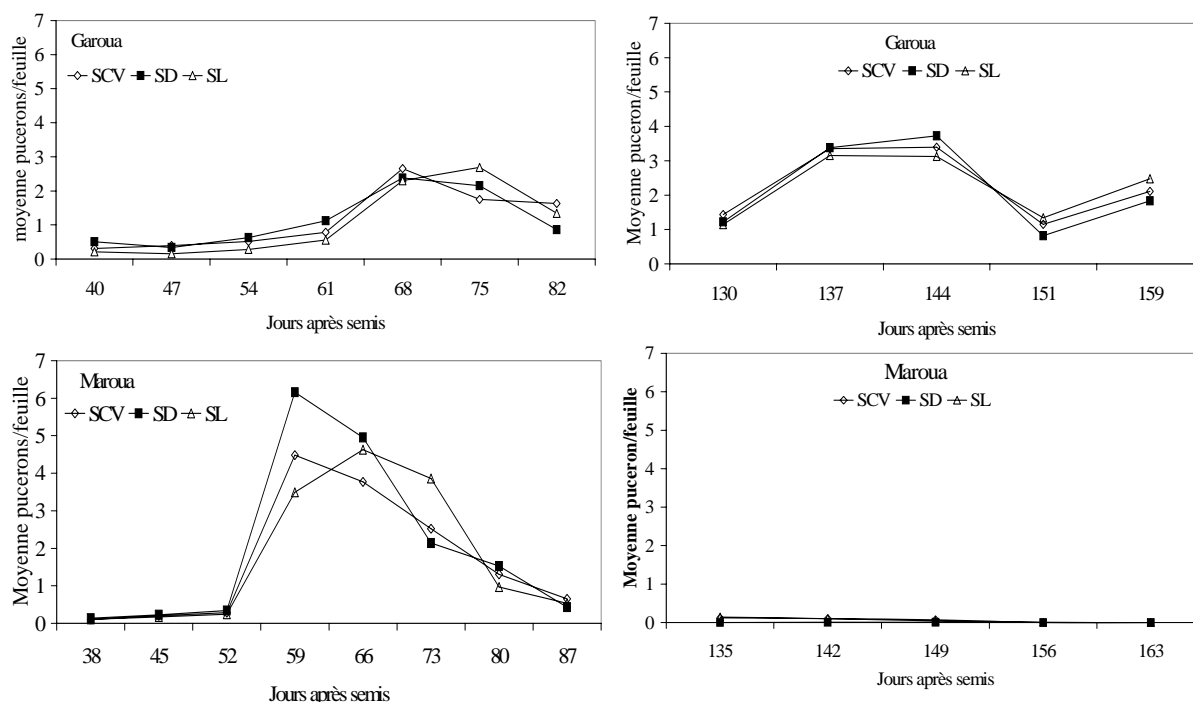


Figure 7: Evolution des infestations de pucerons au cours de la campagne.

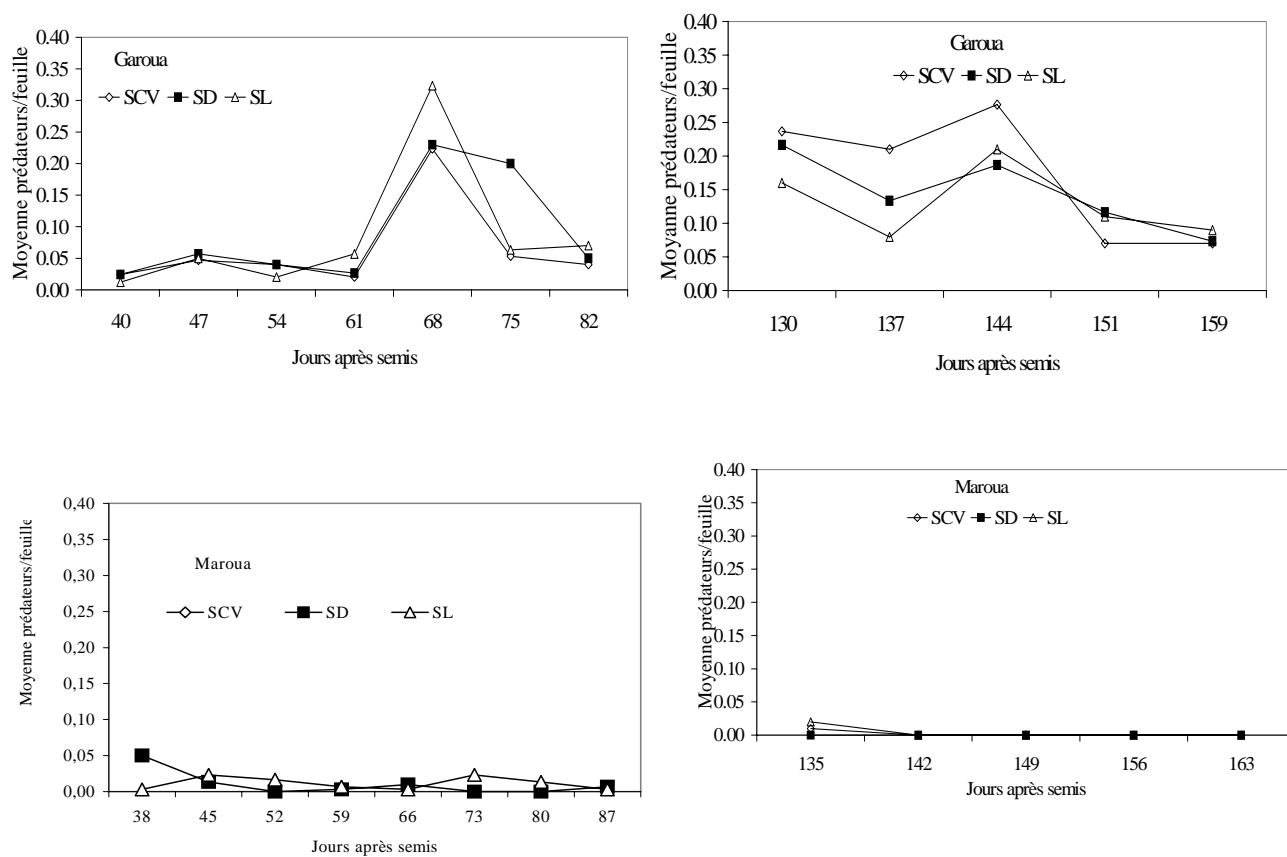


Figure 7: Evolution des prédateurs de pucerons au cours de la campagne.

CHAPITRE 5

DISCUSSION

ABONDANCE ET DIVERSITE DE LA MACROFAUNE

Globalement, la macrofaune du sol apparaît significativement plus abondante à Garoua qu'à Maroua. Cette différence proviendrait de l'homogénéité des blocs dans la zone septentrionale où ils ont été regroupés dans un seul terroir. En effet, outre les pratiques culturales, les propriétés du sol telles que l'humidité, la porosité, la température, le pH et la teneur en matière organique sont susceptibles de jouer un rôle dans le déterminisme de la macrofaune du sol (BACHELIER, 1978). Ainsi, le manque d'eau peut causer la dessiccation des animaux tels que les nitidulides, surtout au moment des mues. L'excès quant à lui détermine des pièges de tension superficielle, le danger des phénomènes d'endosmose et le manque possible d'air. Un sol très compact s'oppose aux migrations verticales d'animaux sensibles aux variations de température et d'humidité et en interdit ainsi l'existence. Les variations de température déterminent aussi le déplacement de la faune du sol.

Globalement, les sols couverts abritent davantage de macro-invertébrés que les sols nus. Toutefois, dans la zone de Maroua, leur présence n'est pas significativement influencée par les modes de gestion des sols. Ce qui proviendrait probablement d'un plus faible niveau de maîtrise technique des SCV dans l'unique terroir ayant fait l'objet des observations dans cette zone. On observe néanmoins une augmentation graduelle des effectifs de macroinvertébrés au fil de la campagne. En effet, le paillage des parcelles SCV n'y a été effectif qu'après 30 jas, traduisant ainsi la grande difficulté éprouvée dans la gestion de la biomasse constituant cette couverture. A cette date, la collecte de cette zone représentait 33% des effectifs totaux et a atteint 50% au troisième prélèvement (90 jas). A Garoua par contre, les parcelles SCV présentent significativement plus d'individus que celles en SL et SD. Ce qui attestent de l'influence positive du paillage et du non-labour sur l'abondance de cette catégorie de la faune du sol.

Les parcelles couvertes abritent en général plus de groupes taxonomiques que leurs homologues non couvertes. L'indice de Shannon-Weaver (H') évalué au niveau de l'ordre, de la famille et de l'espèce, est légèrement plus élevé en SCV (non significatif à $p < 0.005$). Ceci traduit une plus grande diversité des groupes de macro-invertébrés sur ces parcelles. Les résultats ainsi obtenus concordent avec ceux produits par des travaux similaires effectués sous des conditions agro-climatiques variées. Ainsi, les travaux de ROBERTSON *et al.* (1994) ont établi une influence positive de ces pratiques culturales sur l'abondance et la diversité de la

macrofaune du sol au terme de cinq années d'observations. Leur étude était basée à Capella en Australie, milieu semi-aride, et comparait trois modes de gestion des sols respectivement basés sur le labour, le labour minimum et le non-labour. BROWN *et al.* (2002) ont rapporté des résultats semblables après treize années de pratiques SCV en culture de soja au Brésil. Dans les conditions du Nord Cameroun et en sites de référence, BIKAY (2005) a étudié les effets de ces pratiques culturales sur le comportement de la macrofaune en culture cotonnière. Globalement, ses travaux ont conclut aux mêmes résultats que ceux des auteurs précédents après trois années d'application des traitements SCV. La méthode des monolithes avait permis de recenser deux fois plus de groupes taxonomiques sur parcelles couvertes que sur celles non couvertes. L'indice de Shannon-Weaver et l'équitabilité étaient sensiblement plus élevés sur ces mêmes parcelles.

L'influence positive des SCV sur l'abondance et la diversité de la macrofaune du sol peut s'expliquer par l'amélioration des conditions édaphiques requises pour un développement normal de la macrofaune. Le maintien d'une couverture permanente à la surface du sol assurerait plus d'habitat aux animaux qui s'y abritent. La nourriture serait également rendue disponible par relèvement de la teneur du sol en matière organique, base de la chaîne trophique des communautés vivantes du système (HENDRIX *et al.*, 1990). Le paillage pourrait aussi concourir à la réduction des températures et le maintien de l'humidité dans les couches superficielles du sol. Ce qui rendrait les conditions semblables à celles qui prévalent dans les écosystèmes naturels (ROBERTSON *et al.*, 1994). La pratique régulière du travail du sol pourrait aussi augmenter, pour les animaux du sol, les risques d'exposition aux conditions défavorables telles que la dessiccation et la destruction mécanique (HOUSE et ALZUGARAY, 1989).

FONCTIONS TROPHIQUES DES MACRO-INVERTEBRES

La classification des macro-invertébrés sur la base de leurs régimes alimentaires laisse apparaître une influence des modes de gestion des sols sur la répartition des différents groupes trophiques dans la zone de Garoua (fig. 3). On note, en effet une activité plus importante de ces groupes (phytophages et prédateurs surtout) en SCV; probablement grâce aux meilleures conditions environnementales qui prévalent sous ces systèmes. Ces conditions pourraient être dues à l'absence de l'action mécanique du labour et à la couverture permanente du sol. Cette couverture assure plus d'habitats aux éléments de la pédofaune qui s'y retrouvent pour s'abriter, se nourrir ou se reproduire. Les SCV se prêteraient ainsi les mieux à l'activité, la permanence et l'abondance des groupes trophiques de la macrofaune du sol (KROOSS et

SCHAEFER, 1998). Dans la zone de Maroua, on ne note aucune influence significative des modes de gestion des sols sur la répartition des groupes trophiques, probablement à cause du niveau de maîtrise technique des SCV plus faible dans le terroir considéré.

La présence plus importante des détritivores sur sols couverts serait liée à la disponibilité de la matière organique au double point de vue quantitatif et qualitatif. En effet, ces organismes, en s'abritant sous la couverture, s'en servent comme source d'énergie en association avec la microflore. Ils jouent donc un rôle dans la minéralisation de la biomasse de couverture (ROBERTSON *et al.*, 1994). Ce groupe est surtout dominé, en SCV, par les vers de terre suivis des fourmis. En SD et SL, les détritivores sont moins représentés et largement dominés par les fourmis. L'action mécanique du travail du sol appliqué sur ces parcelles aurait détruit une importante fraction des détritivores, à l'exemple des vers de terre. En outre, la survie et la reproduction de ces invertébrés auraient été limitées par les conditions environnementales qui prévalent sur les sols non couverts. La présence plus élevée des fourmis en SL et SD par rapport aux SCV pourrait être un inconvénient de la méthode d'échantillonnage adoptée. La méthode des monolithes, bien que réputée efficace pour sa rapidité, sa simplicité et la robustesse de ses résultats, présente quelques inconvénients. En effet, le risque de perte des individus de très petite taille et très rapides, la grande pénibilité du travail et la sous-estimation des insectes sociaux ne sont pas négligeables (LAVELLE et FRAGOSO, 2000 cités par BROWN *et al.*, 2002).

Les phytophages sont au deuxième rang des groupes trophiques par leur effectif total. A Garoua, ils sont les plus nombreux et les SCV en regorgent davantage. Ce qui traduit aussi l'influence positive du paillage et du non-labour sur ce groupe d'invertébrés. Toutefois, ils sont essentiellement composés d'iules (en moyenne 55% des phytophages à chaque prélèvement) qui en réalité sont des phytophages occasionnels. Ceux-ci sont en majorité saprophages et ne s'attaquent aux plantes (notamment les jeunes plants de cotonnier) que lorsque leur nourriture n'est pas disponible (DEPRINCE, 2003). La biomasse de couverture leur servirait, ainsi, d'abri et de source d'énergie, au même titre que les détritivores. Les iules joueraient donc, dans le sol, un rôle similaire à celui des transformateurs de litière. Par leurs activités de fouissage, ils contribuent à l'amélioration des propriétés organo-minérales et hydrodynamiques des sols (BACHELIER, 1978). Les larves de coléoptères sont aussi rencontrées en proportion importante et sont classées parmi les phytophages bien qu'ayant des régimes variables avec les espèces. Ainsi, dans la famille des Scarabaeidae, les espèces telles que *Phyllophaga cuyabama* et *Phyllophaga triticophaga* ont des larves nuisibles au soja et au blé respectivement. Chez d'autres telle que *Diloboderus abderus*, les larves sont

fondamentalement détritivores et ne deviennent nuisibles qu'en l'absence de litière à la surface du sol (BROWN *et al.*, 2002). Les autres nuisibles représentés par exemple par les nitidulides, les élatérides, et les nématodes ont été très faiblement recensés. L'importance des phytophages sur les parcelles couvertes ne traduit donc pas à coup sûr leur potentiel à produire plus de ravageurs des cultures que les systèmes conventionnels.

Le paillage semble aussi exercer la même influence sur les populations de prédateurs. Ces derniers sont, en effet, mieux représentés sur sols couverts (Fig. 3). En s'abritant sous la litière, ces organismes trouveraient assez de proies et auraient la possibilité de se multiplier. Araignées, géophilides et carabes, en se nourrissant d'autres organismes vivants, peuvent être des agents efficaces dans la lutte biologique contre les ravageurs des cultures. Tel est le cas des carabes qui s'attaquent parfois aux escargots et limaces, ravageurs redoutables des cultures (DALY *et al.*, 1998). Les araignées quant à elles sont des prédateurs des lépidoptères et sont importants dans la protection intégrée du cotonnier.

BIO-INDICATEURS

Selon DOUBE et SCHMIDT (1997) un bio-indicateur de la fertilité du sol ne doit être considéré comme tel que s'il est largement distribué dans l'espace et dans le temps, facilement reconnaissable et échantillonnable. Il doit, en outre, fournir des réponses mesurables à une échelle de temps aux variations de la qualité du sol et entretenir une relation fonctionnelle avec cette dernière.

Bien que largement distribués dans l'espace et dans le temps, les iules, les fourmis, les vers de terre et les larves de coléoptères répondent différemment à ces critères de sélection. En effet, les iules et certaines larves de coléoptères sont classées au nombre des ennemis du cotonnier. Les méthodes de lutte employées dans la protection des cultures peuvent affecter sensiblement les populations de ces organismes. Mc Gavin *et al.* (2000) considèrent de surcroît que les larves de coléoptères sont parfois difficiles à reconnaître. Les fourmis, elles, sont des insectes sociaux. LAVELLE et FRAGOSO (2000) cités par BROWN *et al.* (2002) relèvent que les risques de sous-estimation de ces invertébrés par la méthode des monolithes sont immenses. Ces organismes ne peuvent donc pas être des indicateurs viables de la santé du sol (DOUBE et SCHMIDT, 1997). Ce qui s'expliquerait davantage par la variabilité des types de relation qui existent entre ces organismes et les paramètres de rendement du cotonnier.

Dans le cas des vers de terre, le rendement du cotonnier n'est pas toujours lié à leur présence sur les parcelles gérées conventionnellement. Sous ces modes de gestion des sols, les

relations entre l'abondance de ces organismes et le rendement du cotonnier (nombre de capsules par plant ou par m², hauteur des plants) sont variables Ceci est probablement dû à la diversité des pratiques culturales tels que le labour et les amendements minéraux adoptés sous ces systèmes. Dans ces conditions, DOUBE et SCHMIDT. (1997) soutiennent que la croissance des plantes peut être stimulée indépendamment de la vie biologique du sol.

En SCV cependant, on note une corrélation positive entre l'abondance des vers de terre et les différents paramètres d'estimation du rendement. Les vers de terre semblent, ainsi, mieux indiquer la fertilité des sols dans le contexte de l'étude. En effet, ce groupe est rencontré sur toutes les parcelles au fil des prélèvements. En outre, BOUCHE (1977) et LEE (1985) considèrent que la meilleure méthode d'échantillonnage des vers de terre est l'opération manuelle de tri telle qu'adoptée dans l'étude. La taille et la taxonomie relativement simple de ces macroinvertébrés facilitent les observations, les manipulations et l'identification. DOUBE et SCHMIDT (1997) reconnaissent également aux vers de terre la capacité de répondre aux variations des conditions édaphiques. Ils rapportent ainsi, que le nombre de lombrics a été réduit de 50 à 70% après deux années de labour sur un pâturage; probablement suite à l'amenuisement des réserves nutritives. HUGHES *et al.* (1994) ont, pour leur part, enregistré un accroissement sensible du nombre de ces organismes 8 semaines après un apport d'amendements organiques au sol. L'accroissement était deux à dix fois supérieur au nombre initial. Ces observations traduisent l'aptitude des vers de terre à réagir aux pratiques culturales à une échelle de temps appropriée. Les vers de terre réagissent aussi remarquablement aux variations du pH et du type de sol. De même, la prédation influence largement leur présence dans un milieu (JEFFERSON, 1956; LEE, 1985).

La relation positive qui existe entre les vers de terre et la productivité des sols serait une conséquence de leurs activités dans ce milieu. Ces organismes ont été qualifiés par LAVELLE *et al.* (1991) "d'ingénieurs du sol" et par BACHELIER (1978), de "rois du sol". En ingérant quantité de matières organiques et minérales, ils forment un réseau important de galeries plus ou moins profondes dans le sol. Ils participent ainsi indirectement à l'incorporation de la matière organique et à l'amélioration de la porosité, de l'aération, du régime hydrique et de la stabilité structurale (AINA, 1984; LAVELLE, 1997). Le système de digestion performant de ces animaux leur permet, aussi de jouer un rôle dans la dégradation de la matière organique et la libération conséquente des éléments nutritifs dans le sol (DEPRINCE, 2003). De VLEESCHAUWER et LAL (1981) ont ainsi observé que les crottes de vers de terre renferment plus de carbone organique, d'azote, de phosphore assimilable et de cations échangeables que le matériau parental. La présence remarquable de ces organismes

dans le sol aurait une influence positive sur son statut nutritionnel et partant, sur son potentiel de production.

RAVAGEURS AERIENS DU COTONNIER

En début comme en fin de campagne, on n'observe aucune différence significative entre les traitements en terme d'infestations de pucerons. Ainsi, les observations ne permettent pas d'attester d'une plus fortes incidence d'attaques de pucerons sur les parcelles paillées, plus humides en fin de campagne et donc, présentant une verdure persistante.

Dans la zone de Garoua, on ne note aucune différence significative entre les modes de gestion des sols en terme de dégâts des chenilles de la capsule. La forte présence des prédateurs sur sols couverts n'aurait donc aucune influence sur l'incidence des attaques imputées à ces ravageurs. Les parcelles en systèmes traditionnels présentent cependant une efficacité meilleure en terme d'organes sauvés, comparativement aux SCV. L'importance de l'effet bloc observée ici traduit la variabilité entre les blocs de cette zone. A Maroua par contre, l'efficacité ne varie pas significativement avec les modes de gestion des sols bien que les parcelles couvertes présentent davantage de boutons floraux attaqués. Ainsi, les dégâts des chenilles semblent globalement plus importants en SCV qu'en systèmes traditionnels. Ces résultats se rapprochent de ceux enregistrés par GAYLOR et FOSTER (1987) en Alabama, aux Etats Unis d'Amérique. Au terme de leurs travaux, les sols couverts s'étaient révélées plus propices au développement de ces ravageurs par rapport aux systèmes basés sur le labour. Ce qui traduisait, à leur sens, l'importance traditionnelle du labour dans le contrôle de ces ravageurs du cotonnier. En effet, de fortes pluies limiteraient le développement des pupes d'*Helicoverpa armigera* sur sols labourés. Toutefois, selon ces auteurs, certaines pratiques associées aux SCV telles que le semis tardif, les rotations culturales et les associations de cultures, semblent jouer un rôle important dans le contrôle de ces mêmes nuisibles.

CONCLUSION

Au vu des résultats obtenus en milieu réel (milieu paysan), le semis direct sous couverture végétale permanente semble induire une amélioration de la biodiversité de la macrofaune du sol par rapport aux systèmes conventionnels basés sur le labour. Ces résultats se rapprochent de ceux décrits par BIKAY (2005) en milieu semi-contrôlé dans la même zone. Ils traduisent ainsi l'influence positive du paillage et de l'absence du travail du sol sur l'abondance et la diversité des communautés vivantes du sol. Les SCV fourniraient des conditions édaphiques propices au développement des macroinvertébrés en leur assurant plus d'habitats et de nourriture. Les principaux groupes trophiques sont également mieux représentés sur les parcelles couvertes. Le paillage stimulerait donc l'abondance des détritivores qui s'en nourrissent et contribuent à la dégradation de la matière organique dans le sol. L'importance des phytophages sur sol couvert ne traduit pas le potentiel des SCV à développer plus de ravageurs de culture. Leur effectif est dominé par les iules jouant parfois des rôles similaires à ceux des détritivores. Les prédateurs sont aussi rencontrés en proportion plus importante sur sols couverts. En agissant au sommet de la chaîne trophique du sol et en se nourrissant d'autres organismes vivants, ils pourraient exercer un contrôle biologique efficace contre certains ravageurs édaphiques ou aériens. Tous ces processus mettent en évidence l'impact biologique favorable généré par les SCV, dans le contexte de l'étude, par rapport aux systèmes traditionnels de gestion des sols. Par ailleurs, le rendement du cotonnier sur sols couverts est lié à l'abondance des vers de terre. Ces organismes semblent ainsi mieux indiquer la fertilité des sols dans le contexte agroclimatique de la zone cotonnière camerounaise. D'autre part, les observations n'ont établi aucune influence significative des modes de gestion des sols sur les infestations de pucerons. Enfin, le niveau de dégâts des chenilles de la capsule globalement plus important en SCV n'indique pas la tendance absolue de ces systèmes à favoriser le développement de ces ravageurs du cotonnier.

Toutefois, les résultats ainsi obtenus sur des parcelles paysannes, caractérisés parfois par des conditions de faible maîtrise technique, devront être confirmés au terme de la période de transition que traverse l'adoption des SCV dans le Nord Cameroun. Des travaux similaires pourront être menés, surtout dans la zone de Maroua, avec une attention particulière aux parcelles les plus âgées et bénéficiant d'un suivi acceptable et régulier. Ce qui permettra de mieux comprendre la relation existante entre la productivité des sols et les éléments de la pédofaune d'une part, et entre le paillage et l'incidence des ravageurs aériens du cotonnier d'autre part.

BIBLIOGRAPHIE

- AINA, P.O., 1984.** Contribution of earthworms to porosity and water infiltration in a tropical soil under forest and long-term cultivation. *Pedobiologia*, 26: 131-136.
- ANDERSON J.M. and INGRAM J., 1993.** Tropical soil biology and fertility (T.S.B.F.): a handbook of methods. 2nd edition. CAB, Oxford. 221p.
- ASFOM, P., ASSANA, M. et GAUDARD, L., 2001.** Rapport semestriel: campagne 2001/2002. DPA SODECOTON, Garoua.
- BACHELIER, G., 1978.** La faune des sols, son écologie et son action. ORSTOM, Paris. 658p.
- BAROIS, I., VERDIER, B., KAISER, P., MARIOTTI, A., RANGEL, P. and LAVELLE, P., 1987.** Influence of the tropical earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae) on the fixation and mineralization of Nitrogen. In: Bonvicini Pagliai A.M. Omodeo P, eds. On earthworms selected symposia and monographs. Modena, Italy, P 151-158.
- BARRUIO, E., CALVET, R. et CURE, B., 1994.** Incidence de la simplification du travail du sol sur le comportement des produits phytosanitaires: conséquences sur les risques de pollution. in: *Simplification du travail du sol*, Paris, 16 mai 1991. Ed. INRA, Paris, les colloques n° 65. pp 105-124
- BASSI, L., 2000.** Impactos sociais, econômicos e ambientais na microbacia hidrográfica do Lajeado São José, Chapecó, SC. Estudio de caso. EPAGRI, Florianópolis. 50 p.
- BAYER, C., 1996.** Dinâmica da materia orgânica em sistemas de manejo de solos. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal do Rio Grande do sul. Porte Alegre. 214 p.
- BENITES, J., DUDAL, R. and KOOHAFKAN, P., 1999.** Land, the platform for local food security and global environmental protection. In: FAO, *Prevention of land degradation, enhancement of carbon sequestration and conservation of biodiversity through land use change and sustainable land management with a focus on Latin*

America and the Caribbean. Proceeding of the IFAD/FAO Expert Consultation. Rome
15 April 1999. pp. 37-42.

BIKAY, B. B. S., 2005. Inventaire de la macrofaune en culture cotonnière sous trois modes de gestion des sols: cas de Windé Pintchoumba (Nord) et de Zouana (Extrême-Nord). Mémoire d'ingénieur agronome. FASA, Université de Dschang. 69p.

BLANCHART, E., BRUAND, A. and LAVELLE, P., 1993. The physical structure of casts of *Millsonia anomala* (Oligochaeta : Magascolecidae) in shrub savana soils (Côte d'Ivoire). *Geoderma*, 56: 119-132.

BOLI BABOULE, Z., BEP AZIEM, A. et ROOSE, E., 1991. Enquête sur l'érosion en région cotonnière du Nord Cameroun. *Bulletin Réseau Erosion*, 11:127-138.

BOUCHE, M.B., 1977. Stratégies lombriciennes. In: Lohm, U. and Persson, T. (edts) *soil organisms as components of ecosystems ecological Bulletin* (Stockholm), 25: 122-132.

BRABANT, P. et GAVAUD, M., 1985. Les sols et les ressources en terres du Nord Cameroun. Cartes et notice explicatives N° 103, MESRES, IRA: Yaoundé, ORSTOM : Paris. 285pp + 6 cartes hors texte.

BROWN G., PASSINI A., BENITO N.P., De AQUINO and CORREIRA M., 2002. Diversity and functional role of soil macrofauna communities in brasilian no-tillage agroecosystems: a preliminary analysis. Paper based on an oral presentation at the international symposium on managing biodiversity in agricultural ecosystems ". Montréal, Canada 8-10 November 2001. 8p.

CHINERY, M., 1986. Insectes de France et d'Europe occidentale. Arthaud, Paris, 1988. 319P.

CLAVIER, P., 1998. Les adventices et leur contrôle dans les systèmes de culture de maïs pluvial en semis direct avec paillis de résidus. Etat de Jalisco, Mexique. Mémoire CNEARC (ESAT 2), Montpellier. 55p.

DALE, V.H. and BEYELER, S.C., 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1: 3-10.

- De VLEESCHAUWER, D. and LAL, R., 1981.** Properties of worm casts in some tropical soils. *Soil Science*, III: 259-271.
- DELVARE, G. et ABERLENC, H.P., 1999.** Insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale: clés pour la reconnaissance des familles. GERDAT-CIRAD, Montpellier.
- DEPRINCE, A., 2003.** La faune du sol: diversité, méthodes d'étude, fonctions et perspectives. *Le courrier de l'environnement n° 49, juin 2003*.
- DERPSCH, R., 1997.** Importancia de la siembra directa para obtener la sostenibilidad de la producción agrícola. V congreso nacional de siembra directa de AAPRESID, Mar Del Plata, Argentina.
- DERPSCH, R., 2003.** Situation of conservation agriculture in the world. In: *II World congress on conservation agriculture: extend summary*, vol. 1
- DIEHL, R., 1975.** Agriculture générale. 2^e édition. J.-B. Baillière, 19, rue Hautefeuille, Paris 6^e. p129.
- DOUBE, B.M. and SCHMIDT, O., 1997.** Can the abundance or activity of soil macrofauna be used to indicate the biological health of soils?. In: CAB International, *Biological Indicators of soil health*. C.E. Pankhurst, B.M. Doube and V.V.S.R. Gupta (edts). pp 265-295.
- EGGLETON, P., FOLGARAIT, P., TONDOH, J., GEOFFROY, J.J., DELEPORTE, S. and FEIJOO, A., 2000.** Taxonomy. in: *The IBOY-MACROFAUNA Project: Report of an international workshop held at Bondy (France), 19-23 June 2000*. IRD Bondy .
- FAO., 2001.** Conservation Agriculture. Case studies in Latin America and Africa. *FAO Soils Bulletin N° 78*. FAO, Rome.
- GAUDARD et ASFOM. 2004.** Note semestrielle d'information: CAMPAGNE 2003-2004. DPA, SODECOTON, Garoua. 76p
- GAYLOR, M.J., FLEISCHER, S.J. MUEHLEISEN, D.P. and EDELSON, J.V., 1983.** Insect population of cotton produced under conservation tillage. *Journal of soil water conservation*, 39: 61-64

- GAYLOR, M.J. and FOSTER, M.A., 1987.** Cotton pest management in the southern United States as influenced by conservation tillage practices. *Journal of soil water conservation*, 75: 29-34.
- GOBAT, J.M., ARAGNO, M. and MATHEY, W., 1998.** Le sol vivant: bases de pédologie et biologie des sols. Coll. Gérer l'environnement. Presses polytechniques et universitaires romandes. Lausanne.523p
- HENDRIX, P.F., CROSSLEY, J.D.A., BLAIR, J.M. and COLEMAN, D.C., 1990.** Soil biota as components of sustainable agroecosystems. In: *sustainable agricultural systems*, C.A. Edwards, R. Lal, P. Madden, R.H. Miller and G. House (Eds). SWCS, Ankeny, USA. PP.637-654.
- HILTY, J., and MERENLENDER, A., 1999.** Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. *Biological conservation*, 92: 185-197.
- HOUSE, G.J. and ALZUGARAY, M.D.R., 1989.** Influence of cover cropping and No-tillage practices on community composition of soil arthropods in a North Carolina Agroecosystem. *Environ. Entomol.*, 18(2): 302-307.
- HUGHES, M.S., BULL, C.M. and DOUBE, B.M., 1994.** The use of resource patches by earthworms. *Biology and Fertility of soils*, 18: 241-344
- JEFFERSON, P., 1956.** Studies on the earthworms of turf. B.earthworms and soil. *Journal of the Sport Turf Research Institute*, 10: 276-289.
- KROOSS, and SCHAEFER S., 1998.** The effect of different farming systems on epigeic arthropods: a 5-year study on the rove beetle fauna (Coleoptera: Staphylinidae) of winter wheat . *Agric. Ecosyst. Environ.*, 69 : 121-133.
- LAL, R., 1988.** Effects of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. *Agriculture, ecosystems and environment*, 24: 101-106.
- LANDERS, J.N., BARROS, G.S.C., ROCHA, M.T., MANFRINATO, W.A. and WEISS, J., 2001.** Environmental impacts of zero tillage in Brasil- a first approximation. In: *Conservation agriculture: a worldwide challenge*, I. Garcia-Torres, J. Benitez and A.

Martinez-Villela (Eds). ECAF-Madrid and FAO-Rome. Pp. 317-326.

LAVELLE, P., 1997. Faunal activity and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol. Res.*, 27: 93-132.

LAVELLE, P., BLANCHART, E., MARTIN, A., SPAIN, A.V. and MARTIN, S., 1992. Impacts of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. In: *Myths and science of soils of the tropics*. R. Lal and P. Sanchez (Eds.). SSSA Special publication N° 29, Madison, USA. pp. 157-185.

LAVELLE, P., MARTIN, A., BLANCHART, E., GILOT, C., MELENDEZ, G. et PASHANASI, B., 1991. Conservation de la fertilité des sols de savane par la gestion de l'activité de la macrofaune du sol. *Savanes d'Afrique, terres fertiles ?*, 371-400.

LEE, K.E., 1985. Earthworms: Their Ecology, and Relationships with Soils and Land Use. Academic Press, Sydney. 441pp.

LOBRY, L.A., 1997. the status of soil macrofauna as indicators of soil health to monitor the sustainability of Australian agricultural soils. *Ecological Economics*, 23: 167-178.

MARASAS, M.E., SARANDÓN, S.J. and CICCHINO, A.C., 2001. Changes in soil arthropod functional group in wheat crop under conventional and no tillage systems in Argentina. *Applied Soil Ecology*, 18: 61-68.

MATTSON, W.J., 1977. The roles of arthropods in forest ecosystems. Springer Verlag, Newyork. 249p.

Mc GAVIN, G., 2000. Insectes, Araignées et autres arthropodes terrestres. Bordas, Paris. 238p.

NAUDIN, K., HUSSON, O., ROLLIN, D., GUIBERT, H., CHARPENTIER, H., ABOU, A.A., NJOYA, A., OLINA, J.P. and SEGUY, L., 2003. No tillage for smallholder farmers in semi-arid areas (Camaroun and Madagascar). In: *CIRAD, ECAF, FAO, II congresso Mundial Sobre Agricultura conservacionista*. Ponta Grossa, Brésil, FEBRAPDP, Congresso Mundial Sobre Agricultura Conservacionista. 2, 2003/08/11-15, Foz de Iguaçu, Brésil. pp 21-25

- NYE, P.H., 1955.** Some soil-forming processes in the humid tropics. IV. The action of soil fauna. *Journal of soil science.*, 6: 73-83.
- OLIVRY, 1996.** Hydrologie du lac Tchad. Paris, ORSTOM. Coll. Monographie hydrologique n°12, 266p.
- PARRY, G., 1982.** Le cotonnier et ses produits. Coll Techniques agricoles et productions tropicales, Coste R. (Ed.), GP Maisonneuve LAROSE, Paris. 320p.
- REICOSKY, D.C., KEMPER, W.D., LANGDALE, G.W., DOUGLAS, C.L.Jr. and RASMUSSEN, P.E., 1995.** Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. *Journal of soil and water conservation*, 50(3): 253-261.
- RENOU, A., DEGUINE, J.P., 1992.** Ravageurs et protection de la culture cotonnière au Cameroun. 52 pp
- ROBERTSON, L.N., KETTLE, B.A. and SIMPSON, G.B., 1994.** The influence of tillage practices on soil macrofauna in semi-arid agroecosystem in northeastern Australia. *Agric. Ecosyst. Environ.* 48: 149-156.
- ROOSE, E., 1994.** Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). *Bulletin pédologique de la FAO n° 70: pp 14-17.*
- SCOPEL, E., TRIOMPHE, B., RIBEIRO, M.F.S. and SEGUY, L., 2004.** Direct seeding mulch-based cropping systems (DMC) in Latin America. Article CIRAD-CA, DF, Brasil. 11 pp.
- SEGUY, L. et BOUZINAC, S., 2001.** Systèmes de culture et dynamique de la matière organique. CIRAD, Montpellier. 427 pp.
- SHARPLEY, A.N. and SYERS, J.K., 1993.** Potential role of earthworm casts for the phosphorous enrichment of run-off water. *Soil Biol. Biochem.* 8:3 41-346
- SOLTNER, R., 2000.** Les bases de la production végétale: tome1 le sol et son amélioration. Coll. Sciences et techniques agricoles. Sainte-Gemmes-sur-Loire, USA. 204 pp.
- SWIFT, M.J., HEAL, W. and ANDERSON, J.M., 1979.** Decomposition in terrestrial

ecosystems. University of California press. Berkeley, USA.

THEZE, M., NGAMIE, I., ASSANA, M., BELLO, N. et ABOU, A.A., 2005. Rapport semestriel : professionnalisation et gestion des sols. DPA SODECOTON, Garoua.

VAN RANST, E., MAHOP, F., DEBAVEYE, J. et PAUWELS, Z.M., 1989a. Caractéristiques morphologiques et physico-chimiques des sols représentatifs de la province de l'Extrême-Nord. CUD, Dept SC. sol. Rapport technique N° 1. 67pp.

VAN RANST, E., MAHOP, F., DEBAVEYE, J. et PAUWELS, Z.M., 1989b. Caractéristiques morphologiques et physico-chimiques des sols représentatifs de la province du Nord. CUD, Dept SC. sol. Rapport technique N° 2. 67pp.

VIAUX, P., et RAMEIL, V., 2004. Impact des pratiques culturales sur les populations d'arthropodes des sols en grandes cultures : déterminer des espèces bio-indicatrices. pp 8-13 in : *Phytophoma : défense des végétaux*, avril 2004. Ruralia, France.

WALLWORK, J.A., 1970. Ecology of soil animals. Mc Graw-Hill, London, UK.

WATSON, J.P., 1976. The composition of mounds of the termites *Macrotermes falciger* on soil derived from granite on three rainfall zones of Rhodesia. *J. Soil Science*, 27: 395-503.

ANNEXES

Annexe 1: Effectifs cumulés des macroinvertébrés suivant les zones d'étude.

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Nom commun	Nombre	Effectif cumulé			
						d'espèces			
						Maroua	Garoua	Total	
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Divers Coleoptera	larves coléoptères	38	100	136	236	
			Nitidulidae	nitidulides	4	17	35	52	
			Elateridae	élatérides	15	20	27	47	
			Tenebrionidae	ténébrionides	7	22	24	46	
			Scarabaeidae	scarabées	16	27	18	45	
			Carabidae	carabes	15	11	20	31	
			Anthicidae	anthicides	8	11	17	28	
			Staphylinidae	Staphylins	5	5	6	11	
			Cucurlionidae	charançons	2	3	6	9	
			Chrysomelidae	chrysomèles	4	2	3	5	
		Hymenoptera	Formicidae	fourmis	25	215	217	432	
			Bethylidae	béthylides	3	0	4	4	
		Diptera	Divers Diptera	larves diptères	12	12	10	22	
				diptères	5	4	12	16	
		Isoptera	Termitidae	termites	6	17	13	30	
		Embioptera	Clothodidae	embioptères	5	7	19	26	
		Neuroptera	Myrmeleontidae	larves fourmillion	1	15	5	20	
		Hemiptera	Divers Hemiptera	punaises	10	3	8	11	
		Orthoptera	Grillidae	grillons	1	2	3	5	
			Acrididae	acridiens	2	1	3	4	
		Diplopoda	Julida	Julidae	iules	1	87	404	491
			Polydesma	Polydesmidae	polydesmides	2	7	29	36
		Arachnida	Araneae	Divers araneae	araignées	33	25	26	51
	Acari	Divers acari	acariens	5	7	10	17		
	Solifugae	Divers solifuge	solifuges	5	0	7	7		
Chilopoda	Geophila	Geophilidae	géophilides	1	1	45	46		
	Scolopendrida	Scolopendridae	scolopendres	1	2	3	5		
	Crustacea	Isopoda	Porcellionidae	cloportes	1	2	2	4	
Annelida	Oligocheta	Haplotaxida	Lumbricidae	vers de terre	1	100	192	292	
Nematoda	Divers Nematoda	Divers Nematoda	Divers Nematoda	nématodes	1	6	25	31	
Total					235	731	1329	2060	

Annexe 2: Effectifs cumulés des macroinvertébrés suivant les modes de gestion des sols: zone de Garoua.

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Nom commun	Nombre d'espèces	Mode de gestion du sol			
						SCV	SD	SL	
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Divers Coleoptera	larves coléoptères	18	31	31	38	
			Scarabaeidae	scarabées	8	8	7	12	
			Tenebrionidae	ténébrionides	3	4	10	8	
			Elateridae	élatérides	8	6	7	7	
			Nitidulidae	nitidulides	2	5	6	6	
			Carabidae	carabes	5	6	3	2	
			Anthicidae	anthicides	4	7	2	2	
			Staphylinidae	Staphylins	2	1	2	2	
			Cucurlionidae	charançons	2	1	2	0	
			Chrysomelidae	chrysomèles	1	0	2	0	
		Hymenoptera	Formicidae	fourmis	14	64	69	82	
		Isoptera	Termitidae	termites	5	6	6	5	
		Diptera	Divers Diptera	larves diptères	6	9	0	3	
				diptères	3	1	1	2	
		Neuroptera	Myrmeleontidae	larves fourmillions	1	7	5	3	
		Embioptera	Clothodidae	embiopètes	3	3	4	0	
		Orthoptera	Grillidae	grillons	1	0	1	1	
				Acrididae	acridiens	1	1	0	0
		Hemiptera	Divers Hemiptera	punaises	2	3	0	0	
		Diplopoda	Julida	Julidae	iules	1	33	29	25
			Polydesma	Polydesmidae	polydesmides	2	3	3	1
		Arachnida	Araneae	Divers araneae	araignées	16	6	8	11
			Acari	Divers acari	acariens	2	5	2	0
Chilopoda	Scolopendrida	Scolopendridae	scolopendres	1	2	0	0		
	Geophila	Geophilidae	géophilides	1	0	1	0		
Crustacea	Isopoda	Porcellionidae	cloportes	1	0	2	0		
Annelida	Oligocheta	Haplotaxida	Lumbricidae	vers de terre	1	55	23	22	
Nematoda	Divers Nematoda	Divers Nematoda	Divers Nematoda	nématodes	1	1	1	4	
Total					115	268	227	236	

Annexe 3: Effectifs cumulés des macroinvertébrés suivant les modes de gestion des sols: zone de Maroua.

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Nom commun	Nombre d'espèces	Mode de gestion du sol		
						SCV	SD	SL
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Divers Coleoptera	larves coléoptères	30	63	38	35
			Nitidulidae	nitidulides	4	15	15	5
			Elateridae	élatérides	12	11	6	10
			Tenebrionidae	ténébrionides	8	8	5	11
			Carabidae	carabes	10	11	3	6
			Scarabaeidae	scarabées	11	7	6	5
			Anthicidae	anthicides	6	5	9	3
			Cucurlionidae	charançons	1	2	0	4
			Staphylinidae	Staphylins	4	4	1	1
			Chrysomelidae	chrysomèles	2	3	0	0
		Hymenoptera	Formicidae	fourmis	19	56	62	99
			Bethylidae	béthylides	2	2	1	1
		Diptera	Divers Diptera	diptères	4	9	1	2
				larves diptères	5	4	3	3
		Embioptera	Clothodidae	embioptères	4	8	10	1
		Isoptera	Termitidae	termites	4	9	2	2
		Hemiptera	Divers Hemiptera	punaises	6	4	1	3
		Orthoptera	Grillidae	grillons	1	3	0	0
			Acrididae	acridiens	1	2	1	0
		Neuroptera	Myrmeleontidae	larves fourmillion	1	0	1	4
Diplopoda	Julida	Julidae	iules	1	178	86	140	
	Polydesma	Polydesmidae	polydesmides	2	13	3	13	
Chilopoda	Geophila	Geophilidae	géophilides	1	31	1	13	
	Scolopendrida	Scolopendridae	scolopendres	1	1	1	1	
Arachnida	Araneae	Divers araneae	araignées	16	6	10	10	
	Acari	Divers acari	acariens	5	4	1	5	
	Solifugae	Divers solifuge	solifuges	5	4	2	1	
	Crustacea	Isopoda	Porcellionidae	cloportes	1	0	0	2
Annelida	Oligocheta	Haplotaxida	Lumbricidae	vers de terre	1	93	43	56
Nematoda	Divers Nematoda	Divers Nematoda	Divers Nematoda	nématodes	1	5	8	12
Total					169	561	320	448

Annexe 4: Etat sanitaire des organes fructifères abscissés par bloc.

zone de Garoua

N° Bloc	Gestion sol	Cumul Boutons sains	Cumul Bouton percés	Cumul Capsule saines	Cumul Capsules percées
1057	SCV	347	286	608	157
	SD	290	226	533	181
	SL	290	226	533	181
1067	SCV	201	58	316	92
	SD	221	91	807	111
	SL	521	120	1116	147
1069	SCV	139	85	318	132
	SD	331	137	531	154
	SL	321	133	450	135
8209	SCV	17	53	184	47
	SD	32	96	312	38
	SL	38	140	310	92
8216	SCV	57	89	341	57
	SD	30	139	395	52
	SL	48	114	322	44
9b01	SCV	359	46	58	33
	SD	693	78	189	35
	SL	672	52	165	19

zone de Maroua

N° Bloc	Gestion sol	Cumul Boutons sains	Cumul Bouton percés	Cumul Capsule saines	Cumul Capsules percées
2005	SCV	138	149	101	92
	SD	204	156	129	99
	SL	71	60	82	58
2701	SCV	46	68	255	37
	SD	95	36	605	33
	SL	182	52	1243	66
2721	SCV	50	50	60	29
	SD	36	83	96	71
	SL	123	55	93	106
2727	SCV	121	65	56	73
	SD	101	166	101	88
	SL	153	193	68	134
2731	SCV	68	38	341	31
	SD	92	42	673	52
	SL	69	34	725	32
2735	SCV	81	29	603	30
	SD	131	42	1166	53
	SL	123	70	1136	47

Annexe 5: Effectif moyen des pucerons par feuille et par période d'observation

Zone de Garoua

Jour après semis	SCV	SD	SL
40	0	0	0
47	0	0	0
54	0	1	0
61	1	1	1
68	3	2	2
75	2	2	3
82	2	1	1
130	1	1	1
137	3	3	3
144	3	4	3
151	1	1	1
159	2	2	2

Zone de Maroua

Jour après semis	SCV	SD	SL
38	0	0	0
45	0	0	0
52	0	0	0
59	4	6	4
66	4	5	5
73	3	3	4
80	1	1	1
87	1	0	1
135	0	0	0
142	0	0	0
149	0	0	0
156	0	0	0
163	0	0	0