

UNIVERSITE DE DSCHANG



FACULTE D'AGRONOMIE ET DES SCIENCES AGRICOLES (F.A.S.A.)

DEPARTEMENT DE PROTECTION DES VEGETAUX

INVENTAIRE DE LA MACROFAUNE EN CULTURE COTONNIERE SOUS QUATRE MODES DE GESTION DES SOLS : cas de Windé Pintchoumba (Nord) et Zouana (Extrême-Nord).

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome

Option : Productions végétales

Par

BIKAY BI. BANINY SIMON BERNARD

7^{ème} promotion F.A.S.A.

Janvier 2005

UNIVERSITE DE DSCHANG



FACULTE D'AGRONOMIE ET DES SCIENCES AGRICOLES
(F.A.S.A.)

DEPARTEMENT DE PROTECTION DES VEGETAUX

**INVENTAIRE DE LA MACROFAUNE EN CULTURE COTONNIERE
SOUS QUATRE MODES DE GESTION DES SOLS :
cas de Windé Pintchoumba (Nord) et Zouana (Extrême-Nord).**

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome
Option: Productions végétales

Par

BIKAY BI. BANINY SIMON BERNARD

7^{ème} promotion

ENCADREURS :

M. Thierry BREVAULT

Ingénieur de recherche CIRAD-CA
à l'IRAD Garoua

M. Krishna NAUDIN

Ingénieur de recherche CIRAD-CA
au projet ESA-SODECOTON

SUPERVISEUR :

Pr. Ignatius Amah PARH

Enseignant à l'université de Dschang

Janvier 2005

FICHE DE CERTIFICATION DE L'ORIGINALITE DU TRAVAIL

Je soussigné **BIKAY BI. BANINY Simon Bernard**, atteste que le présent mémoire est le fruit de mes propres travaux, effectués au sein du projet ESA-SODECOTON, sous la supervision de **Pr. Ignatius Amah PARH** enseignant chercheur à l'université de Dschang et l'encadrement de **M. Thierry BREVAULT**, entomologiste coton du CIRAD-CA détaché à l'IRAD Garoua et **M. Krishna NAUDIN** agronome système du CIRAD-CA responsable du volet SCV au projet ESA-SODECOTON.

Ce mémoire est authentique et n'a pas encore été antérieurement présenté pour l'acquisition de quelque grade universitaire que ce soit.

Date :

Date

Pr. Ignatius Amah PARH

Visa du superviseur

BIKAY BI BANINY Simon Bernard

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. MPOAME MBIDA

Visa du Président du jury

Date:

Pr. Richard Tamouh GHOGOMU

Visa du Chef de Département

DEDICACE

A toute ma **famille** et plus particulièrement à :
mon père **BIKAY Bernard** pour toute l'affection et
le soutien qu' il ne cesse de me témoigner,
et ma fille **Saskya Tilly BIKAY**, un cadeau du ciel.

AVANT-PROPOS

La SODECOTON (Société de Développement du Coton du Cameroun) apparaît comme le principal acteur du développement dans la région septentrionale du Cameroun. Elle a initié en 1994 le projet DPGT (Développement Paysannal et Gestion des Terroirs) dont l'objectif fondamental était de proposer des solutions pour un développement durable du secteur primaire dans la région. Le projet ESA (Eau-Sol-Arbre) constitue la seconde phase du DPGT. Il poursuit les objectifs du volet « fertilité » de son prédécesseur. A ce titre, ce projet est chargé de diffuser et de garantir l'appropriation des nouvelles techniques de gestion durable du milieu testées en son sein. Ses activités sont menées en partenariat avec le CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) et l'IRAD (Institut de Recherche Agricole pour le Développement). ESA conduit trois volets, à savoir:

- i) “le volet opérationnel” dont les activités sont orientées vers la mise en place des aménagements anti-érosifs ;
- ii) “le volet gestion de l'espace” dont les activités participent à l'amélioration de la gestion des assolements et à l'ouverture de pistes pénétrantes ;
- iii) “le volet recherche et développement” dont les activités concourent à l'évolution des pratiques traditionnelles vers une agriculture stable et plus rémunératrice. Il est chargé de proposer, de tester et de diffuser les innovations, ce qui lui confère sa position d'interface entre la recherche et les autres acteurs du secteur. Ses activités actuelles sont axées essentiellement sur l'adaptation des systèmes SCV (semis sous couverture végétale permanente du sol) au contexte et l'analyse des modifications liées à leur adoption par les producteurs.

Cette étude axée sur l'observation du « profil de la macrofaune en culture cotonnière sous quatre modes de gestion des sols » fait partie des nombreux travaux effectués dans ce dernier volet. Elle entre dans le cadre de la présentation de notre mémoire de fin de formation à la FASA (Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles) de l'Université de Dschang. Ce rapport résume nos activités effectuées du 12 Mai au 15 Octobre 2004 au sein du projet ESA. Afin d'en faciliter sa consultation, il a été subdivisé en cinq chapitres dont l'ordre d'apparition est le suivant : 1) introduction, 2) revue bibliographique, 3) méthodologie, 4) résultats et discussion et 5) conclusion.

REMERCIEMENTS

L'intervention de nombreuses personnes, que ce soit à travers un appui scientifique ou un soutien moral et affectif, a été nécessaire pour l'aboutissement de ce mémoire. Je tiens ici à les en remercier très sincèrement.

Je rends grâce au « Dieu Tout Puissant » sans qui rien n'est possible ici bas. Je dis merci à tous mes enseignants de la FASA pour leurs cours et leurs conseils édifiants qui nous ont guidés tout au long de notre stage. J'adresse particulièrement mes remerciements à Pr Ignatius Amah PARH mon superviseur, pour avoir accepté de diriger ce mémoire et pour sa disponibilité.

Je remercie spécialement MM. Krishna NAUDIN et Thierry BREVAULT mes encadreurs, pour leur accueil, leur patience, leur confiance, tout le temps consacré à ce travail et leurs conseils toujours avisés, sans lesquels ce mémoire n'aurait jamais vu le jour. A tous les deux, je dis merci d'avoir renforcé mes connaissances et aiguisé mon sens critique.

J'exprime ma reconnaissance à tout le staff du projet ESA, plus particulièrement à Messieurs Abdoulaye ABOU ABBA (Coordonnateur du projet) et Krishna NAUDIN (Responsable du volet SCV et mon maître de stage) pour m'avoir donné la possibilité d'effectuer ce travail et pour tous les moyens logistiques et financiers investis pour sa réalisation. A Messieurs TOUMBA, SADOU Fernand, MANA Justin, BEIDI Gaston, BALARABE O. et ABOUBAKARY, je dis merci pour leurs conseils et leur accueil. Ce fut un véritable plaisir de travailler à leurs côtés.

Je remercie également BAITIA Mathieu, WADIE Elie, ZOUA Bouba, KOÏDA Esaïe, Depta, Benjamin, Justin, Victor et tous les ouvriers des sites de Windé et Zouana pour leur grande contribution dans l'exécution de la partie terrain de ce travail. A Albert MAMAÏ, je dis merci pour son aide dans mes travaux de laboratoire.

J'exprime ma reconnaissance à toute la famille ADAMOU, particulièrement à ADOUM Oumarou, pour leur hospitalité, leur amitié et l'agréable séjour passé chez eux.

Je dis merci à tous les membres de ma famille pour leur soutien moral et affectif. Je pense particulièrement à mon père BIKAY Bernard ; à ma mère Mme BANINY Marie-Thérèse ; à mes frères BIKAY Simon, BANINY Gélase et BIKAY Charly; à mes sœurs Sabine BIYONG, Gisèle, Suzy et Vera BANINY, Christia, Peggy, Glwadys, Cynthia BIKAY et Gertrude BANINY et à ma tante Veuve BIYONG Marguerite et mes oncles BILONG Maurice, HELE Paul, Joseph et Janvier NOUNGUI.

A mon Amie ASSOUHO Frankline, je dis merci pour son soutien et son affection. Je remercie également mes amis ABOLGO Pierre, BIGOUNDOU Guillain, BELIBI Louis, BOUBBA et FONCHA pour leur soutien tout au long du stage.

A mes amis Julien, Guy et toute la famille KEMAJOU, Serge MBASSA, MBAPPE Alain, NDONGO Thierry, GOUENET Michel, LIBOUM, NKONTCHOU Pierre, Antoine SIME, Thérèse MAMA, PENANDJO Perfora, FOKO Raoul, TCHUISSI Hervé, DOUANDJOU Williams, AVOUM Eric, Fabrice ONDOMBO et à tout le "GB 7", je dis merci pour leur soutien.

Je prie tous ceux dont les noms ne figurent pas sur cette page de m'en excuser et d'accepter mes sincères remerciements.

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
FICHE DE CERTIFICATION DE L'ORIGINALITE DU TRAVAIL.....	i
FICHE DE CERTIFICATION DES CORRECTIONS APRES SOUTENANCE.....	ii
DEDICACE.....	iii
AVANT-PROPOS.....	iv
REMERCIEMENTS.....	v
TABLE DES MATIERES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES ET PHOTOS.....	viii
LISTE DES ANNEXES.....	ix
RESUME.....	x
ABSTRACT.....	xi
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION.....	1
1.1 PROBLEMATIQUE.....	1
1.2 OBJECTIFS.....	3
1.3 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 Groupes attendus.....	5
2.1.3 Effets des facteurs du milieu sur la macrofaune.....	8
2.1.4 Rôle essentiel de la macrofaune du sol.....	8
2.2 MODES DE GESTION DES SOLS.....	12
2.2.1 Système traditionnel avec labour (SL).....	12
2.2.2 Semis direct sur sol nu (SN).....	13
2.2.3 Systèmes de semis direct sous couverture permanente du sol (SCV).....	14
2.3 GENERALITES SUR LE COTONNIER (<i>Gossypium</i> sp).....	18
2.3.1 Classification.....	18
2.3.2 Importance économique.....	18
2.3.3 Ecophysiologie de la plante.....	19
2.3.4 Cycle.....	20
2.3.5 Principaux ravageurs du cotonnier au Cameroun.....	20

CHAPITRE 3 : METHODOLOGIE	21
3.1 SITES D'EXPERIMENTATION	21
3.1.1 Localisation géographique.....	21
3.1.2 Climat	22
3.1.3 Caractéristiques des sols.....	23
3.2 MATERIELS ET METHODES	24
3.2.1 Modes de gestion des sols	24
3.2.2 Itinéraires techniques.....	24
3.2.3 Dispositif expérimental	25
3.2.4 Observations	26
3.2.5 Analyse des données.....	29
CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSION	31
4.1 PIEGES	31
4.1.1 Profil pluviométrique et effectif de la macrofaune.....	31
4.1.2 Composition et diversité selon le site	31
4.1.3 Effectifs piégés et modes de gestion des sols	34
4.1.4 Composition et diversité des captures selon le mode de gestion des sols	34
4.1.5 Principales classes trophiques	37
4.1.6 Dynamique de capture des différents groupes majeurs.....	42
4.2 ECHANTILLONS DE SOLS	45
4.2.1 Effectifs et site d'extraction.....	45
4.2.2 Composition et diversité de la faune extraite des deux sites	45
4.2.3 Densité de la macrofaune et modes de gestion des sols	47
4.2.4 Diversité de la macrofaune extraite selon le mode de gestion des sols.....	48
4.2.5 Principales classes trophiques	51
4.3 DEGATS SUR LA CULTURE.....	54
4.3.1 Réussite de la levée	54
4.3.2 Principaux ravageurs	55
4.4 DISCUSSION	57
CHAPITRE 5 : CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	66
BIBLIOGRAPHIE.....	66
ANNEXES.....	I

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Superficies (ha) sous semis direct dans différents pays	16
Tableau 2: Traitements à comparer.	24
Tableau 3 : Conditions de réalisation des essais	25
Tableau 4: Composition taxonomique des captures (sites de Zouana et Windé).....	33
Tableau 5 : Diversité et équitabilité de l'échantillon selon le site.....	34
Tableau 6: Composition taxonomique des captures : effectifs par parcelle et par mode de gestion des sols (site de Windé)	35
Tableau 7 : Composition taxonomique des captures : effectifs par parcelle et par mode de gestion des sols (site de Zouana)	36
Tableau 8 : Diversité et équitabilité de l'échantillon par mode de gestion des sols.....	37
Tableau 9: Classification des groupes représentés (familles) selon le régime	38
Tableau 10: Effectifs moyens piégés par classe trophique et mode de gestion.....	39
Tableau 11: Composition taxonomique de la macrofaune extraite à Zouana et Windé.....	46
Tableau 12: Diversité et équitabilité de l'échantillon selon le site.....	47
Tableau 13: Composition taxonomique des extraits : densité par mode de gestion des sols (site de Windé)	49
Tableau 14: Composition taxonomique des extraits : densité par mode de gestion des sols (site de Zouana)	50
Tableau 15: Diversité et équitabilité des extraits selon le mode de gestion des sols	51
Tableau 16: Classes trophiques et macrofaune totale (monolithes)	52
Tableau 17: Levée, état sanitaire et hauteur des plantules de coton.....	54
Tableau 18: Infestations de pucerons et chenilles et état sanitaire des organes abscissés.....	57

LISTE DES FIGURES ET PHOTOS

Figure 1 : Quelques représentants de la macrofaune du sol (BACHELIER, 1978)	7
Figure 2 : Rotation biennale en SCV dans le Nord Cameroun.....	15
Figure 3 : Localisation des sites d'expérimentation	21
Figure 4 : Données décennales de pluviométries sur les 3 dernières années	22
Figure 5 : Dynamique du piégeage en fonction de la pluviométrie.....	31
Figure 6: Distribution des classes trophiques par mode de gestion des sols	39
Figure 7: Répartition des proportions prédateurs/phytophages piégés.....	40
Figure 8: Composition des détritiphages majeurs	41
Figure 9 : Composition des prédateurs majeurs.	41
Figure 10: Composition des phytophages majeurs.....	42
Figure 11: Dynamique de capture des fourmis.....	42
Figure 12: Dynamique de capture des polydesmides (Windé) et des cloportes (Zouana)	43
Figure 13: Dynamique de capture des araignées.	43
Figure 14 : Dynamique de capture des carabes	43
Figure 15: Dynamique de capture des staphylins.....	44
Figure 16: Dynamique de capture des iules	44
Figure 17: Dynamique de capture des punaises	44
Figure 18 : Localisation sol/litière des principaux groupes extraits.....	47
Figure 19: Distribution des classes trophiques par mode de gestion des sols	51
Figure 20: Répartition des proportions prédateurs/phytophages issus des monolithes	52
Figure 21: Composition en densité des détritiphages majeurs	53
Figure 22: Composition en densité des 8 groupes phytophages majeurs	53
Figure 23: Composition en densité des prédateurs majeurs	54
Figure 24: Evolution des infestations de pucerons selon le mode de gestion	55
Figure 25: Evolution des infestations de chenilles sur les organes fructifères selon le mode de gestion des sols	55
Planche 1 : Installation d'un pot piège à Zouana (Bikay S. et Adoum O.)	26
Planche 2 : Collecte des organismes de surface ; prélèvement des monolithes et extraction des macroinvertébrés à Zouana (Bikay S.)	27
Photo 1 : Loupe binoculaire <i>Leica</i> (Bikay S.)	27

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Protocole de Zouana	I
Annexe 2 : Protocole Windé Pintchoumba.....	II
Annexe 3 : Effectifs des macro-invertébrés piégés	III
Annexe 4 : Effectifs des macro-invertébrés extraits des monolithes.....	IV
Annexe 5 : Niveaux de couverture des parcelles de Zouana.....	V
Annexe 6 : ANOVA des effectifs des classes trophiques issues du piégeage (Windé)	VI
Annexe 7 : ANOVA effectifs des classes trophiques issues du piégeage (Zouana)	VII
Annexe 8 : ANOVA effectifs des classes trophiques issues des monolithes (Windé).....	VIII
Annexe 9:ANOVA effectifs des classes trophiques issues des monolithes (Zouana)	IX
Annexe 10 : ANOVA de la réussite de la levée (Windé).....	X
Annexe 11 : ANOVA de la réussite de la levée (Zouana).....	XI
Annexe 12 : ANOVA des infestations des principaux ravageurs (Windé).....	XII
Annexe 13 : ANOVA des infestations des principaux ravageurs (Zouana).....	XIII

RESUME

Dans le cadre de l'adaptation des systèmes de cultures sur couverture végétale (SCV) au Nord Cameroun, nous avons cherché à comparer l'impact de quatre modes de culture sur la faune contenue dans les parcelles de coton durant la période allant du 5 Mai au 30 Septembre 2004 :

- 1) le semis direct sous couverture de céréales et de graminée : *Brachiaria ruzisiensis* (CG) ;
- 2) le semis direct sous couverture de céréale et de légumineuse : *Crotalaria retusa* ou *Mucuna pruriens* (CL) ;
- 3) le semis direct sur sol nu (SN) et
- 4) le semis sur labour (SL).

Les parcelles sont implantées depuis 2002 et les observations ont été réalisées en 2004 soit en troisième année d'application des systèmes. Le dispositif a été installé dans les villages de Zouana (4°45'01''N et 11°25'03''E, pluviométrie moyenne 800 mm) et de Windé Pintchoumba (8°29'30''N et 13°26'51''E, pluviométrie moyenne 1 100 mm).

Les observations faites sont de plusieurs types :

- 1) piégeage de la faune épigée grâce à des « pit-fall traps »,
- 2) prélèvement de cubes et de carottes jusqu'à 30 cm de profondeur pour en extraire la faune de la litière et du sol et
- 3) les observations des attaques d'arthropodes sur les jeunes plants et des infestations de cotonnier par les pucerons (*Aphis gossypii* Glover) et les chenilles de la capsule (en particulier *Helicoverpa armigera*).

Dans les pièges, 47 familles d'invertébrés ont été identifiées. Pour les deux sites étudiés la diversité (indices de Shannon allant de 3,04 à 3,34), l'équitabilité (variant 0,58 à 0,70) et l'abondance des individus piégés (690 à 1237 individus) ou extraits du sol (400 à 604 individus/m²) sont en général plus élevés sur les parcelles sous couverture végétale : prédateurs (araignées, chilopodes, staphylins, etc.), mais aussi détritiphages (termites, cloportes, vers de terre,...) ou phytophages tels que les iules. Par ailleurs, aucune différence n'est relevée entre les différents modes de gestion des sols en termes d'attaques des plants de coton ou d'infestations de chenilles ou de pucerons. Ces premiers résultats soulignent l'impact significatif des modes de gestion du sol sur la composition faunistique.

Mots clés : coton, gestion du sol, macrofaune du sol, systèmes de culture sur couverture végétale, semis direct.

ABSTRACT

Within the framework of adopting Direct Seeding Mulch-Based Cropping Systems (DMC) in cotton farming systems in North Cameroon, macro-fauna patterns from four crop management techniques were compared. The cropping systems were:

- 1) no-till soil covered with the graminousceae *Brachiaria ruzisiensis* (CG);
- 2) no-till soil covered with leguminous plants, *Crotalaria retusa* or *Mucuna pruriens* (CL);
- 3) no-till soil (NS) and
- 4) conventional soil tillage (TS).

Trial plots were put in place in 2002 and observations on these plots done in the third year following trial establishment in the year 2004. The experiments were set in the villages of Zouana (4°45'01''N and 11°25'03''E) and Pintchoumba (8°29'30''N and 13°26'51''E), with mean annual rainfall of 800 and 1100 mm respectively. In each of the sites, micro-plots had been subjected to the same farming systems for the past 3 years. Standardised experimental designs were devised and sampling equipment constructed. Diverse macrofauna sampling techniques were carried out, ranging from captures from pitfall traps, fauna extractions from soil samples (to a depth of 30 cm) and counting of the above-ground major insect pests of cotton (bollworms and aphids). Forty seven (47) invertebrate families were identified in the pit-fall traps. The study in both locations revealed that, diversity (Shannon index between 3,04 and 3,34), equitability (between 0,58 and 0,70) as well as abundance of trapped (between 690 and 1237 individuals) or extracted fauna individuals (between 400 and 604 individuals/m²) were found to be generally more important in plots under mulch cover : predators (spiders, centipedes, staphylinids, etc.), and also soil and surface litter transformers (termites, isopods, earthworms, etc.) or phytophagous arthropods such as millipedes. On the contrary, no significant differences were observed among the different soil management techniques, in respect to the abundance or damage levels of the above mentioned cotton pests. These preliminary results highlight the significant impact soil management techniques have on soil macro-fauna composition.

Key words: cotton, soil management, soil macrofauna, direct seeding mulch-based cropping systems.

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

1.1 PROBLEMATIQUE

Les organismes du sol fournissent un large éventail de services indispensables à la fonction durable de tous les écosystèmes et plus particulièrement celle des agro-écosystèmes. Ils sont les éléments moteurs fondamentaux de la fertilité des sols, concept duquel ils semblent indissociables (HÄBERLI *et al.* 1991). D'après cet auteur, la perte de fertilité d'un sol entraîne des baisses de rendement des cultures avec ses répercussions sociales et économiques. Le coton, principale culture de rente des populations rurales des provinces du Nord et de l'Extrême-Nord du Cameroun, joue un rôle moteur dans l'économie de cette région (BOCCHINO *et al.*, 1999).

La campagne cotonnière 2003/2004 s'est traduite par une production nationale de 242 820 tonnes de coton graine et 99 950 tonnes de fibres résultant d'une exploitation de 208 204 hectares de terres. Les rendements moyens enregistrés en fin de campagne (1020 kg de coton graine/ha à l'Extrême-Nord, 1485 kg/ha au Nord et 1166 kg/ha au niveau national) sont en chute par rapport à ceux de l'année précédente (GAUDARD et ASFOM, 2004). Cette tendance persistante à la baisse de productivité des terres est probablement liée en partie à la réduction progressive de leur fertilité, phénomène auquel des auteurs attribuent diverses origines. Le facteur prépondérant selon ROOSE (1994) est l'appauvrissement du sol en matière organique et corrélativement l'amointrissement du complexe argilo-humique et donc de la capacité d'échange cationique (CEC) et de la stabilité structurale. Les pratiques culturales traditionnelles, caractérisées par une exportation systématique des résidus végétaux, un travail du sol répété et une diminution des temps de jachère exposent encore plus le sol aux phénomènes d'érosion (HARMAND *et al.*, 2000 ; KLASSOU *et al.*, 2004). Dégradation qui survient aussi bien en saison des pluies qu'en saison sèche (OLINA *et al.*, 1998). BOLI *et al.* (1991) mentionnent des pertes de terre allant de 0,5 à 40 tonnes/ha/an en culture sur les longs glacis ferrugineux tropicaux de ces régions soudano-sahéliennes.

Tous ces facteurs de dégradation du milieu ont aussi une grande influence sur la vie du sol à travers la réduction de l'activité de sa faune. L'action prépondérante de la macrofaune sur l'amélioration de certaines propriétés physico-chimiques du sol se voit ainsi réduite (ROOSE, 1994). Cette dégradation des propriétés organo-minérales et physico-chimiques

(fertilité) nécessite l'introduction de nouvelles stratégies visant à maintenir le capital foncier de la zone.

Les systèmes de culture sous couverture végétale permanente du sol (SCV) constituent une des solutions testées par le projet ESA (Eau-Sol-Arbre) de la SODECOTON (Société de Développement du Coton au Cameroun) pour maintenir et assurer la durabilité des productions agricoles. D'un côté, ces systèmes ont pu apporter des réponses aux agriculteurs dans d'autres contextes : réduction des pertes en terre par érosion, régénération de la fertilité des sols et diminution des coûts de production (FIRA, 1990 ; ALONZO et GARCIA, 1997 ; cités par SCOPEL, 1999). D'un autre côté, ces systèmes se sont révélés très favorables à l'amélioration de la vie des sols par une augmentation de sa biodiversité (VIAUX et RAMEIL, 2004), tant au niveau de la flore que la faune en général et celle des macro-invertébrés en particulier (BROWN, 2002). Lors d'une comparaison confrontant les SCV au système traditionnel avec labour en culture de soja sur les hautes terres volcaniques de Madagascar, RAMANANTSIALONINA (1998) a montré que les premiers permettaient un développement et une régénération meilleurs de la macrofaune du sol (surtout en ce qui concerne les vers de terre) sans toutefois favoriser celle des nuisibles aux cultures. La densité totale de la macrofaune du sol en labour représentait 56 % de celle en SCV et la biomasse du premier système seulement 20 % de celle du second. Les densités des vers blancs (nuisibles) restaient les mêmes dans les deux systèmes (30 individus/m²).

Une recherche fine est actuellement menée en vue de la compréhension des mécanismes modifiés par la mise en place de ces SCV, pour leur adaptation aux conditions du Cameroun et leur adoption par les producteurs. C'est dans cette approche globale qu'entre cette étude de comparaison de la macrofaune en culture cotonnière sous quatre modes de gestions des sols. Ces modes de culture sont : le système traditionnel avec labour, le semis direct sur sol nu, le semis direct sous paillis de légumineuses et le semis direct sous paillis de graminées. L'étude a été menée dans les sites expérimentaux du projet ESA situés dans les villages de Windé Pintchoumba (Nord) et Zouana (Extrême-Nord).

1.2 OBJECTIFS

L'objectif fondamental de cette étude est de vérifier si des différences en terme de biodiversité (qualité et quantité) de la macrofaune du sol sont déjà observables sur les parcelles en troisième année de culture SCV et de déterminer si celles-ci sont favorables ou non à la culture cotonnière.

Il s'agira plus spécifiquement de comparer selon quatre modes de gestion de sols :

1. l'abondance et la diversité des populations de macro-invertébrés du sol,
2. la levée du cotonnier
3. et les principaux ravageurs aériens du cotonnier (chenilles et pucerons).

1.3 IMPORTANCE DE L'ETUDE

L'importance de cette étude de la macrofaune du sol en culture cotonnière tient du fait que ce sous-groupe de la faune héberge des organismes bénéfiques et/ou nuisibles à la culture cotonnière. L'étude doit permettre d'identifier les modes de culture les plus favorables à la vie biologique du sol et les indicateurs permettant de suivre cette évolution. De plus, ce travail pourra ressortir des éléments de réponse aux différences issues de l'observation de certains paramètres du bilan hydrique menée en parallèle à l'Extrême-Nord (ADOUM et SOUTOUG, 2004).

CHAPITRE 2

REVUE DE LA LITTERATURE

2.1 LA MACROFAUNE DU SOL

2.1.1 Définitions

De manière globale, GOBAT *et al.* (1998) définissent la faune du sol comme l'ensemble des animaux qui passent une partie importante de leur cycle biologique dans le sol (faune endogée) ou sur sa surface immédiate (faune épigée), ceci incluant la litière. Ces auteurs classent cette faune en quatre catégories, suivant la taille des organismes ciblés, à savoir :

A) la microfaune, - elle est constituée des animaux d'une longueur inférieure à 0,2 mm (diamètre < 0,1 mm) et regroupe tous les protozoaires, organismes unicellulaires et des nématodes.

B) la mésofaune dont la longueur varie entre 0,2 et 4 mm (diamètre de 0,1 à 2 mm) comprend des Némathelminthes (nématodes), des Acariens et des insectes aptérygotes (collembolles, diploures...). Les arthropodes de cette catégorie sont appelés micro-arthropodes.

C) la macrofaune se rapporte à des animaux d'une longueur de 4 à 80 mm environ (diamètre de 0 à 2 mm). Les arthropodes ici sont appelés macroarthropodes. Pour des mesures pratiques, d'autres définitions différentes suivant les auteurs, ont été attribuées à cette catégorie. Il en ressort que la macrofaune regroupe les invertébrés qui passent une partie importante de leur cycle biologique dans le sol ou sur sa surface immédiate (ceci inclut la litière) et qui :

- 1) sont visibles à l'œil nu (KEVAN, 1962)
- 2) ont une longueur > 1 cm (WALLWORK, 1970),
- 3) ont une largeur > 2 mm (SWIFT *et al.*, 1979) et
- 4) ont 90 % de leurs individus visibles à l'œil nu (EGGLETON *et al.*, 2000).

La première définition est celle que nous retiendrons pour notre étude. Les vertébrés du sol sont considérés par ces auteurs comme appartenant à la dernière catégorie de la faune du sol.

D) la mégafaune regroupant les organismes de longueur supérieure à 80 mm, comprend les vertébrés tels que les taupes, les rats et certains grands vers de terre.

BROWN *et al.* (2002), quant à eux, donnent une autre classification de la faune du sol basée sur l'impact des organismes concernés sur le système sol-plante (culture). Ils citent notamment :

i) la faune nuisible (pestes ou ravageurs) : elle inclut les organismes phytophages qui à un moment de leur cycle biologique se nourrissent sur les organes de la plante (aériens ou souterrains). De ce fait, ils sont susceptibles de causer des dégâts à la culture en place, engendrant ainsi des baisses de rendements.

ii) La faune bénéfique qui compte en son sein des saprophages, des géophages et des prédateurs. Les **saprophages** (saprophytes, coprophages et nécrophages), encore appelés **détritiphages**, se nourrissent de matière organique morte (animale ou végétale) accélérant ainsi leurs vitesse de décomposition et de minéralisation et par conséquent la libération des bioéléments pour la nutrition des plantes. Certains de leurs sous-produits constituent une source d'énergie pour d'autres organismes du sol. Les **géophages** (agents de bioturbation) en ingérant de la terre en même temps que leurs aliments creusent un réseau important de galeries dans le sol affectant aussi bien le régime hydrique, les échanges gazeux, la structure que la vitesse de formation des sols. Les **prédateurs** agissent au sommet de la chaîne alimentaire du sol en se nourrissant d'autres organismes vivants, contrôlant ainsi leurs populations et aidant dans la lutte contre les ravageurs (agents biologiques de contrôle).

2.1.2 Groupes attendus

D'après GOBAT *et al.* (1998), plusieurs embranchements sont rencontrés dans cette catégorie de la faune du sol, à savoir :

A) Le phylum des Annelida compte les deux représentants suivants :

- les Lumbricidae ou vers de terre appartenant à la classe des Oligochètes, à l'ordre des Haplotaxida et au sous-ordre des Lumbricina.
- les Enchytraeidae de la classe des Oligocheta, ordre des Haplotaxida du sous-ordre des Enchytreina.

B) Le phylum des Mollusca représenté par les escargots et les limaces de la classe des Gastéropodes, sous-classe des Pulmonés et ordre des Stylommatophora.

C) Le phylum des Arthropoda est divisé en deux sub-phyla:

a) Le sub-phylum des **Mandibulata** compte les classes Insecta, Hexapoda, Crustacea et la super classe des Miryapoda (Diplopoda, Chilopoda, Symphyla, Pauropoda). La classe Crustacea héberge les cloportes appartenant à l'ordre des Isopoda et au sous-ordre des

Oniscoïda. Les Diplopoda ayant deux paires de pattes par segment sont représentés par les Iules, les Gloméris, les Polydesmides et Polyxènes, les Chilopoda ayant une paire de pattes par segment regroupent les Géophiles, les Scolopendres, les Lithobies et les Scutigères. Les Symphyla sont constitués essentiellement des Scutigères. Les Pauropoda regroupent les pauropodes. La super-classe Hexapoda regroupe quatre classes : la classe des Collembola comprend entre autres groupes les Isotomidae, les Sminthuridae, les Onychiuridae et les Entomobryiidae. La classe des Protura est représentée par les Eosentomidae. La classe des Diplura compte les Campodae et les Japygidae. La classe Insecta héberge le plus grand nombre d'espèces de la faune du sol. Ses principaux représentants appartiennent aux ordres des Isoptera (termites), des Coleoptera (carabes, hannetons, staphylins,...), des Diptera (mouches, taons, tipules, etc.) des Hymenoptera (fourmis, guêpes, abeilles...) et des Lepidoptera (chenilles).

b) Le sub-phylum des **Chelicerata** est essentiellement représenté par la classe des Arachnida comprenant les ordres Scorpiones (scorpions), Pseudoscorpiones (pseudoscorpions), Solifugae (solifuges, ammotréchides, erémobatides), Acari (acariens) et Araneae (araignées).

Figure 1 : Quelques représentants de la macrofaune du sol (BACHELIER, 1978)

2.1.3 Effets des facteurs du milieu sur la macrofaune

BACHELIER (1978) cite quelques paramètres du milieu susceptibles de jouer dans le déterminisme de la macrofaune du sol. Les facteurs prépondérants sont les suivants :

i) l'humidité du sol dont l'excès ou l'insuffisance d'eau dans le sol peut être néfaste pour ces animaux. Le manque d'eau peut causer la dessiccation des animaux surtout au moment des mues. L'excès quant à lui détermine des pièges de tension superficielle et le danger des phénomènes d'endosmose et le manque possible d'air. Le degré de sensibilité à ces phénomènes est fonction de l'espèce.

ii) la porosité et l'atmosphère du sol : elle est liée à la circulation de l'air, de l'eau et de la faune. 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. Une faible porosité du sol peut suffire à l'aérer et à empêcher l'accumulation du CO₂.

iii) la température du sol demeure un facteur important pour les organismes de surface car elle varie peu en profondeur. Les variations de température déterminent des migrations verticales de cette faune, chaque espèce possédant une température préférentielle. Le froid ralentit les activités de ces organismes tandis que le gel concourt parfois à leur extinction.

D'autres facteurs abiotiques peuvent influencer sur les organismes de cette faune. Il peut s'agir de la texture, de l'acidité ou pH, de la nature chimique des litières, du potentiel redox, de la lumière, de la nature des argiles et du pouvoir osmotique des solutions.

L'homme par ses **pratiques culturales** a aussi une influence sur les peuplements de cette faune (BROWN, 2002). Nous citerons par exemple le cas de l'utilisation des pesticides et de certains engrais minéraux qui peuvent empoisonner ces organismes. Le labour quant à lui non seulement les chasse, mais les expose aux prédateurs ou aux rayons destructeurs du soleil.

2.1.4 Rôle essentiel de la macrofaune du sol

En s'y déplaçant, en s'y nourrissant et en y excréant, les animaux du sol ont un impact direct ou indirect sur leur habitat (BACHELIER, 1978 ; GOBAT, 1998).

2.1.4.1 Rôle physique

Cinq effets mécaniques majeurs de la faune du sol ont été mis en évidence :

A) Le macrobrassage. Les fourmis, les termites, les vers de terre et les scarabés remuent de grandes quantités de terre, ramenant en surface les horizons riches en matières minérales et enfouissant les horizons organiques superficiels, les litières et les fumiers. HÖLLDOBLER &

WILSON (1996) ont ainsi montré qu'environ 22,7 m³ de terre pesant 40 tonnes sont remuées par les fourmis champignonnistes *Atta* sp lors du creusage d'un nid.

B) Le microbrassage. Par la fabrication de quantités énormes de petites crottes, certains organismes phytosaprophages comme les collemboles, les larves de diptères et les enchytréides, contribuent à l'incorporation de la matière organique au sol. Par contre, ils remontent peu de matières minérales. Ces minuscules crottes sont entraînées ensuite par lessivage vers le bas et peuvent s'accumuler jusqu'à 60 cm de profondeur, en amas ou en couches fines (KEVAN, 1962).

C) La formation de galeries. Cette activité est importante pour l'aération du sol et son régime hydrique. D'après EDWARDS et BOHLEN (1996), les vers de terre, les termites et les rongeurs forent un réseau permanent de longueur parfois considérable, augmentant ainsi la macroporosité de 20 à 100 %. De diamètres variés, à l'échelle des différents acteurs, ces galeries constituent un système de drain qui collecte l'eau de pluie et facilite son infiltration. De plus, l'eau entraîne du matériel fin et peu tassé dans ces tunnels qui deviennent des voies de pénétration préférentielles pour les racines ou pour les argiles lessivées. Voies de pénétration aussi pour les invertébrés épigés, ces galeries leurs favorisent l'accès aux racines mortes et permettent le dépôt d'excréments en profondeur.

D) La fragmentation. La fragmentation de la litière, du bois mort et des cadavres influence fortement l'évolution de la matière organique dans le sol et conditionne pour une bonne part l'importance des peuplements de ce dernier. Elle est due à de nombreux phytosaprophages. La disparition des cadavres est assurée par les nécrophages et les coprophages qui sont les nettoyeurs de la surface du sol. Ces derniers assurent la salubrité en activant la dégradation des cadavres et en enfouissant les œufs de parasites ou d'agents pathogènes.

E) La formation d'agrégats. Les vers de terre et les macroarthropodes (tels que les termites, les isopodes, les chilopodes, et les diplopodes) qui ingèrent des particules de terre avec leur nourriture contribuent à cette formation en mélangeant matières organiques et matières minérales dans leurs tubes digestifs. D'après EDWARDS et BOHLEN (1996), les invertébrés du sol et la microflore stabilisent les agrégats :

i) par les sécrétions intestinales des invertébrés et les colloïdes bactériens du tube digestif, qui jouent le rôle de ciment,

ii) par le réseau d'hyphes de champignons et de fibres végétales issues des feuilles consommées et

iii) par la fragmentation, car il y a alors possibilité de formation de liaisons organo-minérales, selon la taille et la qualité des particules organiques. De plus, les crottes stables (micropelotes) des enchytréides et des microarthropodes se retrouvent quasi intactes dans les crottes des macroinvertébrés qui les ont absorbées, entrant de cette manière dans la constitution des agrégats.

2.1.4.2 Effets chimiques

Ceux-ci peuvent être directs ou indirects.

A) Effets directs.

Dans les effets directs de la pédofaune, il est souvent difficile de distinguer le rôle spécifique des macroinvertébrés de celui de leur microflore intestinale associée. L'effet chimique le plus net est la modification de la qualité de la nourriture durant son passage à travers la chaîne alimentaire, en particulier dans la minéralisation de la matière organique et la libéralisation consécutive des ions nutritifs. C'est le cas des cadavres de lombrics dont la décomposition d'une tonne libère de 36 à 60 kg d'azote (Mc BRAYER cité par MATTSON, 1977). Ceci est l'équivalent de l'apport sur cotonnier conseillé par l'IRAD-SODECOTON (53 kg d'azote/ha). La faune agit sur la composition chimique du sol également par ses excréta qui en six mois, produiraient un flux d'azote équivalent à celui exporté par la fenaison. Par exemple les déjections d'environ 1 tonne par hectare de vers correspondent à 18 à 50 kg N / ha / an. La quantité de mucus sécrété est plus difficile à estimer : elle représenterait journalièrement près de 0,2 % du poids de l'azote total d'un ver (EDWARDS et BOHLEN, 1996).

B) Effets indirects.

Il s'agit de leur intervention dans le cycle des bioéléments à travers la microflore qu'ils consomment. Cette dernière regroupe d'importants bio-accumulateurs. La macrofaune du sol en sélectionnant les communautés fongiques, élimine les vieilles colonies, favorisant ainsi les plus dynamiques. Par là, elle intervient dans l'équilibre entre bactéries et champignons et influence indirectement les processus de décomposition. De plus les enzymes extracellulaires sécrétées par le tube digestif ou par la microflore intestinale imbibent leurs crottes et continuent d'y agir après déjection dans le sol.

2.1.4.3 Effets biologiques

L'équilibre complexe et dynamique régnant entre les différents compartiments de la chaîne alimentaire est régi d'une part par les conditions physico-chimiques du milieu (biotope) et par les facteurs biotiques (interactions entre les êtres vivants) d'autre part. D'après GOBAT *et al.* (1998), ces derniers sont de plusieurs types :

A) La prédation. Les effets de la prédation sur les populations de proies sont importants car elle met plus ou moins rapidement ces dernières en équilibre avec les ressources disponibles tels que la nourriture et les abris. Les prédateurs diminuent la compétition entre les individus d'une même espèce et sauvegardent en quelque sorte l'avenir et la qualité d'action de leurs proies.

B) La compétition. Elle peut s'exercer soit entre les individus d'une même espèce (compétition intra spécifique), soit entre ceux d'espèces différentes (compétition interspécifique). Dans les deux cas, l'individu ou l'espèce luttent pour s'assurer un accès suffisant aux ressources du milieu. La compétition intraspécifique agit par le jeu des facteurs de mortalité dépendant de la densité des populations (malnutrition et ses conséquences, mortalité juvénile, cannibalisme). Dans la compétition interspécifique, deux espèces entrent en concurrence lorsqu'elles luttent, directement ou non, pour la même niche écologique. En théorie, une seule est susceptible de l'occuper à terme, ce qui limite le nombre potentiel d'espèces dans un sol donné.

C) La dissémination des spores et des bactéries. Elle peut être assurée par certains représentants de la macrofaune. C'est le cas des vers de terre qui déterminent leur répartition verticale alors que les enchytréidesensemencent les petites cavités. La propagation s'effectue soit par des crottes dispersées dans le sol, soit par transport sur le corps des animaux. La dissémination des composés humiques adsorbés sur les cuticules est aussi possible.

D) La bioaccumulation. Celle-ci est assurée par des organismes dits bioaccumulateurs qui concentrent des substances introduites dans les écosystèmes. Dans le sol, ce phénomène semble plus intense chez les saprophages tels que les diplopodes et les vers de terre qui mangent beaucoup et chez de nombreux prédateurs. L'analyse des tissus de ces animaux peut mettre en évidence la nature et l'ampleur des pollutions. C'est ainsi que les vers de terre sont utilisés comme révélateurs des PBC (polychlorobiphényles), des pesticides et des métaux lourds (GOBAT *et al.*, 1998).

2.1.4.4 La bio-indication

A côté des véritables effets pédologiques d'ordre physique, chimique ou biologique qui viennent d'être passés en revue, la faune du sol peut également servir à la détection des conditions environnementales ou des processus écologiques particuliers. C'est la bio-indication. A titre d'exemple, VIAUX et RAMEIL (2004) ont cité les espèces *Oedothorax apicatus* et *Erigone atra*, araignées de la famille des Linyphiidae, comme indicatrices de pratiques favorables à la biodiversité (systèmes biologiques) dans les terres de l'Essonne (Sud du bassin parisien).

Par ailleurs, des cas de parasitisme, de commensalisme, de phorésie, de coopération ou de symbiose peuvent être notés entre les individus de la macrofaune du sol et des organismes des autres catégories de la faune. Toutes ces interactions forment un réseau complexe d'activité biologique, ressource importante pour la gestion durable des systèmes agricoles. Certes les facteurs climatiques ou minéralogiques, parmi d'autres, fixent le cadre dans lequel évoluent ces êtres vivants, mais seuls ces derniers sont aptes à réaliser, directement ou indirectement, des processus aussi essentiels à la formation du sol que le creusage de galeries, la restauration de la matière organique, la fixation de l'azote ou la sécrétion d'enzymes. Tous ces processus contribuent à l'amélioration de la fertilité des sols et par conséquent, augmentent la quantité et l'efficacité de l'acquisition des éléments nutritifs par les végétaux. En commun avec les agents abiotiques, les êtres vivants du sol réalisent la rencontre du minéral et de l'organique, facteur primordial de la pédogenèse.

2.2 MODES DE GESTION DES SOLS

Les différents modes de gestions des sols intervenant dans l'étude se différencient essentiellement par deux facteurs. Ceux-ci sont la pratique ou non du travail du sol et/ou la présence ou non d'une couverture végétale permanente.

2.2.1 Système traditionnel avec labour (SL)

Ce système est celui le plus pratiqué par les paysans de cette région sachant qu'il concerne 50% des parcelles de coton (GAUDARD et ASFOM, 2004). Ici, la culture est installée sur un sol préalablement labouré, quelques fois après un brûlis. Ce grattage ne touchant au mieux que les vingt premiers centimètres du sol, est effectué à l'aide d'une charrue à traction animale.

2.2.1.1 Avantages

SOLTNER (2000) attribue plusieurs avantages au labour, à savoir :

1. l'amélioration de l'infiltration des eaux de pluies et du régime hydrique ;
2. l'ameublissement du sol entraînant une amélioration de la porosité et des échanges gazeux ;
3. l'incorporation des matières organiques (résidus de récolte, engrais verts, fumier), des amendements calciques, des mauvaises herbes et des résidus d'herbicides ;
4. la préparation d'un lit de semences propre et bien affiné ;
5. la remontée des éléments lixiviés ;
6. l'approfondissement du profil cultural ;
7. une possibilité de modelage du champ (construction de planches, billons et banquettes).

2.2.1.2 Inconvénients

Parmi les effets nocifs du labour, SOLTNER (2000) cite entre autres :

1. la pénibilité du travail ;
2. l'activation de la décomposition de la matière organique ;
3. l'augmentation des risques d'érosion (hydrique et éolienne) et de dégradation du sol (formation de croûtes de battance, constitution d'un sol compact ou d'une semelle de labour) due à :
 - (a) une absence de couverture protectrice de sa surface,
 - (b) un affinement excessif du sol,
 - (c) et l'apport en surface d'une terre moins riche en humus (de stabilité structurale inférieure) ;
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.

2.2.2 Semis direct sur sol nu (SN)

Environ 50 % des parcelles cotonnières au Cameroun sont cultivées à partir de cette technique (GAUDARD et ASFOM, 2004). Ici, la semence est placée directement dans le sol qui n'est jusque-là pas travaillé. Seul le trou où sera disposée la graine connaît un léger remaniement assurant une bonne couverture et un bon contact de cette dernière avec le sol. Le travail du sol correspondant au sarclo-buttage de la culture, intervient plus tard.

2.2.2.1 Avantages

Ce système présente quelques avantages (comparé au premier), notamment :

1. une réduction des temps de travaux et de leur pénibilité
2. et la précocité du semis.

2.2.2.2 Inconvénients

Ce système présente plusieurs limites parmi lesquelles l'augmentation de l'usage des herbicides. En effet, BARRIUSO *et al.* (1994) ont pu montrer que les quantités d'herbicides épandues lorsque le travail du sol est simplifié, sont supérieures à celles apportées en labour conventionnel de 15 à 60 %, ceci dépendant du degré de simplification, du type de culture et de la nature des adventices. Cet auteur mentionne aussi la réduction de l'infiltration et l'augmentation du ruissellement avec pour corollaire l'augmentation des risques d'érosion (pertes en terre). Il cite aussi une activation de la dégradation de la matière organique avec ses conséquences sur l'activité biologique. De plus, CLAVIER (1998) affirme que le non travail du sol, comparativement à un travail conventionnel avec labour, favorise le développement de certaines adventices vivaces (leur système racinaire n'est pas détruit) et la sélection des adventices tardives.

2.2.3 Systèmes de semis direct sous couverture permanente du sol (SCV)

Ce système constitue l'innovation testée dans la zone cotonnière camerounaise. Le semis direct sous couverture végétale permanente du sol (SCV) est un système d'agriculture de conservation basé sur trois principes (SEGUY *et al.*, 2001 ; NAUDIN *et al.*, 2003 ; SCOPEL *et al.*, 2004) :

1. la suppression du travail du sol,
2. la présence d'une couverture végétale permanente du sol (morte ou vivante)
3. et le semis direct à travers la couverture.

Le principe de rotation des cultures vient renforcer l'efficacité du système. Il fait intervenir la production d'une plante améliorante dans la traditionnelle rotation biennale céréale/coton (Fig. 2); plante dont une partie de la biomasse servira de mulch au sol, l'autre partie constituera le foin pour le bétail. Ce système se distingue de la pratique traditionnelle avec labour (SL) par l'absence totale de travail du sol et la présence d'une couverture végétale permanente sur le sol. Ce dernier critère couplé à l'absence du sarco-buttage le différencie aussi du système de semis direct sur sol nu (SN).

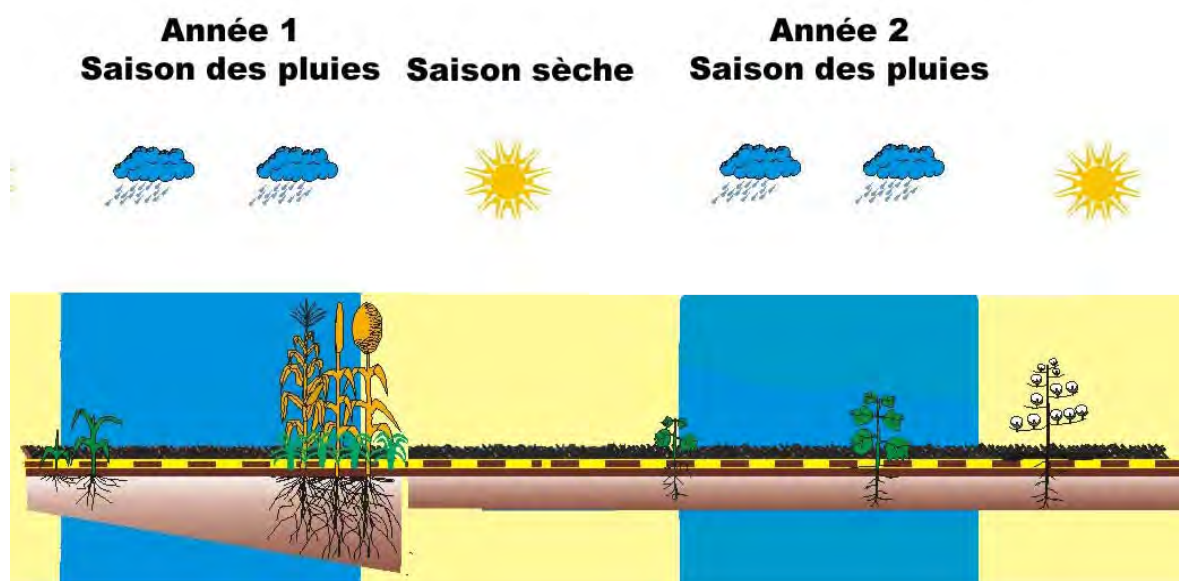


Figure 2 : Rotation biennale en SCV dans le Nord Cameroun

2.2.3.1 Historique

D'après DOUNIAS (2001), la technique du semis direct sous couverture végétale est loin d'être nouvelle. Le semis direct existe depuis le début de l'histoire de l'agriculture et reste la base de certains systèmes agricoles sous les tropiques. Des modalités très anciennes de semis direct sous couverture végétale du sol existent encore dans la zone tropicale humide. Ces systèmes sont connus sous la dénomination espagnole *tapado* (couverture) ou anglaise *slash and mulch*. Ce dernier consiste à cultiver un abattis sans utilisation du feu. En 1992, le système *tapado* concernait encore près de la moitié de la production de haricot au Costa Rica. En dehors de l'Amérique Centrale, ce système est aussi observé au sud du Cameroun.

Ce n'est qu'en 1962 (date de l'arrivée du paraquat sur le marché américain) aux USA que les nouvelles techniques des SCV ont commencé à être pratiquées en vraie grandeur, après une phase expérimentale et pionnière de 20 ans. Trois facteurs sont à l'origine de ces techniques, à savoir :

1. les problèmes d'érosions hydrique et éolienne dûs au travail intensif du sol avec des appareils motorisés ;
2. l'apparition des herbicides chimiques (paraquat et diquat en 1960) ayant engendré la notion de labour chimique ;
3. et la création en 1961, par la firme Allis-Chalmer, du premier semoir pour semis direct en traction motorisée.

Parallèlement, des recherches agronomiques vont se multiplier dans d'autres pays notamment l'Australie (mise au point du *ley farming* dans les années 30 et du *mulch tillage*), le Canada et l'Argentine. A partir des pays de la zone tempérée, ces nouvelles techniques vont progressivement gagner les tropiques via les systèmes de production motorisés générant les mêmes problèmes de dégradation des sols et même atteindre les agricultures familiales (cas remarquable du Brésil). Depuis, il en résulte une augmentation régulière des surfaces cultivées en *no-tillage* (Tab. 1).

Tableau 1: Superficies (ha) sous semis direct dans différents pays
(Synthèse de DERPSCHE 1997 et 2003)

Pays	1973/74	1983/84	1999/2000	2001/2002
USA	2 200 000	4 800 000	19 750 000	22 410 000
Brésil	1 000	400 000	13 470 000	17 356 000
Argentine	-	-	9 250 000	13 000 000
Australie	100 000	400 000	8 640 000	9 000 000
Canada	-	-	4 080 000	4 080 000
Paraguay	-	-	800 000	1 300 000
Bolivie	-	-	-	417 000
Nord de l'Inde, Pakistan	-	-	-	350 000
Afrique du Sud	-	-	-	300 000
Venezuela	-	-	-	150 000
Chili	-	-	-	130 000
Colombie	-	-	-	70 000
Uruguay	-	-	-	50 000
Mexique	-	-	-	50 000
Ghana	-	-	-	45 000
Autres	-	-	-	1 500 000
Total	-	-	-	70 208 000

Seule une petite proportion (environ 450 000 ha) de ce total est pratiquée par les petites exploitations paysannes (environ 200 000 paysans).

2.2.3.2 Effets des SCV

1). Avantages

Plusieurs auteurs attribuent des effets bénéfiques aux systèmes de semis direct sous couverture végétale permanente du sol. Une synthèse tirée des travaux de SEGUY *et al.* (2001), NAUDIN *et al.* (2003) et SCOPEL *et al.* (2004) place ces atouts à différents niveaux.

(a) Au niveau des performances techniques :

i) la couverture végétale permanente combinée au non labour prévient l'érosion (hydrique et éolienne), augmente l'infiltration, réduit l'évaporation, tamponne les températures, crée un environnement favorable au développement de l'activité biologique, contrôle les adventices et accroît le taux de matière organique du sol fournissant ainsi des nutriments aux plantes et à la faune du sol ;

ii) les plantes améliorantes avec un système racinaire puissant et une activité biologique intense participent à l'amélioration de la structure du sol, à l'accroissement du taux de matière organique et à l'alimentation des cultures. Celles-ci assurent aussi le recyclage des nutriments lixiviés (particulièrement les nitrates) et l'utilisation de l'eau profonde du sol pour la production de biomasses pendant la saison sèche.

Tout ceci a pour conséquences l'augmentation et la stabilisation des rendements des cultures. C'est ainsi qu'en grandes parcelles, sur les sols acides ferrallitiques des Cerrados au Brésil et sans irrigation, des rendements jusqu'à 7t/ha de riz pluvial, 5t/ha de coton et 4,5 t/ha de soja peuvent être atteints, avec une réduction de 30 à 50 % de la fertilisation minérale par rapport à l'agriculture conventionnelle avec labour (SEGUY *et al.*, 2001).

(b) Au niveau environnemental, cette agriculture agro-écologique propose des solutions pour les principaux défis que le monde doit affronter à court terme, à savoir :

- i) la protection des sols et régénération de leur fertilité,
- ii) la séquestration du carbone et réduction de l'effet de serre,
- iii) la réduction de l'agriculture itinérante et de la déforestation,
- iv) la réduction de la consommation d'eau pour la production agricole et production pluviale dans les zones marginales,
- v) la réduction des doses d'engrais et de pesticides réduisant leur impact sur la pollution et améliorant la qualité et la sécurité alimentaire,
- vi) et un effet tampon pour les flux d'eau et réduction des risques d'inondation.

(c) Au niveau socio-économique, ces systèmes permettent :

- i) une réduction des temps de travaux et de leur pénibilité,
- ii) une réduction de la consommation en carburant pour les grandes exploitations, des intrants et des investissements,
- iii) un accès facilité aux champs,
- iv) une accessibilité aux différentes catégories d'agriculteurs,
- v) et une possibilité d'augmentation de la valeur ajoutée des produits (agriculture biologique) grâce à l'accès au marché mondial.

2) Inconvénients

Malgré leurs innombrables atouts, certains auteurs mentionnent des inconvénients liés à la pratique des SCV. Pour DOUNIAS (2001), l'utilisation systématique des herbicides remet en question le caractère « écologique » de ces nouvelles modalités d'utilisation du milieu. De plus, le maintien d'une humidité idéale peut favoriser la prolifération des maladies et parasites des cultures sous la couverture qui constitue pour eux un bon abri (CLAVIER, 1998). Cet auteur note aussi une possibilité d'augmentation de la consommation d'azote des micro-organismes pouvant provoquer des carences temporaires en azote (faim d'azote) pour les couvertures présentant un rapport C/N élevé.

2.3 GENERALITES SUR LE COTONNIER (*Gossypium sp*)

2.3.1 Classification

Le cotonnier est une Dicotylédone dialypétale appartenant à l'ordre des Malvales et à la famille des Malvaceae. Les espèces cultivées appartenant au genre *Gossypium* se caractérisent par la présence sur leurs graines de poils cellulosiques utilisés par l'industrie textile. Ces espèces sont *Gossypium herbaceum*, *Gossypium arboreum*, *Gossypium barbadense* et *Gossypium hirsutum* (PARRY, 1982).

2.3.2 Importance économique

L'expression « or blanc » est très souvent employée ces dernières années pour évoquer l'impact économique du développement de la production cotonnière dans certains pays. Elle nous vient des USA où le coton a forgé la fortune des planteurs dans le sud du pays et jeté les bases de l'industrialisation dans le nord (FOKA et RAYMOND, 1999).

Le cotonnier est cultivé pour ses divers produits notamment :

1. **la fibre** utilisée dans la fabrication de tissus, d'étoffes, d'isolants, de câbles, de toiles et de pneus ;
2. **la graine** fournissant de l'huile alimentaire, du tourteau pour les animaux, de la farine alimentaire et des semences ;
3. **la coque** sert de combustible et peut également entrer dans la fabrication du charbon, de colorants, de pâtes à papier ;
4. **le linter** entre dans la fabrication d'explosifs, de vernis, de celluloids, de rembourrages, du papier fin, du simili cuir (ANONYME, 1991).

2.3.3 Ecophysiologie de la plante

Selon PARRY (1982), le cotonnier est une plante pérenne, un petit arbrisseau mais il est généralement cultivé annuellement. C'est une plante à croissance indéterminée dont la végétation peut être très exubérante. La plante est recouverte de poils et parsemée de glandes, mais la sélection permet de disposer de plantes glabres. Les fleurs ont des corolles à cinq pétales, elles sont blanches à leur ouverture puis elles virent au rosé une fois fécondées, soit dans la journée qui suit. Elles se transforment alors en fruit qui sont des capsules de forme ronde ovoïde. Ces capsules sont composées de quatre à cinq loges contenant chacune de 6 à 12 graines. Les graines sont recouvertes de poils qui sont les excroissances à la surface des graines, les plus longs correspondent à la fibre de coton, les plus courts forment une sorte de duvet appelé linter et de couleur gris, blanc ou vert. La fibre est de couleur plus ou moins blanche, elle peut même être naturellement colorée, verte ou brune. Ces caractéristiques générales peuvent varier beaucoup entre les espèces, voire même entre les variétés d'une même espèce. La plante possède une racine pivotante s'enfonçant profondément dans le sol, cette caractéristique lui confère une certaine rusticité par rapport au stress hydrique. La partie aérienne possède une tige principale et des branches qui sont appelées végétatives ou fructifères, ces dernières se caractérisant par un développement végétatif très réduit. Le cotonnier possède deux sortes de glandes, internes ou externes. Les glandes internes sont toujours présentes et réparties dans le plant entier, racines comprises, et à l'intérieur des graines. Ces glandes internes sont plus ou moins visibles car plus foncées que le reste de la plante. Le gossypol en constitue l'élément essentiel, c'est un pigment toxique pour l'homme et les animaux monogastriques en général. L'élimination du gossypol est possible par voie chimique, mais la sélection permet de créer des variétés exemptes de gossypol ou variétés "glandless", ouvrant des perspectives de valorisation alimentaire trop peu exploitées. Les glandes externes ou nectaires sont visibles principalement sur les feuilles.

Le cotonnier est une plante inféodée aux régions tropicales semi-arides ou arides. La température minimum à laquelle débute la germination des graines est de 12 à 13 °C pour l'espèce *G. barbadense* et 14-15 °C pour *G. hirsutum*. En-dessous de ces températures toute végétation s'arrête jusqu'à 4°C. La température optimale de croissance est de 30°C. L'ensoleillement est un facteur primordial de croissance surtout pendant les phases de fructification et de maturation. L'activité photosynthétique maximale correspond à une insolation de 30 MJ/m²/Jr. Les besoins en eau de la culture sont de 700 à 1300 mm (DOORENBOS et KASSAM, 1980). Ces besoins sont plus importants pendant la floraison qui exige au moins 60% du total.

2.3.4 Cycle

PARRY (1982) cite plusieurs phases distinctes dans le cycle du cotonnier, à savoir :

1. **la phase de la levée** allant de la germination à l'étalement des cotylédons dure habituellement 6 à 10 jours, parfois 30 en conditions très défavorables ;
2. **la phase plantule** allant de l'étalement des cotylédons au stade 3-4 feuilles, avec une durée de 20-25 à 35 jours ;
3. **la phase de préfloraison**, du stade 3-4 feuilles au début de la floraison, durée 30-35 jours ;
4. **la phase de la floraison** d'une durée de 50-70 jours ;
5. **et la phase de maturation des capsules**, d'une durée de 50-80 jours.

2.3.5 Principaux ravageurs du cotonnier au Cameroun

Plus de cent cinquante (150) ravageurs ont été recensés en culture cotonnière au Cameroun. Les pertes de récoltes consécutives aux attaques de ces derniers sont souvent supérieures à 30%. Elles peuvent même aller jusqu'à la destruction totale du potentiel de production, sans compter l'altération de la qualité. Une synthèse des travaux de RENOUE et DEGUINE (1992), de CAUQUIL (1988) et de DELATTRE (1973) fait état des nuisibles et de leurs différents organes cibles.

2.3.5.1 Ravageurs des semis, des plantules, des tiges et des racines

Au nombre de ceux-ci figurent des diplopes (Odontopygidae, Julidae), des coléoptères (des charançons et des espèces appartenant aux genres *Gonocephalum*, *Zophosis*, *Sphenoptera* et *Syagrus*). Divers insectes peuvent intervenir dans cette catégorie à l'instar des Noctuidae (larves de lépidoptères des genres *Agrotis*, *Spodoptera*, *Proderia*, *Laphygma* et *Helicoverpa*) et des thrips (*T. tabaci*, *Frankliniella* sp).

2.3.5.2 Ravageurs des feuilles

Ils sont représentés par les ordres Acari (Hemitarsonemus et Tetranychus), Orthoptera (Acrididae), Thysanoptera (*T. tabaci*, *Frankliniella* sp, *Caliothrips*), Homoptera (*Empoasca* sp, le puceron *Aphis gossypii*, l'aleurode *Bemisia tabaci*, des cochenilles), Heteroptera (les miridés *Helopelthis* sp et *Lygus* sp), Coleoptera (*Podagrica* sp) et Lepidoptera (larves des genres *Cosmophila*, *Xanthodes*, *Spodoptera*, *Laphygma*, *Sylepta*, *Acrocercops* et *Bucculatrix*).

2.3.5.3 Ravageurs des organes fructifères

Ce sont essentiellement des Lepidoptera (larves des genres *Helicoverpa*, *Diparopsis*, *Earias*) et des Heteroptera (*Dysdercus* sp, *Nezara* sp, *Piezoderus* sp et *Oxycarenus* sp). Certains de ces prédateurs peuvent aussi être des vecteurs de viroses ou de bactérioses. La lutte contre les ennemis du cotonnier au Nord Cameroun est essentiellement chimique et fait intervenir une gamme variée de pesticides dominée par les pyréthrinoïdes.

CHAPITRE 3 METHODOLOGIE

3.1 SITES D'EXPERIMENTATION

Cette étude est menée dans les sites expérimentaux SCV du projet ESA, localisés dans les villages de Windé Pintchoumba (Nord) et Zouana (Extrême-Nord). Ce sont deux toposéquences intégrant la variabilité physique de la région. Différents systèmes de cultures y sont conduits depuis 2002.

3.1.1 Localisation géographique

La matrice de Windé est située à environ 117 km au Sud de Garoua, chef lieu de la Province du Nord (Fig. 3). Elle a pour coordonnées géographiques 8°29'30''N et 13°26'51''E. Le site de Zouana est localisé à 98 km au Sud de Maroua chef lieu de la Province de l'Extrême-Nord et a pour coordonnées 4°45'01''N et 11°25'03'' E.

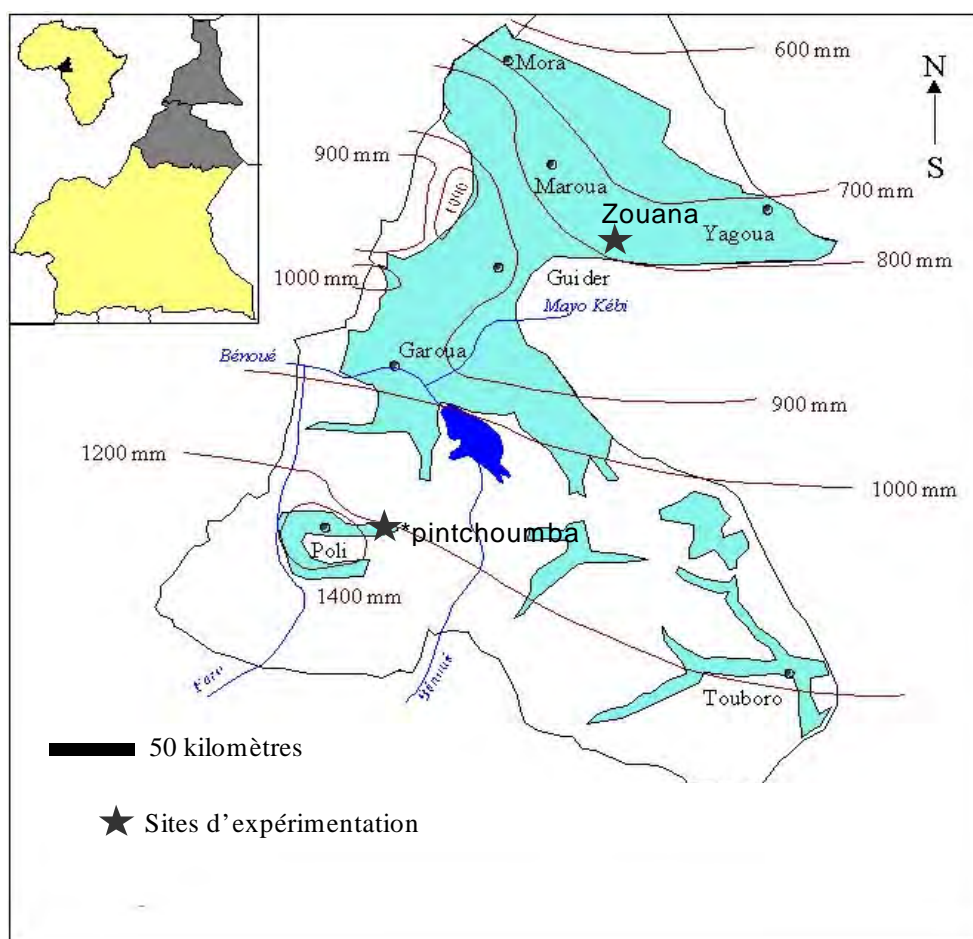


Figure 3 : Localisation des sites d'expérimentation

3.1.2 Climat

Le climat de Windé est du type soudanien caractérisé par une seule saison des pluies allant de mi-Mai à mi-October, centrée sur un maximum au mois d’Août avec un total annuel de 1100 mm et une saison sèche durant en moyenne sept (7) mois. Zouana quant à lui est parcouru par un climat de type soudano-sahélien présentant les caractéristiques suivantes : une saison des pluies allant de Juin à Septembre, avec un pic en Août et une moyenne annuelle de 800 mm et une saison sèche portant sur huit (8) mois.

On observe une irrégularité des précipitations décadaires entre les années (Fig. 4). Les pluies sont généralement plus faibles à Zouana qu’à Windé. Les totaux enregistrés à Windé pendant toute cette période sont de 1377, 1200 et 1451 mm de pluies pour 2002, 2003 et 2004, respectivement. Ces valeurs sont de 546, 863,45 et 708,5 mm à Zouana pour les mêmes années, respectivement. Windé a reçu un peu plus de pluies cette année que les deux précédentes. Par contre, Zouana en reçoit un peu moins en 2004 qu’en 2003.

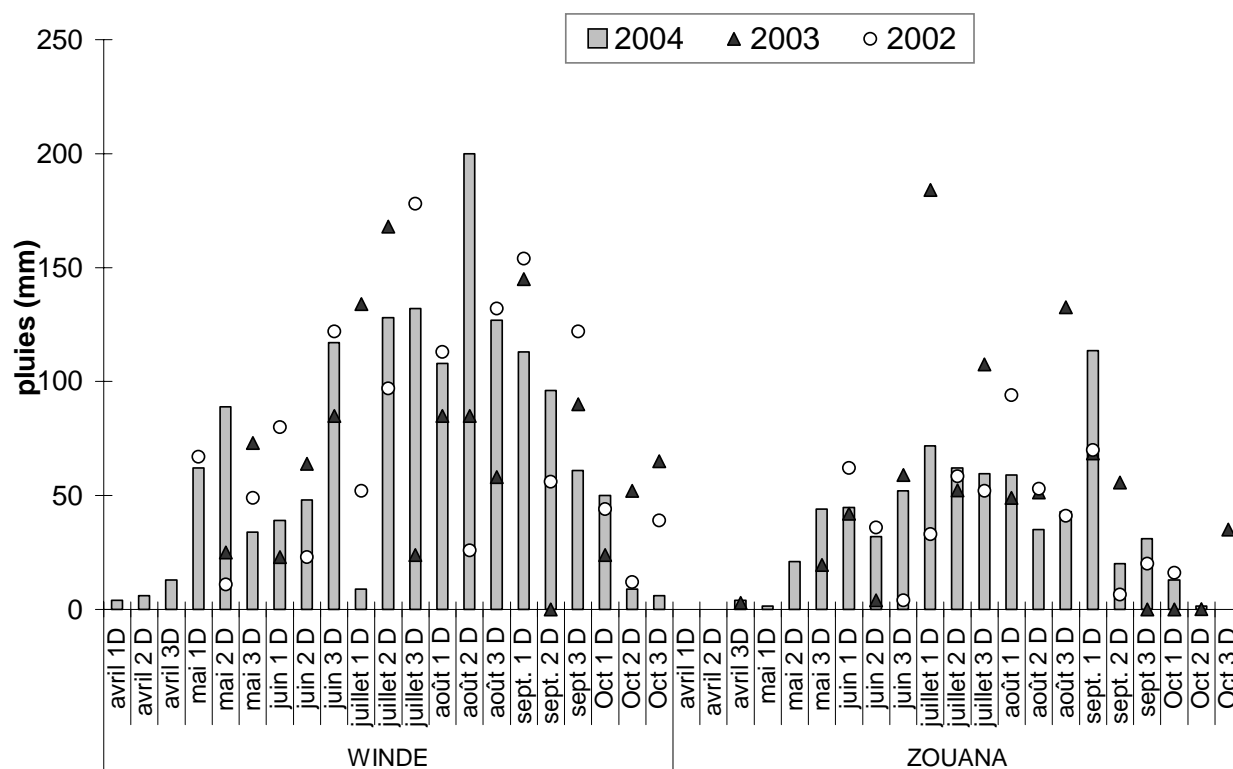


Figure 4 : Données décadaires de pluviométries sur les 3 dernières années

(Relevés effectués sur les sites par les agents du projet ESA)

1D= première décade du mois,
 2D= deuxième décade du mois,
 3D= troisième décade du mois

3.1.3 Caractéristiques des sols

RAUNET, (2003) a décrit les toposéquences ayant supporté cette étude. La matrice de Windé est située sur un glacis-versant constitué de sols ferrugineux tropicaux hydromorphes. Celle de Zouana se situe sur un glacis caractérisé par des sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes gravillonnaires

3.1.3.1 Caractéristiques analytiques

a) Sols ferrugineux tropicaux hydromorphes

Leur pH se situe aux alentours de 6. La capacité d'échange, de l'ordre de 10 meq en surface, atteint 20 meq en dessous. Le taux de saturation est d'environ 50 %. La couleur est gris brunâtre à gris jaunâtre, parfois tachetée de rouille à partir de 60 cm. Le taux de matière organique est de l'ordre de 1 à 2 % pour l'horizon 0 – 20 cm. La texture est limono-sableuse à limono-argilo-sableuse en surface (12 à 25 % d'argiles). Elle est argilo-sableuse (35 à 45 % d'argile) à partir de 60 cm de profondeur. La structure est à tendance massive à polyédrique en surface et polyédrique en profondeur. La présence de nombreux turricules gris de vers de terre en surface et les termitières témoignent d'une activité biologique importante.

b) Sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes gravillonnaires

Ceux-ci sont caractérisés par la présence d'une zone gravillonnaire (gravillons ferrugineux plus ou moins soudés) pouvant se situer entre 20 et 80 cm de profondeur et être épaisse de 40 à 100 cm. Au dessus, on a un limon sableux grisâtre, au-dessous une argile sableuse à gros grains de quartz et de feldspath restant humide ou fraîche en saison sèche. La structure est la plus souvent massive. Ces sols sont pauvres chimiquement avec un taux de matière organique en surface (0-20 cm) de l'ordre de 1 %. Le pH est compris entre 5,5 et 6,0 en surface comme en profondeur. La capacité d'échange est de l'ordre de 4 à 8 meq. Elle est saturée à 30-50 %. L'érosion en nappe est souvent fréquente sur ces sols lorsqu'ils sont cultivés. Il se produit alors un « glaçage » et « colmatage » de la surface donnant un faciès de « sol dégradé ». La présence en surface de termitière et de turricules de vers de terre témoigne aussi d'une activité micro, meso et macrofaunique assez importante.

3.2 MATERIELS ET METHODES

3.2.1 Modes de gestion des sols

Les quatre modes de gestion du sol faisant l'objet de comparaison sont :

- i) le semis sur labour (SL),
- ii) le semis direct sur sol nu (SN),
- iii) le semis direct sous couverture de graminées (CG) et
- iv) le semis direct sous couverture de légumineuse (CL).

Nous noterons dans les deux derniers cas que la biomasse composant la couverture a été produite et laissée en place lors des campagnes 2002 et/ou 2003 (Tab. 2). Elle a été protégée des animaux par la présence d'une haie vive de *Ziziphus mucronata*. Les plantes intervenant dans la comparaison sont mentionnées dans le tableau 2. L'introduction d'une plante secondaire en culture intercalée avec la vivrière vise :

- a) la production de biomasse (aérienne et souterraine) dont une partie servira de couverture la campagne suivante et une autre de fourrage
- b) et/ou l'amélioration des propriétés physico-chimiques du sol.

Tableau 2: Traitements à comparer.

Sites	Objets à comparer	Modes de gestion des sols	Spéculation en 2002	Spéculation en 2003	Couverture en 2004
WINDE	SL	Semis sur labour	coton	<i>Zea mais</i>	-
	SN	Semis direct sur sol nu	coton	<i>Zea mais</i>	-
	CG	Semis direct sous couverture de graminées	coton	<i>Zea mais</i> + <i>Brachiaria ruziziensis</i>	Résidus de maïs + Brachiaria
	CL	Semis direct sous couverture de légumineuses	coton	<i>Zea mais</i> + <i>Mucuna pruriens</i> ou <i>Crotalaria retusa</i>	Résidus de maïs + Mucuna ou crotalaire
ZOUANA	SL	Semis sur labour	coton	<i>Sorghum bicolor</i>	-
	SN	Semis direct Sur sol nu	coton	<i>Sorghum bicolor</i>	-
	CG	Semis direct sous couverture de graminées	coton	<i>Sorghum bicolor</i> + <i>Brachiaria ruziziensis</i>	Résidus de sorgho + Brachiaria
	CL	Semis direct sous couverture de légumineuses	coton	<i>Sorghum bicolor</i> + <i>Mucuna pruriens</i> ou <i>Crotalaria retusa</i>	Résidus de sorgho + Mucuna ou crotalaire

3.2.2 Itinéraires techniques

L'itinéraire technique suit les recommandations IRAD-SODECOTON (Tab. 3). Les parcelles témoins (SL) sont labourées à la charrue à soc en traction animale et semées en cotonnier à l'aide de houes et de cordes à repères. Les variétés utilisées sont IRMA A 1239 pour le Nord et IRMA A 749 pour l'Extrême-Nord. La fertilisation s'effectue aussi à la houe en localisé au niveau du poquet. Les traitements phytosanitaires se font par pulvérisation à

très bas volume (10 l/ha) avec l'appareil HANDY (herbicides) et ULVa + (insecticides). Les parcelles en semis direct subissent un labour chimique remplaçant le travail mécanique du sol avant d'être ensemencées. En SCV, la graine est directement enfouie sous la couverture produite in situ en précédent cultural.

Tableau 3 : Conditions de réalisation des essais

W I N D É			
Opération culturale	Mode de gestion des sols	Date (année 2004)	Produits et quantités utilisés
Labour chimique	SN, CG et CL	17/5	glyphosate à 720 g/ha
Labour	SL	24/5	
Traitement des semences	SL, SN, CG et CL	25/5	carbosulfan à 3,5 g/kg de semences non délimitées
Semis	SL, SN, CG et CL	25/5	variété IRMA A1239 *écartement 80 X 40 cm
Herbicide de pré-levée	SN, CG et CL	25/5	Diuron à 550 g/ha
Re-semis	SL, SN, CG et CL	14/6	Poquets non levés
Démariage1	SL, SN, CG et CL	14/6	1 plant par poquet
Démariage2	SL, SN, CG et CL	24/6	
Fertilisation complète	SL, SN, CG et CL	20/6	NPKSB(15.20.15.6.1) :200 kg/ha Urée (46% N): 50 kg/ ha Urée (46% N): 25 kg/ ha
Supplément sarclage	CG et CL	25/6	
Sarclage	SL, SN, CG et CL	4/7	
Sarclo-Buttage	SL et SN	3/8	
Traitement insecticide	SL, SN, CG et CL	11/7 Tous les 14 jours à partir du 26/07 jusqu'au 19/09	Endosulfan à la dose de 375g/ha Cyperméthrine + profenofos aux doses de 36 et 150 g/ha, respectivement
Récolte			

Z O U A N A			
Opération culturale	Mode de gestion des sols	Date (année 2004)	Produits et quantités utilisés
Labour	SL	1/6	
Traitement des semences	SL, SN, CG et CL	5/6	carbosulfan à 3,5 g/kg de semences non délimitées
Semis	SL, SN, CG et CL	5/6	variété IRMA A 749 *écartement 80 X 25 cm
Herbicide de pré-levée	SN, CG et CL	5/6	Diuron à 550 g/ha+ glyphosate à 720 g/ha
Re-semis	SL, SN, CG et CL	25/6	Poquets non levés
Démariage1	SL, SN, CG et CL	25/6	1 plant par poquet
Démariage2	SL, SN, CG et CL	5/7	
Fertilisation complète	SL, SN, CG et CL	13/7	NPKSB(15.20.15.6.1) :200 kg/ha+ Urée (46% N): 50 kg/ ha Urée (46% N): 25 kg/ ha
Supplément sarclage	CG et CL	22/7	
Sarclage	CG et CL	22/7	
Sarclo-Buttage	SL et SN	28/7	
Traitements insecticides	SL, SN, CG et CL	15/7 29/7 13/8 Tous les 14 jours à partir du 27/08	Cyperméthrine + profenofos aux doses de 18 et 75 g/ha, respectivement double dose précédente Endosulfan à la dose de 375g/ha Cyperméthrine + profenofos aux doses de 36 et 150 g/ha, respectivement
Récolte			

3.2.3 Dispositif expérimental

L'essai est mené sur des matrices simples (3,5 ha) dans lesquelles sont mis en place divers systèmes de culture (Annexes 1 et 2). Nos parcelles élémentaires ont une superficie de 200 m² à Windé (3 répétitions) et 60 m² à Zouana (4 répétitions sauf SN 2).

3.2.4 Observations

3.2.4.1 Pièges

Sur chaque parcelle élémentaire, trois pièges de type « Barber » (GOBAT *et al.*, 1998 ; VIAUX et RAMEIL, 2004) sont disposés juste avant le semis selon une diagonale (distance entre pièges au minimum de 6 m à Windé et de 3 m à Zouana). Chaque piège est constitué d'un seau en plastique (volume 5 litres et diamètre 21 cm) perforé à sa base pour permettre l'évacuation de l'eau. Il est enterré au ras du sol et surmonté d'une toiture métallique le protégeant de la pluie (Planche 1). Il s'agit d'un dispositif de piégeage passif. Les captures résultent de l'activité des organismes mais ne renseignent pas forcément sur leurs abondances relatives. Cette méthode reste tout de même indiquée pour la détermination des habitats préférentiels des taxons et l'étude de la diversité des peuplements (VIAUX et RAMEIL, 2004). La période de piégeage s'étend de 1 à 105 et 1 à 98 jours après semis pour Windé et Zouana, respectivement. Chaque jour, le contenu de chaque pot est transféré dans un flacon en verre étiqueté contenant de l'alcool à 95° pour la conservation des organismes collectés. Les flacons sont envoyés au laboratoire une fois par semaine, pour l'identification et le comptage des individus piégés.



(a)



(b)



(c)

Planche 1 : Installation d'un pot piège à Zouana : (a) seau et toiture, (b) installation du pot piège et (c) piège de type « Barber » (Bikay S. et Adoum O.)

3.2.4.2 Echantillons de sols

1. Monolithes

Cette méthode d'échantillonnage de la faune du sol s'inspire des travaux de ANDERSON et INGRAM (1993), consistant à prélever des cubes de terre de 30 cm d'arête. Deux trous distants de 5 m ont été réalisés dans la partie centrale de la parcelle, au semis puis 30 jours après. Les organismes de surface (litière) sont soigneusement collectés et conservés dans les flacons d'alcool. Le monolithe extrait est épandu sur une bâche. Les individus repérés à l'œil nu sont capturés à la main ou à l'aide d'un aspirateur à bouche (Planche 2). Cette méthode, bien que présentant quelques limites (risque de perte des organismes de très petite taille et/ou très rapides, grande pénibilité du travail et sous-estimation des insectes sociaux), est souvent utilisée pour sa rapidité, sa simplicité de mise en oeuvre et la robustesse des résultats (LAVELLE et FRAGOSO, 2000 ; BROWN *et al.*, 2002).

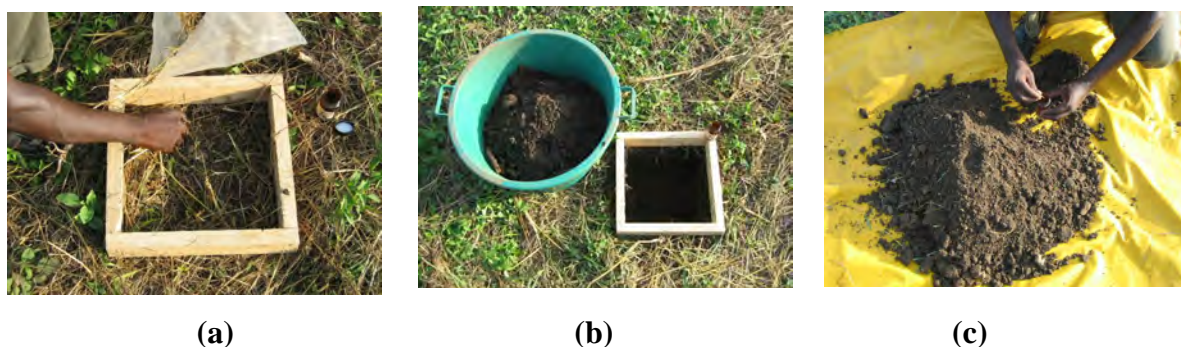
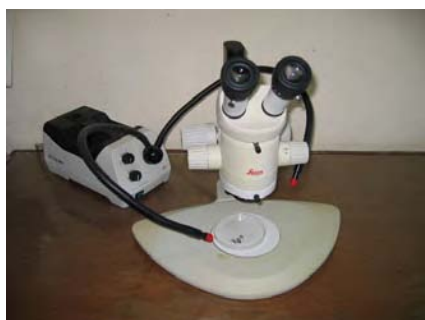


Planche 2 : (a) Collecte des organismes de surface ; (b) prélèvement du monolithe et (c) extraction des macroinvertébrés à Zouana (Bikay S.)

Les individus collectés sont observés et dénombrés au laboratoire, à l'aide d'une loupe binoculaire (photo1). La détermination de la famille d'appartenance s'effectue à l'aide de clés d'identification (BOUCHE, 1972 ; DELVARE et ABERLENC, 1989 ; Mc GAVIN, 2000). Ce niveau d'identification reste satisfaisant par rapport aux objectifs de l'étude d'une part, aux moyens et au temps impartis d'autre part. Les informations obtenues à partir de ce taxon



nous permettent d'accéder à certaines caractéristiques propres à la biologie des organismes concernés et par conséquent à leur fonction écologique dans l'agro-écosystème (BROWN, 2002).

Photo 1 : Loupe binoculaire *Leica* (Bikay S.)

2. Carottes

L'extraction de colonnes de terre non remaniée (5,5 cm de diamètre et 17 cm de hauteur) est effectuée à l'aide d'une tarière. Un prélèvement sur une parcelle élémentaire consiste en quatre (4) colonnes extraites aux sommets d'un carré de 1 m de côté. Chaque colonne de terre est ensuite ensachée, étiquetée, puis transportée au laboratoire où elle est transférée dans des extracteurs de type « Berlèse » (GOBAT, 1998). L'extracteur est constitué d'une bouteille d'eau minérale vide (1,5 l), sectionnée à son tiers inférieur. La partie supérieure de la bouteille est renversée sur la partie inférieure, de façon à constituer un entonnoir contenant à la base un grillage à petites mailles (3 mm) supportant la colonne de terre. Une source de chaleur (6 ampoules 70 W) est placée au dessus de l'ensemble, pour accélérer l'assèchement de la colonne de sol et la migration des organismes vers le bas. La partie inférieure de la bouteille contient de l'alcool assurant la conservation des organismes qui y tombent. Le dénombrement et l'identification des organismes recueillis sont effectués sous loupe binoculaire.

3.2.4.3 Plants de cotonniers

Le suivi des dégâts à la levée et des infestations des ravageurs aériens est inspiré des travaux de BREVAULT *et al.* (2003).

1. Levée

Le semis s'effectue à 5 graines par poquets sur 6 lignes centrales de 10 m (1200 plants théoriques) et 12 lignes centrales de 8 m (1200 plants théoriques) à Zouana et Windé, respectivement. Les plants levés ont été dénombrés 7, 14 et 20 jours après le semis. Le nombre de plants présentant des feuilles rongées ou la tige sectionnée est relevé. Une observation de la taille des plantules est effectuée 24 jours après la levée sur 40 plants par parcelle élémentaire.

2. Pucerons

L'observation des pucerons est faite de façon hebdomadaire à partir de l'apparition des premières infestations. On note la présence ou l'absence de pucerons sur les cinq (5) feuilles terminales de 4 séries de 5 plants consécutifs dans chaque parcelle élémentaire.

3. Chenilles de la capsule

Les chenilles sont dénombrées de manière hebdomadaire sur 250 plants par parcelle. Tous les deux jours, un ramassage des organes fructifères tombés est effectué sur 2 interlignes de 8 m (Windé) et 12m (Zouana). Le nombre d'organes présentant des symptômes d'attaques de chenilles (perforation) est relevé.

3.2.5 Analyse des données

3.2.5.1 Pièges et échantillons de sol

Les données obtenues se présentent sous la forme d'effectifs par date, par famille, par site, par mode de gestion, par parcelle et par piège ou échantillon de sol. Elles permettent de calculer certains critères tels que :

- (a) **l'abondance** (facteur quantitatif) - effectif (nombre moyen d'individus piégés par parcelle) et densité (nombre moyen d'individus par unité de surface) et
- (b) **la diversité** (facteur qualitatif) évaluée à partir des indices de Shannon-Waeber (H') et d'équitabilité (E).

L'**indice de Shannon-Weaver (H')** prend en compte le nombre de groupes rencontrés (s). Sa valeur calculée est obtenue par la formule :

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

p_i = probabilité de rencontre d'un taxon i sur une parcelle

s = nombre total des taxons rencontrés sur la parcelle

Cet indice est nul quand il n'y a qu'un taxon et sa valeur est maximale quand tous les taxons ont la même abondance.

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

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

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

Pour déterminer les effets des modes de gestion du sol, une analyse de variance est appliquée aux données d'effectif par parcelle à l'aide du logiciel XL STAT 75. Le test utilisé est celui de Tukey.

3.2.5.2 *Plants de coton*

Les données de la levée se présentent sous la forme de pourcentage de poquets et de plants levés, de plants aux cotylédons attaqués ou à la tige sectionnée et de hauteur moyenne des plants. Celles des attaques de pucerons s'affichent sous la forme de pourcentage de feuilles infestées. Les dégâts des chenilles sont exploités sous la forme d'effectifs de chenilles pour 250 plants par parcelle et de pourcentage d'organes fructifères abscissés attaqués. Toutes ces données sont aussi soumises à la même analyse de variance mentionnée plus haut permettant de déterminer l'effet du mode de gestion des sols.

CHAPITRE 4

RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 PIEGES

4.1.1 Profil pluviométrique et effectif de la macrofaune

Au total, 26 078 individus ont été capturés sur les 2 sites de piégeage Windé et Zouana réunis, sur une période de 105 et 98 jours, respectivement (Annexe 3). Les effectifs capturés à Zouana sont de 18107 représentant 69,4% des individus piégés, pour un effectif moyen par piège de 431 individus contre 221 à Windé.

Sur la période de piégeage, on observe une variation importante des effectifs capturés (Fig. 5). Il ne ressort pas une relation évidente entre le piégeage et le profil pluviométrique.

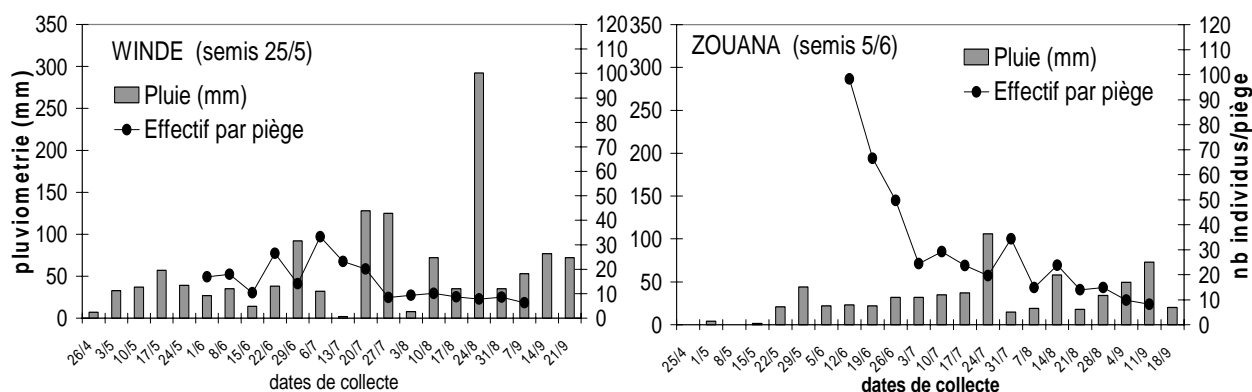


Figure 5 : Dynamique du piégeage en fonction de la pluviométrie

4.1.2 Composition et diversité selon le site

Après classification des individus, nous avons choisi d'écarter les groupes (familles ou ensemble de familles non déterminées appartenant à un même ordre) présentant un cumul de moins de 10 individus sur les 2 sites, considérant leur poids comme négligeable dans les effectifs piégés. Au total, ils ne représentent que 2,2 % des effectifs totaux capturés. Pour les 2 sites, l'inventaire aboutit donc à la définition de 46 groupes appartenant à 3 phyla, regroupant 8 classes et 26 ordres (Tab. 4).

Le phylum des Arthropoda est le mieux représenté, avec plus de 98% des individus capturés sur les 2 sites. Il est suivi des Annelida (vers de terre et enchytréides) et Mollusca (escargots). La classe des Insecta est majoritaire avec 65,4 et 69,7% des Arthropoda capturés à Zouana et Windé, respectivement. On rencontre également en proportion importante, des Diplopoda (11,2 % : iules et polydesmides), en particulier à Windé (23,7%), et des Arachnida (10,3% : divers araignées, scorpions, pseudoscorpions et acariens). D'autres classes

d'Arthropoda sont également recensées, comme les Crustacea (6,5% : cloportes), Hexapoda (2,8% : thysanoures) et Chilopoda (0,7% : lithobiide, scolopendres, etc.).

La classe des Insecta se compose essentiellement des ordres Coleoptera (48,4%, en particulier Zouana) et Hymenoptera (37,5% : en particulier fourmis et guêpes à Windé). On rencontre ensuite des Orthoptera (4,7% : grillons), Hemiptera (4,3% : punaises), Isoptera (2,0% : termites), Diptera (1,4% : asticots), Lepidoptera (1,1% : chenilles), Strepsiptera (0,3%), Embioptera (0,2%) et Dictyoptera (0,1% : blattes). Parmi les coléoptères, les familles les plus représentées sont les Staphylinidae (61,1%), presque exclusivement collectés à Zouana (69,0%), et les Carabidae (13,8%). On rencontre ensuite des individus issus des familles Scarabeidae, Curculionidae, Elateridae, Chrysomelidae, Cicindelidae, Anthicidae, Tenebrionidae, etc.

Tableau 4: Composition taxonomique des captures (sites de Zouana et Windé).

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Nom commun	Site			
					WINDE	ZOUANA	Total	
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	staphylin	37	5030	5067	
			Carabidae	carabe	222	924	1146	
			divers Coleoptera	larve coléoptère	391	74	465	
			Scarabaeidae	scarabé	35	294	329	
			Curculionidae	charançon	152	102	254	
			Elateridae	taupin	12	219	231	
			Chrysomelidae	chrysomèle	19	212	231	
			Cicindelidae	cicindèle	18	153	171	
			Anthicidae	anthicide	6	152	158	
			Tenebrionidae	ténébrion	88	35	123	
			Nitidulidae	nitidulide	3	49	52	
			Lampyridae	lampyre	7	25	32	
			Thoricidae	thorictode	2	18	20	
			Mycetophagidae	mycétophage	14		14	
				Hymenoptera	Formicidae	fourmi	3054	3125
			divers Hymenoptera	guêpe	11	244	255	
		Orthoptera	Gryllidae	grillon	375	428	803	
		Hemiptera	Pyrrhocoridae	punaise	40	315	355	
			Cydnidae	punaise	144	47	191	
			Reduviidae	réduve	11	126	137	
			Lygaeidae	punaise	8	48	56	
		Isoptera	Termitidae	termite	13	324	337	
		Diptera	divers Diptera	larve diptère	181	64	245	
		Lepidoptera	Noctuidae	chenille	29	128	157	
			divers Lepidoptera	chenille	24	16	40	
		Strepsiptera	Stylopidae	strepsiptère	12	35	47	
		Embioptera	Clothodidae	embiopère	3	27	30	
		Dictyoptera	Blattidae	blatte	5	8	13	
		Diplopoda	Julida	Julidae	iule	595	885	1480
			Polydesma	Polydesmidae	polydesmide	1190	146	1336
		Arachnida	Araneae	divers Araneae	araignée	726	1111	1837
	Acari		Trombidiidae	trombidiide		572	572	
	Scorpiones		divers Scorpiones	scorpion	24	75	99	
	Pseudoscorpiones		divers Pseudoscorpiones	pseudoscorpion	4	60	64	
	Solifugae		divers Solifugae	solifuge	1	12	13	
	Crustacea		Isopoda	Porcellionidae	cloporte	7	1624	1631
	Hexapoda	Thysanura	Lepismatidae	thysanoure	9	380	389	
			divers Thysanura	thysanoure	1	284	285	
	Chilopoda	Diplura	Japygidae	diploure	28	5	33	
		Lithobiida	Lithobiidae	lithobiide	13	53	66	
		Scolopendrida	Scolopendridae	scolopendre	8	48	56	
		Geophila	Geophilidae	géophilide		33	33	
		Scutigera	Scutigera	scutigère		29	29	
Annelida	Oligocheta	Haplotaxida	Lumbricidae	ver de terre	100	268	368	
			Enchytraeidae	enchytréide	1	21	22	
Mollusca	Gasteropoda	Stylommatophora	divers Stylommatophora	escargot	53	4	57	
Total					7676	17832	25508	

Pour les 2 niveaux retenus (ordre et nom commun), la diversité (richesse taxonomique, indice de Shannon Weaver et NGE 95) et l'équitabilité sont légèrement plus élevées à Zouana (Tab. 5).

Tableau 5 : Diversité et équitabilité de l'échantillon selon le site

Niveau taxonomique	Site	Richesse taxonomique	Indice de Shannon-Weaver	Equitabilité	NGE 95
ORDRE	WINDE	23	2,75	0,61	8
	ZOUANA	26		0,62	11
			2,92		
NOM COMMUN	WINDE	39	3,11	0,59	13
	ZOUANA	41	3,73	0,69	21

Critères calculés sur la base des effectifs des classes identifiées par un nom commun.

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

4.1.3 Effectifs piégés et modes de gestion des sols

Sur les deux sites étudiés, les effectifs moyens par parcelle varient selon le mode de gestion des sols (Tab. 6 et 7). D'une manière générale, on capture davantage d'individus sur les parcelles couvertes que sur les parcelles non couvertes (CL>CG>SN>SL). Cette distribution des effectifs par mode de gestion des sols devient plus irrégulière lorsqu'on s'intéresse à un niveau taxonomique donné.

4.1.4 Composition et diversité des captures selon le mode de gestion des sols

A Windé, les sols couverts (CG et CL) abritent davantage d'insectes (Formicidae, Gryllidae, Carabidae, Curculionidae et Tenebrionidae), de diplopodes (Julidae), d'araignées (divers Araneae et Scorpiones), d'hexapodes (Japygidae), de vers de terre (Lumbricidae) et d'escargots (divers Stylommatophora). La couverture en légumineuses se distingue de la couverture en graminées par une plus grande abondance en Formicidae, Carabidae, Tenebrionidae et Gryllidae. Sur les sols non couverts (SN et SL), on collecte davantage de larves d'insectes (divers Coleoptera et Diptera) et de diplopodes (Polydesmidae).

A Zouana, les sols couverts (CG et CL) abritent davantage d'insectes (Staphylinidae, Formicidae, Carabidae, Gryllidae, Pyrrhocoridae, Termitidae, Elateridae, Chrysomelidae, Cicindelidae, Reduviidae, Curculionidae et Nitidulidae), d'araignées (divers Araneae et Trombididae), d'hexapodes (divers Thysanura), de chilopodes (Lithobiidae et Scolopendridae). La couverture en légumineuses se distingue de la couverture en graminées par une plus grande abondance en insectes -Staphylinidae, Pyrrhocoridae, Curculionidae et Nitidulidae- et thysanoures. Sur les sols non couverts (SN et SL), on collecte davantage de guêpes (divers Hymenoptera) et de larves d'insectes (divers Diptera).

Tableau 6: Composition taxonomique des captures : effectifs par parcelle et par mode de gestion des sols (site de Windé)

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Nom commun	Mode de gestion du sol			
					CL	CG	SN	SL
Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Formicidae	fourmi	320	252	237	209
			divers Hymenoptera	guêpe	2	1	0	1
		Coleoptera	divers Coleoptera	larve coléoptère	20	14	27	69
			Carabidae	carabe	37	12	13	12
			Curculionidae	charançon	15	13	12	11
			Tenebrionidae	ténébrion	14	7	2	6
			Staphylinidae	staphylin	4	4	4	1
			Scarabaeidae	scarabé	2	2	4	4
			Chrysomelidae	chrysomèle	2	1	2	2
			Cicindelidae	cicindèle	2	0	3	1
			Mycetophagidae	mycétophage	4	1	0	0
			Elateridae	taupin	2	2	0	0
		Lampyridae	lampyre	1	1	0	0	
		Anthicidae	anthicide	0	1	0	1	
		Nitidulidae	nitidulide	1	0	0	0	
	Thorictidae	thorictode	0	0	0	0		
	Orthoptera	Gryllidae	grillon	53	30	21	21	
	Hemiptera	Cydniidae	punaise	12	8	20	7	
			Pyrrhocoridae	punaise	6	1	5	2
		Reduviidae	réduve	1	2	1	0	
		Lygaeidae	punaise	0	1	1	0	
	Diptera	divers Diptera	larve diptère	0	23	29	8	
	Lepidoptera	Noctuidae	chenille	4	1	2	2	
		divers Lepidoptera	chenille	4	1	1	3	
	Isoptera	Termitidae	termite	1	1	0	3	
	Strepsiptera	Stylopidae	strepsiptère	0	1	3	0	
	Dictyoptera	Blattidae	blatte	0	1	0	0	
	Embioptera	Clothodidae	embioptère	0	0	0	1	
	Diplopoda	Polydesma	Polydesmidae	polydesmide	36	132	137	91
		Julida	Julidae	iule	66	52	48	33
	Arachnida	Araneae	divers Araneae	araignée	96	92	27	28
		Scorpiones	divers Scorpiones	scorpion	3	3	1	2
		Pseudoscorpiones	divers Pseudoscorpiones	pseudoscorpion	1	0	0	0
Solifugae		divers Solifugae	solifuge	0	0	0	0	
Hexapoda	Diplura	Japygidae	diploure	4	4	0	1	
	Thysanura	Lepismatidae	thysanoure	1	2	0	0	
Chilopoda	Lithobiida	divers Thysanura	thysanoure	0	0	0	0	
		Lithobiidae	lithobiide	2	1	1	0	
	Scolopendrida	Scolopendridae	scolopendre	2	0	1	0	
Crustacea	Isopoda	Porcellionidae	cloporte	2	0	0	0	
Annelida	Oligocheta	Haplotaxida	Lumbricidae	ver de terre	10	14	6	3
			Enchytraeidae	enchytréide	0	0	0	0
Mollusca	Gasteropoda	Stylommatophora	divers Stylommatophora	escargot	6	9	1	2
Total					733	690	613	523

Tableau 7 : Composition taxonomique des captures : effectifs par parcelle et par mode de gestion des sols (site de Zouana)

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Nom commun	Mode de gestion du sol				
					CL	CG	SN	SL	
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	staphylin	563	253	320	282	
			Carabidae	carabe	88	74	27	55	
			Scarabaeidae	scarabé	26	18	15	23	
			Elateridae	taupin	20	20	6	12	
			Chrysomelidae	chrysomèle	22	17	10	10	
			Cicindelidae	cicindèle	18	13	4	6	
			Anthicidae	anthicide	14	6	11	13	
			Curculionidae	charançon	13	6	3	5	
			divers Coleoptera	larve coléoptère	5	6	10	4	
			Nitidulidae	nitidulide	10	2	1	1	
			Tenebrionidae	ténébrion	3	3	4	1	
			Lampyridae	lampyre	2	1	3	2	
			Thoricidae	thorictode	2	1	2	1	
		Hymenoptera	Formicidae	fourmi	270	236	237	158	
		divers Hymenoptera	guêpe	9	7	6	42		
		Hemiptera	Pyrrhocoridae	punaise	53	14	22	1	
			Reduviidae	réduve	15	13	2	3	
			Lygaeidae	punaise	7	3	0	2	
		Orthoptera	Cydnidae	punaise	5	6	3	0	
			Gryllidae	grillon	34	43	20	20	
		Isoptera	Termitidae	termite	28	34	12	13	
		Lepidoptera	Noctuidae	chenille	17	5	11	5	
			divers Lepidoptera	chenille	3	1	0	0	
		Diptera	divers Diptera	larve diptère	4	1	3	10	
		Strepsiptera	Stylopidae	strepsiptère	9	0	0	0	
		Embioptera	Clothodidae	embioptère	2	2	2	2	
		Dictyoptera	Blattidae	blatte	1	0	1	1	
		Arachnida	Araneae	divers Araneae	araignée	100	107	36	53
			Acari	Trombidiidae	trombidiide	59	54	24	18
			Scorpiones	divers Scorpiones	scorpion	6	7	5	4
			Pseudoscorpiones	divers Pseudoscorpiones	pseudoscorpion	4	5	3	5
			Solifugae	divers Solifugae	solifuge	1	1	1	1
		Crustacea	Isopoda	Porcellionidae	cloporte	166	101	179	50
	Diplopoda	Julida	Julidae	iule	61	76	53	58	
		Polydesma	Polydesmidae	polydesmide	23	10	3	2	
	Hexapoda	Thysanura	Lepismatidae	thysanoure	34	38	15	16	
			divers Thysanura	thysanoure	38	20	19	4	
		Diplura	Japygidae	diploure	0	1	1	0	
	Chilopoda	Lithobiida	Lithobiidae	lithobiide	7	6	0	1	
		Scolopendrida	Scolopendridae	scolopendre	7	3	0	2	
		Geophila	Geophilidae	géophilide	2	2	6	2	
Annelida	Oligocheta	Scutigera	Scutigera	3	1	2	2		
		Haplotaxida	Lumbricidae	ver de terre	16	22	34	13	
			Enchytraeidae	enchytréide	2	2	1	1	
			Mollusca	Gasteropoda	Stylommatophora	divers Stylommatophora	escargot	1	0
Total					1767	1237	1112	899	

Pour les sites étudiés, la diversité des captures (richesse taxonomique, indice de Shannon Weaver et NGE 95) est plus importante sur les sols couverts (Tab 8). On ne note pas de différence sensible concernant l'équitabilité (répartition des taxons).

Tableau 8 : Diversité et équitabilité de l'échantillon par mode de gestion des sols

Site	Mode de gestion des sols	Richesse taxonomique	Indice de Shannon-Weaver	Équitabilité	NGE 95
WINDE	CL	37	3,04	0,58	13
	CG	33	3,06	0,60	13
	SN	33	2,96	0,58	11
	SL	29	2,92	0,59	11
ZOUANA	CL	40	3,14	0,59	21
	CG	40	3,37	0,63	19
	SN	37	2,88	0,55	18
	SL	38	3,06	0,58	18

Critères calculés sur la base des effectifs des classes identifiées par un nom commun.

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

4.1.5 Principales classes trophiques

Les différents groupes représentés ont été classés a priori sur la base de leur fonction trophique dans leur écosystème (Tab. 9). Les trois (3) classes obtenues sont les détriphages, les prédateurs et les phytophages. Ce classement reste approximatif dans la mesure où le régime alimentaire ou les activités peuvent être très différentes entre espèces d'une même famille, voire entre stade de développement ou statut physiologique d'une même espèce. Par exemple, nous avons classé les Gryllidae dans le groupe des « détriphages », bien qu'en certaines conditions, ces insectes peuvent devenir des ravageurs pour la culture. Dans notre classement, les détriphages agiront plus dans le sens de la restitution de la matière organique dans le sol. Les prédateurs (parasitoïdes inclus) seront un indicateur de l'équilibre biologique du système. L'action de ces deux classes trophiques s'avère potentiellement bénéfique pour le fonctionnement de l'agro-écosystème. Les phytophages auront quant à eux un caractère défavorable pour l'état sanitaire de la culture.

Tableau 9: Classification des groupes représentés (familles) selon le régime alimentaire

Action	Fonction	Phylum	Classe	Ordre	Famille	Nom commun					
bénéfique	détritiphage	Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Formicidae	fourmi					
					Orthoptera	Gryllidae	grillon				
					Coleoptera	Scarabaeidae	scarabé				
				Anthicidae		anthicide					
				Tenebrionidae		ténébrion					
				Mycetophagidae		mycétophage					
				Isoptera		Termitidae	termite				
				Diptera		divers Diptera	larve diptère				
				Embioptera		Clothodidae	embioptère				
				Dictyoptera		Blattidae	blatte				
				Crustacea		Isopoda	Porcellionidae	cloporte			
				Diplopoda		Polydesma	Polydesmidae	polydesmide			
				Hexapoda	Thysanura	Lepismatidae	thysanoure				
						divers Thysanura	thysanoure				
						Diplura	Japygidae	diploure			
					Annelida	Oligocheta	Haplotaxida	Lumbricidae	ver de terre		
							Enchytraeidae	enchytréide			
							Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	staphylin
										Carabidae	carabe
				nuisible	phytophage	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Cicindelidae	cicindèle	
									Lampyridae	lampyre	
									divers Coleoptera	divers Coleoptera	larve coléoptère
								Hymenoptera	divers Hymenoptera	guêpe	
Hemiptera	Reduviidae	réduve									
Strepsiptera	Stylopidae	strepsiptère									
Arachnida	Araneae	divers Araneae	araignée								
	Acari	Trombidiidae	trombidiide								
	Scorpiones	divers Scorpiones	scorpion								
Chilopoda	Pseudoscorpiones	divers Pseudoscorpiones	pseudoscorpion								
	Solifugae	divers Solifugae	solifuge								
	Lithobiida	Lithobiidae	lithobiide								
	Scolopendrida	Scolopendridae	scolopendre								
nuisible	phytophage	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Geophila	géophilide					
					Scutigera	Scutigera	scutigère				
				Hemiptera	Curculionidae	Curculionidae	charançon				
						Elateridae	taupin				
						Chrysomelidae	chrysomèle				
					Nitidulidae	nitidulide					
					Thorictidae	thorictode					
					Pyrrhocoridae	punaise					
					Cydnidae	punaise					
				Lepidoptera	Lygaeidae	punaise					
Noctuidae	chenille										
divers Lepidoptera	chenille										
Diplopoda	Julida	Julida	iule								
		Mollusca	Gasteropoda	Stylommatophora	divers Stylommatophora	escargot					

Les valeurs des effectifs capturés par parcelle révèlent des différences sensibles dans la composition trophique des effectifs capturés selon le mode de gestion des sols (Fig. 6). A Windé, les détritiphages sont les plus représentés. Sur les deux sites, on observe moins de détritiphages sur les sols labourés. D'autre part, on capture davantage de prédateurs sur les sols couverts.

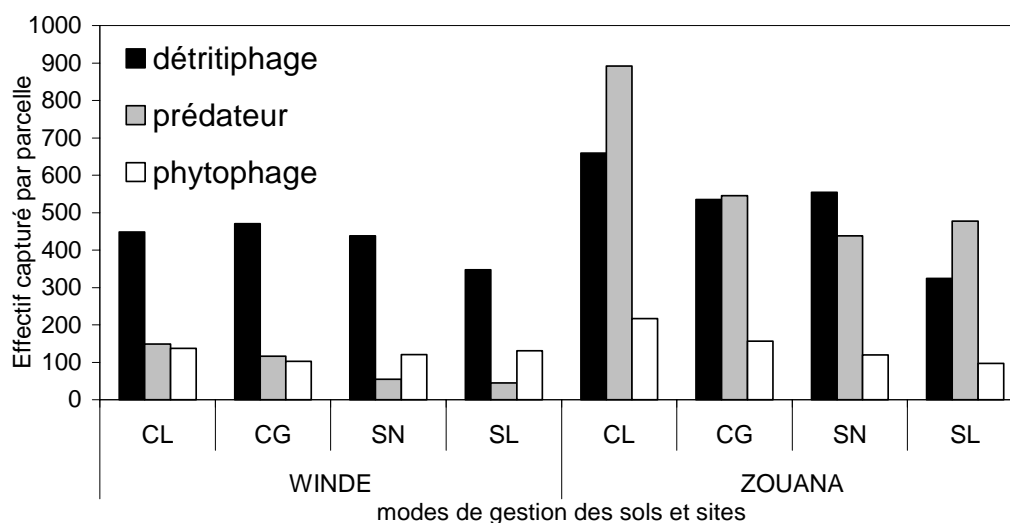


Figure 6: Distribution des classes trophiques par mode de gestion des sols

Concernant les phytophages, on ne note pas de différence d'abondance selon le mode de gestion des sols à Windé alors qu'à Zouana, on observe une diminution des effectifs capturés dans l'ordre CL, CG, SN et SL (Tab 10).

Tableau 10: Effectifs moyens piégés par classe trophique et mode de gestion

Site	Mode de gestion	Détritiphages (nb ind/ piège)	Phytophages (nb ind/ piège)	prédateurs (nb ind/ piège)	Faune totale (nb ind/ piège)
Windé	CL	149 a	46 a	50 a	245 a
	CG	157 a	34 a	39 a	230 a
	SN	146 a	40 a	18 b	204 a
	SL	116 a	43 a	15 b	174 a
Zouana	CL	220 a	72 a	297 a	589 a
	CG	179 a	52 ab	182 b	413 b
	SN	185 a	40 b	146 b	371 b
	SL	108 b	32 b	159 b	299 b

Pour une colonne dans chaque site, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au test de Tukey au seuil $\alpha = 0,05$.

La comparaison prédateurs/phytophages montre la dominance des prédateurs à Zouana, quelque soit le mode de gestion des sols (Fig. 7). A Windé, le rapport est inversé sur les sols non couverts.

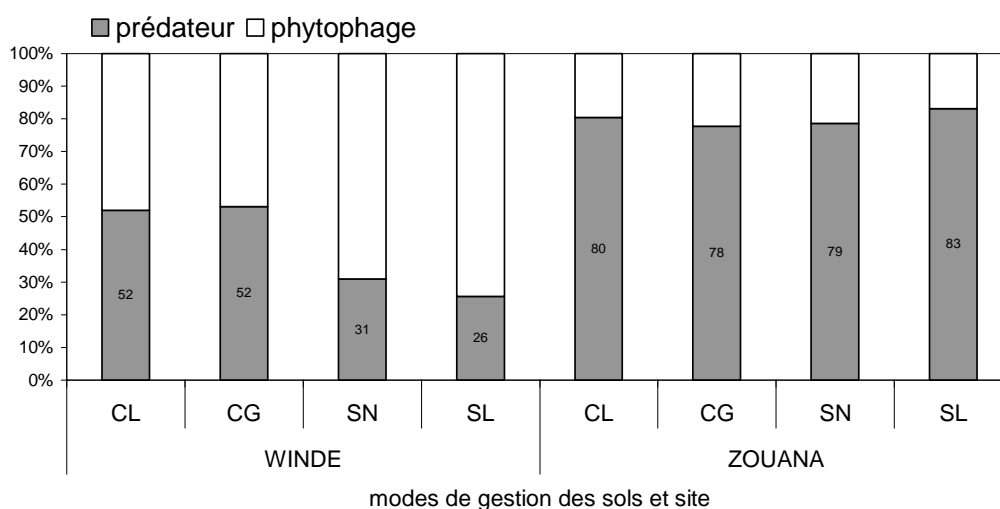


Figure 7: Répartition des proportions prédateurs/phytophages piégés selon le mode de gestion des sols.

Dans la suite de l'analyse, nous nous intéresserons aux groupes majeurs représentés dans chaque fonction trophique (les 8 plus importants en terme d'effectif).

1. Classe des détritiphages

Les détritiphages se composent essentiellement de fourmis, quel que soit le site et le mode de gestion des sols (Fig. 8). On les capture davantage sur les sols non labourés. On observe ensuite un faciès de groupes différent selon le site. A Windé, les polydesmides sont capturés en nombre important. A Zouana, la diversité est plus importante, avec notamment des cloportes, vers de terre, thysanoures, termites et scarabés, particulier sur les sols non labourés.

2. Classe des prédateurs

A Windé, les araignées sont dominantes, en particulier sur les parcelles couvertes. On trouve ensuite des carabes (Fig. 9). A Zouana, on retrouve une plus grande richesse de groupes. Ce sont les staphylins qui dominent largement les captures, quel que soit le mode de gestion des sols. Les araignées et les carabes sont également bien représentés, en particulier sur les sols couverts. On observe des trombididiés, cicindèles, scorpions et scolopendres. On note encore la présence de guêpes dans les pièges des parcelles labourées.

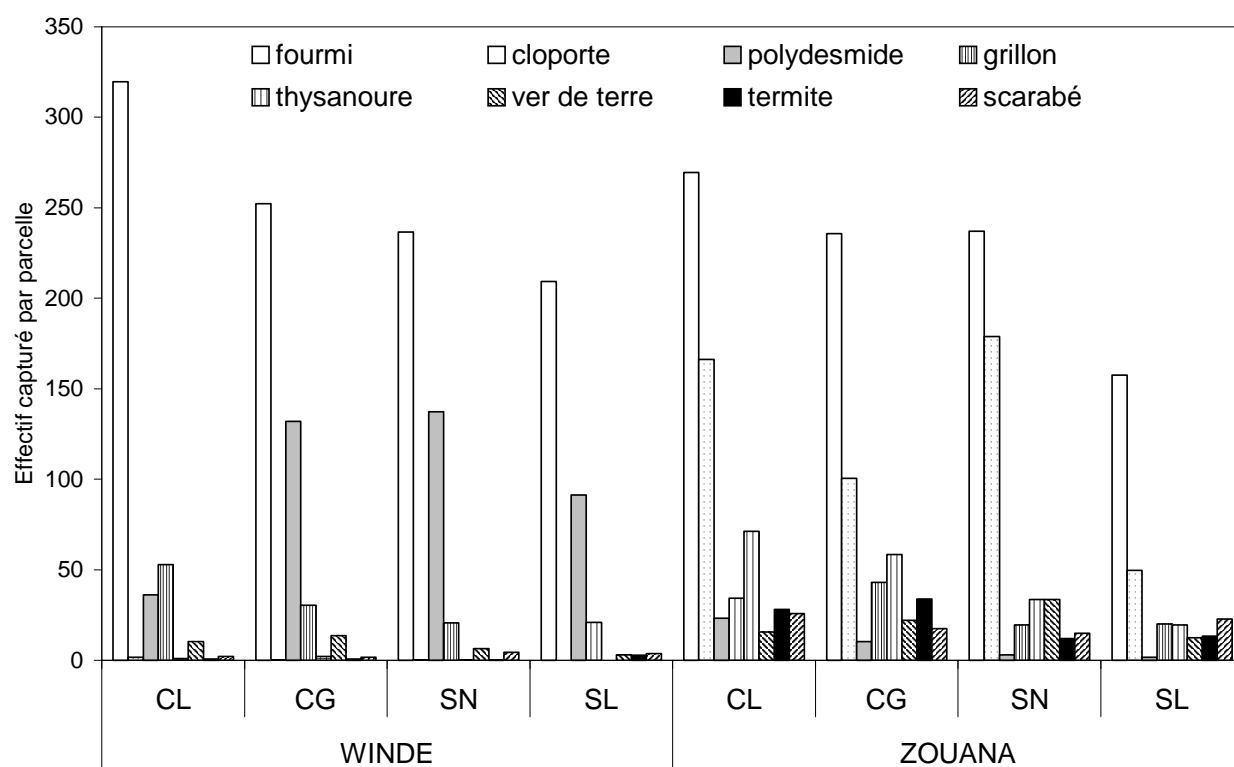


Figure 8 : Composition des détritiphages majeurs selon le mode de gestion des sols

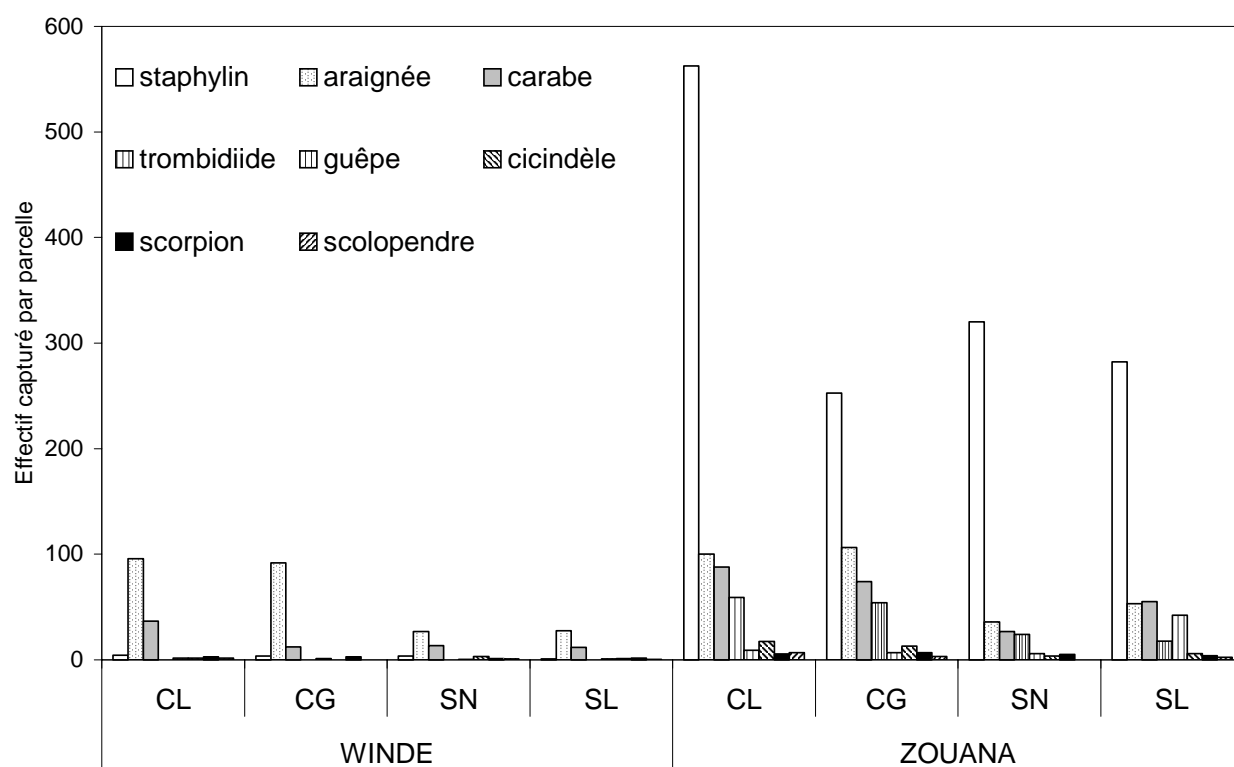


Figure 9 : Composition des prédateurs majeurs selon le mode de gestion des sols.

3. Classe des phytophages

Dans les 2 sites, ce groupe trophique est dominée par les iules, à l'exception des parcelles labourées à Windé, en contrepartie riches en larves de coléoptères (Fig. 10). On rencontre beaucoup de punaises, mais sans relation apparente avec le mode de gestion des sols. Les captures se composent ensuite de charançons, taupins, chrysomèles, chenilles et escargots

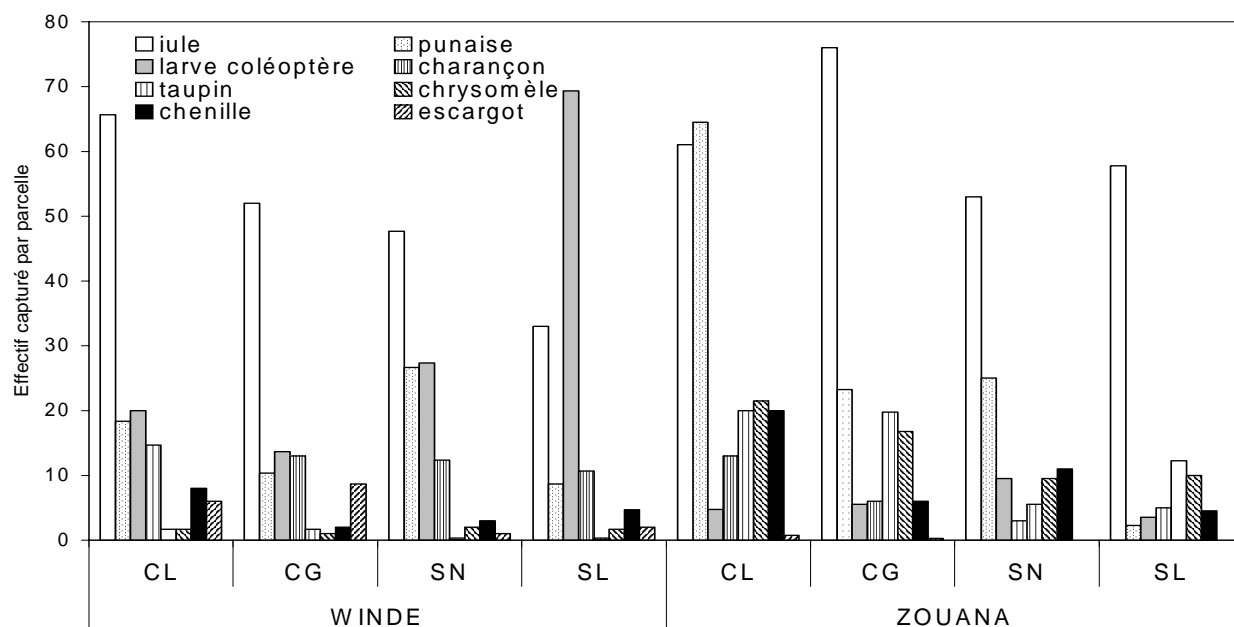


Figure 10: Composition des phytophages majeurs selon le mode de gestion des sols

4.1.6 Dynamique de capture des différents groupes majeurs

1. Détritiphages

Les effectifs des fourmis sont en général toujours plus élevés sur les parcelles SCV des deux sites, exception faite de quelques pics sur les parcelles témoins à Windé (Fig. 14).

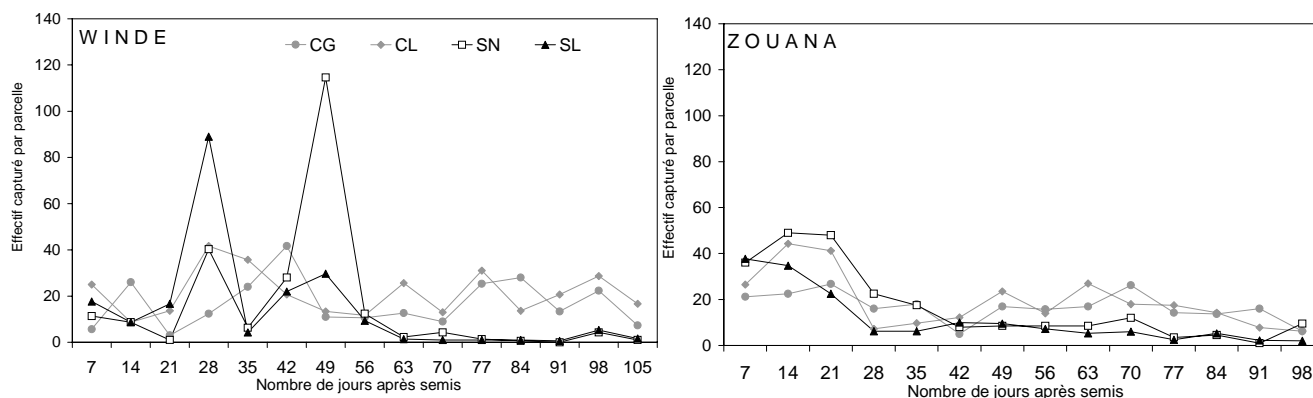


Figure 11: Dynamique de capture des fourmis selon le mode de gestion des sols

Pour les polydesmides capturés à Windé, on observe 2 pics à 42 et 56 jas, les captures étant très faibles en dehors de cette période (Fig. 15). A Zouana, les cloportes se rencontrent principalement en début de cycle.

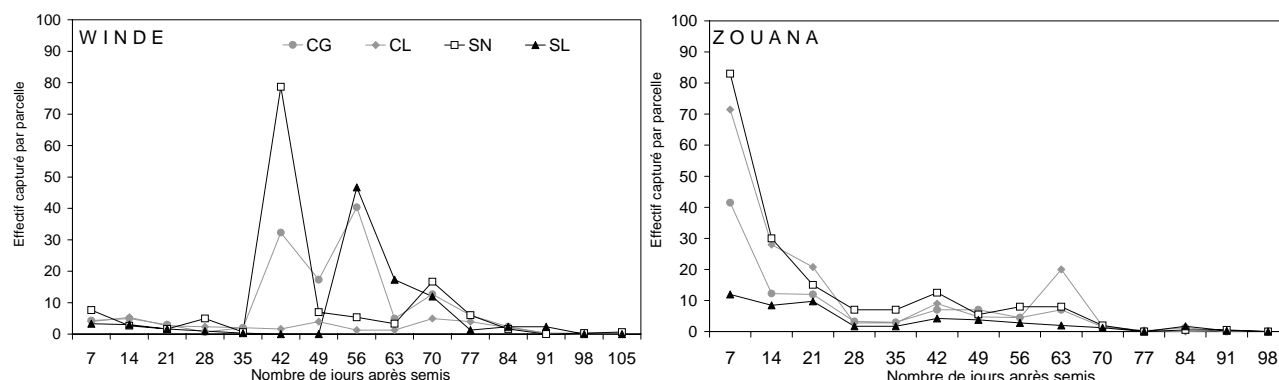


Figure 12: Dynamique de capture des polydesmides (Windé) et des cloportes (Zouana)

2. Prédateurs

Si les captures d'araignées varient peu pendant la campagne à Windé, elles sont en revanche plus importantes en début de cycle du coton à Zouana (levée et stade plantule), dans les parcelles couvertes (Fig. 11).

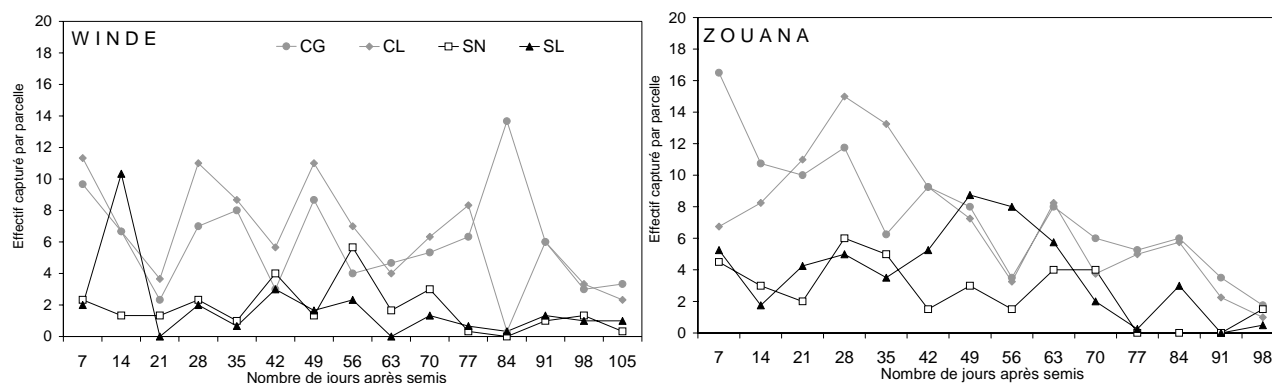


Figure 13: Dynamique de capture des araignées selon le mode de gestion des sols.

En ce qui concerne les carabes, on observe plutôt un pic de captures entre 20 et 70 jas, particulièrement prononcé pour les sols couverts (Fig. 12).

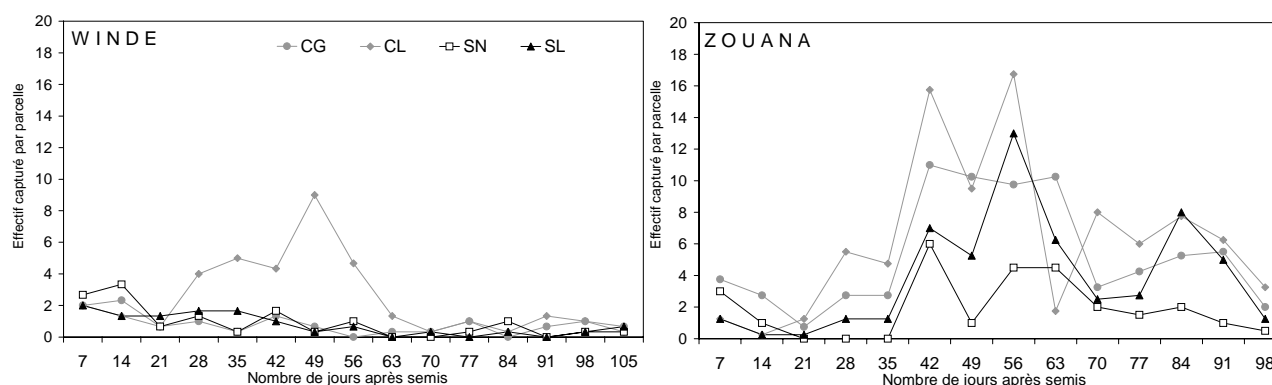


Figure 14 : Dynamique de capture des carabes selon le mode de gestion des sols

Les staphylins capturés en grand nombre à Zouana, le sont presque exclusivement en tout début de cycle, quel que soit le mode de gestion des sols (Fig. 13).

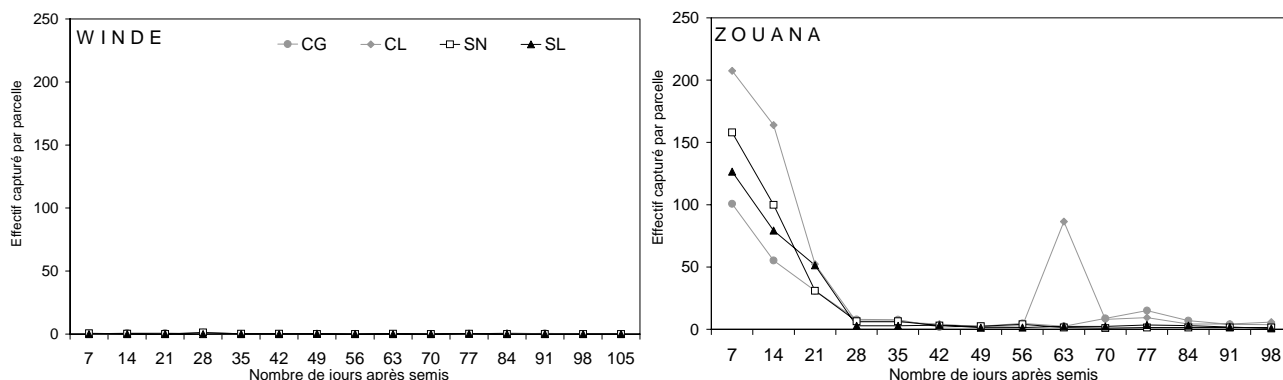


Figure 15: Dynamique de capture des staphylins selon le mode de gestion des sols

3. Phytophages

Sur les 2 sites, les captures de iules sont plus importantes en début de cycle (Fig. 16).

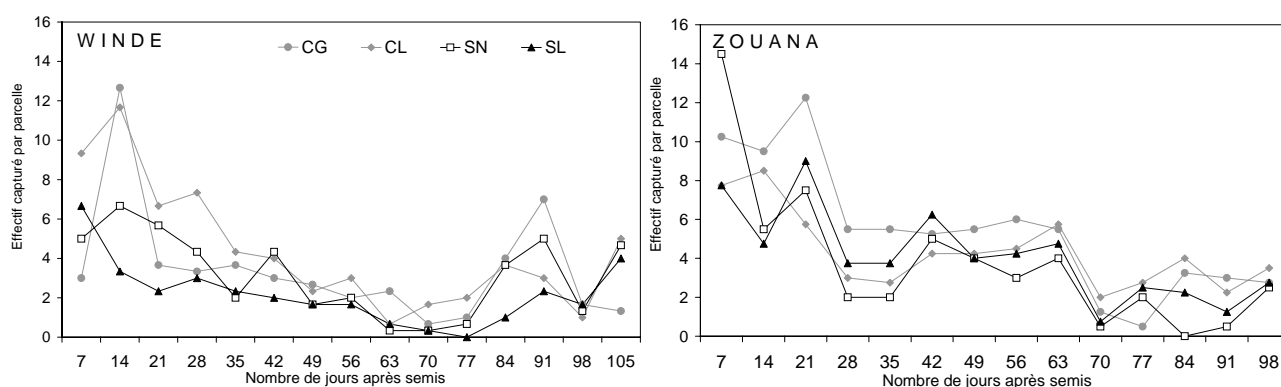


Figure 16: Dynamique de capture des iules selon le mode de gestion des sols

Les punaises sont aussi capturées essentiellement en début de cycle sur les 2 sites (Fig. 17). Cependant, à Zouana, 2 pics de capture sont enregistrés en cours de cycle sur les parcelles couvertes.

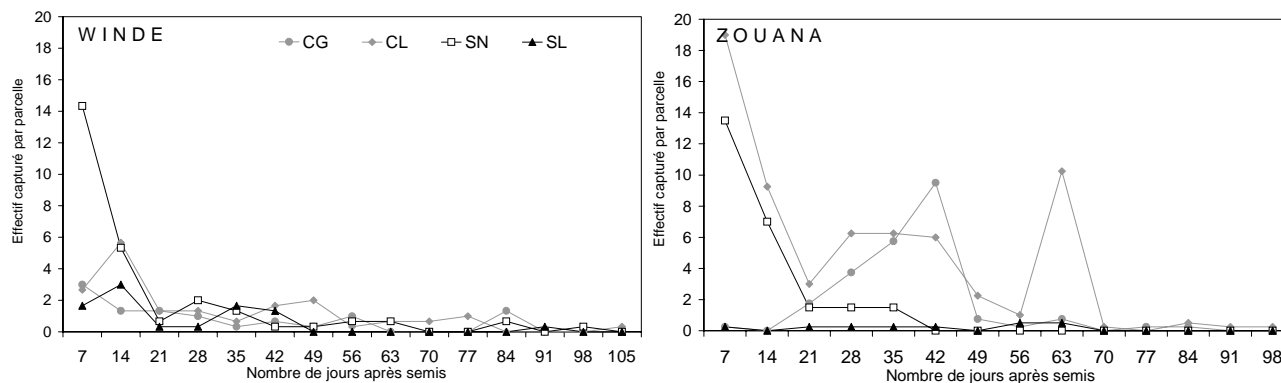


Figure 17: Dynamique de capture des punaises selon le mode de gestion des sols

4.2 ECHANTILLONS DE SOLS

Pour des raisons encore indéterminées (fuite et/ou mort des organismes vivants pendant ou après le prélèvement), la méthode des carottes n'a fourni aucune information exploitable sur les organismes ciblés. Ainsi, les résultats présentés dans cette section ne concernent que la méthode des monolithes.

4.2.1 Effectifs et site d'extraction

Un total de 4209 individus a été collecté sur les deux sites après 2 prélèvements effectués au semis puis 30 jours après (Annexe 4). La collecte de Windé représente 50,6 % des individus, pour une moyenne de 43 individus extraits par monolithe contre 37 à Zouana. L'analyse porte sur les groupes présentant au moins 4 individus au niveau du cumul des effectifs des deux sites, le poids des autres étant considéré comme négligeable dans l'interprétation des résultats. En effet, ils ne représentent que 1,9 % des effectifs totaux collectés.

4.2.2 Composition et diversité de la faune extraite des deux sites

L'inventaire de la macrofaune a abouti à la définition de 35 groupes appartenant à 22 ordres appartenant à 8 classes et 3 phyla (Tab. 11). Des 46 groupes obtenus avec la méthode des pièges, seuls 34 sont représentés ici. Les thrips de l'ordre des Thysanoptera de la classe des Insecta constituent une nouvelle entrée. Des différences en terme de groupes représentés sont observées entre les sites.

Le phylum des Arthropoda est le mieux représenté, avec plus de 92% des individus extraits sur les 2 sites, devant les Annelida (vers de terre) avec 7%. La classe des Insecta est majoritaire avec 76,0 et 80,2% des Arthropoda extraits à Zouana et Windé, respectivement. On rencontre également en proportion importante, des Diplopoda (9,6% : iules et polydesmides), Hexapoda (4,7% : thysanoures et diploures) et des Arachnida (4,6% : divers araignées, pseudoscorpions et trombidiiides). D'autres classes d'Arthropoda sont également recensées, comme les Chilopoda (1,9% : scolopendres, lithobiide et géophilides) et les Crustacea (1,1% : cloportes), en particulier à Zouana.

La classe des Insecta se compose essentiellement des ordres Hymenoptera (52,5% : en particulier fourmis), Isoptera (26,1% : termites, en particulier à Zouana 38,5%), *Coleoptera* (16,6% : divers larves, carabes, staphylins, chrysomèles, scarabés, etc.) et Hemiptera (2,6% : pyrrhocorides et réduves).

La majorité des effectifs totaux extraits des monolithes appartiennent à la couche sol (65,1%), l'autre partie étant dans la litière. Ainsi, les termites, vers de terre, iules, larves de

coléoptères, diptères, scolopendres et scarabés sont rencontrés principalement dans la couche sol, tandis que les araignées, carabes, punaises, thysanoures, polydesmides et cloportes le sont dans la litière (Fig. 18).

Tableau 11: Composition taxonomique de la macrofaune extraite à Zouana et Windé.

Phylum Classe	Ordre	Famille	Nom commun	Site		Total	
				WINDE	ZOUANA		
Arthropoda Insecta	Hymenoptera	Formicidae	fourmi	962	594	1556	
		divers Hymenoptera	guêpe	5	10	15	
	Isoptera	Termitidae	termite	228	551	779	
		Coleoptera	divers larves Coleoptera	larve coléoptère	129	10	139
	Carabidae		carabe	57	55	112	
	Staphylinidae		staphylin	17	60	77	
	Chrysomelidae		chrysomèle	10	23	33	
	Scarabaeidae		scarabé	18	12	30	
	Thoricidae		thoricté	25		25	
	Elateridae		taupin	5	18	23	
	Cydnidae		punaise	14	4	18	
	Curculionidae		charançon	11	6	17	
	Anthicidae		anthicide	4	7	11	
	Tenebrionidae		ténébrion	5	5	10	
	Hemiptera		Pyrrhocoridae	punaise	24	39	63
			Reduviidae	réduve	3	11	14
	Diptera	divers larves Diptera	larve diptère	8	9	17	
	Orthoptera	Gryllidae	grillon	11	5	16	
	Embioptera	Clothodidae	embioptère	3	10	13	
	Thysanoptera	Thripidae	thrips	11		11	
Lepidoptera	Noctuidae	chenille	8	3	11		
Diplopoda	Julida	Julidae	136	172	308		
Hexapoda	Polydesma	Polydesmidae	polydesmide	42	19	61	
	Diplura	Japygidae	diploure	76	22	98	
Arachnida	Thysanura	Lepismatidae	thysanoure	5	46	51	
		divers Thysanura	thysanoure	8	21	29	
	Araneae	divers Araneae	araignée	72	83	155	
Chilopoda	Pseudoscorpiones	divers Pseudoscorpiones	pseudoscorpion		10	10	
	Acari	Trombididae	Trombidiide		10	10	
	Scolopendrida	Scolopendridae	scolopendre	32	14	46	
Crustacea	Lithobiida	Lithobiidae	lithobiide	6	9	15	
	Geophila	Geophilidae	géophilide	6	6	12	
	Isopoda	Porcellionidae	cloporte	1	40	41	
Annelida	Oligocheta	Haplotaxida	Lumbricidae	ver de terre	128	162	290
Mollusca	Gasteropoda	Stylommatophora	divers Stylommatophora	escargot	12	12	
Total				2082	2046	4128	

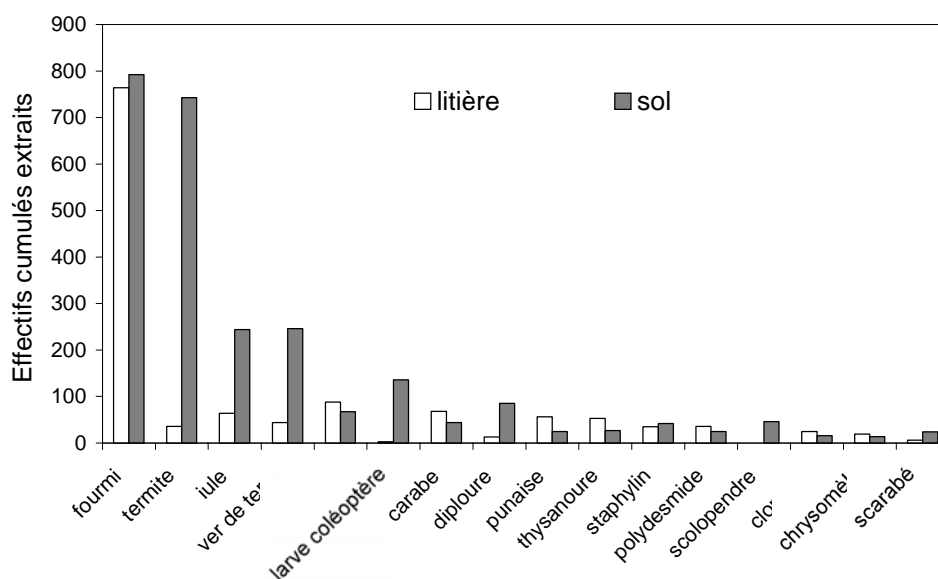


Figure 18 : Localisation sol/litière des principaux groupes extraits

L'indice de Shannon-Weaver et l'équitabilité sont un peu plus élevés à Zouana, quel que soit le niveau taxonomique choisi (Tab. 12).

Tableau 12: Diversité et équitabilité de l'échantillon selon le site

Niveau taxonomique	Site	Richesse taxonomique	Indice de Shannon-Weaver	Equitabilité	NGE 95
ORDRE	WINDE	20	2,69	0,61	10
	ZOUANA	20	2,96	0,67	10
FAMILLE	WINDE	31	3,07	0,62	16
	ZOUANA	30	3,27	0,67	17

Critères calculés sur la base des densités des classes identifiées par un nom commun.

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

4.2.3 Densité de la macrofaune et modes de gestion des sols

Dans l'analyse, les effectifs des macro-invertébrés sont exprimés sous la forme de densités (nombre d'individus par mètre carré sur une profondeur de 30 cm).

Sur les deux sites étudiés, les densités moyennes varient selon le mode de gestion des sols (Tab. 13 et 14). D'une manière générale, on observe davantage d'individus sur les parcelles couvertes que sur les parcelles non couvertes. Les parcelles labourées présentent les densités les plus faibles.

4.2.4 Diversité de la macrofaune extraite selon le mode de gestion des sols

A Windé, les sols couverts (CG et CL) abritent davantage d'insectes (Termitidae, larves de Coleoptera, Scarabeidae, Staphylinidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tenebrionidae et larves de Diptera), de vers de terre (Lumbricidae), de diplopedes (Julidae), d'hexapodes (Japygidae), d'arachnides (divers Araneae), de chilopodes (Scolopendridae, Geophilidae, Lithobiidae) et d'escargots (divers Stylommatophora). On ne note pas de différences importantes selon le type de couverture. Sur les sols nus (SN), on collecte davantage d'insectes (fourmis, carabes et thoricodes) que sur les sols labourés.

A Zouana, les sols couverts (CG et CL) abritent davantage d'insectes (Termitidae, Staphylinidae, Carabidae, Pyrrhocoridae, Reduvidae, Chrysomelidae, Elateridae, et Sacarabeidae), de vers de terre (Lumbricidae), de diplopedes (Julidae et Polydesmidae), d'arachnides (divers Araneae et Trombidiidae), d'hexapodes (divers Thysanura et Diplura), d'isopodes (cloportes) et de chilopodes (Scolopendridae, Lithobiidae et Geophilidae). La couverture en graminées se distingue de la couverture en légumineuses par une plus grande abondance en insectes –Formicidae, Staphylinidae, Carabidae-, diplopedes Julidae, araignées, vers de terre et cloportes. On note peu de différence entre sol nu et sol labouré.

Tableau 13: Composition taxonomique des extraits : densité par mode de gestion des sols (site de Windé)

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Nom commun	Mode de gestion du sol				
					CG	CL	SN	SL	
Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Formicidae	fourmi	219	238	273	161	
			divers Hymenoptera	guêpe	0	0	2	3	
		Coleoptera	divers larves Coleoptera	larve coléoptère	50	37	19	13	
			Carabidae	carabe	21	2	24	6	
			Thoricidae	thoricte	1	8	11	3	
			Scarabaeidae	scarabé	4	13	0	0	
			Staphylinidae	staphylin	6	9	0	0	
			Cydniidae	punaise	7	0	4	2	
			Curculionidae	charançon	6	3	1	0	
			Chrysomelidae	chrysomèle	6	1	0	2	
			Elateridae	taupin	3	0	2	0	
			Tenebrionidae	ténébrion	2	3	0	0	
			Anthicidae	anthicide	0	1	3	0	
		Isoptera	Termitidae	termite	69	63	43	36	
		Hemiptera	Pyrrhocoridae	punaise	3	12	2	6	
			Reduviidae	réduve	2	1	0	0	
		Thysanoptera	Thripidae	thrips	7	0	0	3	
		Orthoptera	Gryllidae	grillon	1	1	1	7	
		Diptera	divers larves Diptera	larve diptère	2	5	1	0	
		Lepidoptera	Noctuidae	chenille	6	1	0	0	
		Embioptera	Clothodidae	embioptère	1	2	0	0	
		Diplopoda	Julida	Julidae	iule	34	46	29	17
			Polydesma	Polydesmidae	polydesmide	13	12	10	4
		Hexapoda	Diplura	Japygidae	diploure	23	37	0	10
			Thysanura	divers Thysanura	thysanoure	7	0	0	0
				Lepismatidae	thysanoure	1	4	0	0
		Arachnida	Araneae	divers Araneae	araignée	25	17	14	11
Chilopoda	Scolopendrida	Scolopendridae	scolopendre	8	15	5	2		
	Geophila	Geophilidae	géophilide	3	3	0	0		
	Lithobiida	Lithobiidae	lithobiide	3	3	0	0		
Crustacea	Isopoda	Porcellionidae	cloporte	0	1	0	0		
Annelida	Oligocheta	Haplotaxida	Lumbricidae	ver de terre	31	58	19	11	
Mollusca	Gasteropoda	Stylommatophora	divers Stylommatophora	escargot	2	9	0	0	
Total					568	604	461	295	

Tableau 14: Composition taxonomique des extraits : densité par mode de gestion des sols (site de Zouana)

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Nom commun	Mode de gestion du sol				
					CG	CL	SN	SL	
Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Formicidae	fourmi	166	92	124	93	
			divers Hymenoptera	guêpe	2	3	4	0	
			Isoptera	Termitidae	termite	122	122	69	105
		Coleoptera	Staphylinidae	staphylin	22	10	7	6	
			Carabidae	carabe	21	9	10	3	
			Chrysomelidae	chrysomèle	7	6	3	1	
			Elateridae	taupin	5	3	0	4	
			Scarabaeidae	scarabé	1	5	0	2	
			divers larves Coleoptera	larve coléoptère	3	1	0	3	
			Anthicidae	anthicide	3	1	0	0	
			Curculionidae	charançon	0	3	3	0	
			Tenebrionidae	ténébrion	0	3	0	0	
			Cydnidae	punaise	1	1	0	0	
			Hemiptera	Pyrrhocoridae	punaise	10	11	6	3
				Reduviidae	réduve	4	3	0	0
				Embiopoda	Clothodidae	embiopère	2	1	3
			Diptera	divers larves Diptera	larve diptère	1	3	1	1
		Orthoptera		Gryllidae	grillon	0	1	4	1
		Lepidoptera	Noctuidae	chenille	1	0	3	0	
			Diplopoda	Julida	Julidae	iule	47	31	38
		Polydesma		Polydesmidae	polydesmide	6	5	4	0
		Arachnida	Araneae	divers Araneae	araignée	29	17	14	5
			Pseudoscorpiones	divers Pseudoscorpiones	pseudoscorpion	5	1	3	0
			Acari	Trombididae	Trombidide	6	1	0	0
		Hexapoda	Thysanura	Lepismatidae	thysanoure	19	10	6	0
				divers Thysanura	thysanoure	5	10	0	0
			Diplura	Japygidae	diploure	8	3	1	4
Crustacea	Isopoda	Porcellionidae	cloporte	21	5	0	2		
Chilopoda	Scolopendrida	Scolopendridae	scolopendre	3	5	1	1		
	Lithobiida	Lithobiidae	lithobiide	4	2	0	0		
	Geophila	Geophilidae	géophilide	1	3	0	0		
Annelida	Oligocheta	Haplotaxida	Lumbricidae	ver de terre	61	29	19	13	
Total					588	400	322	272	

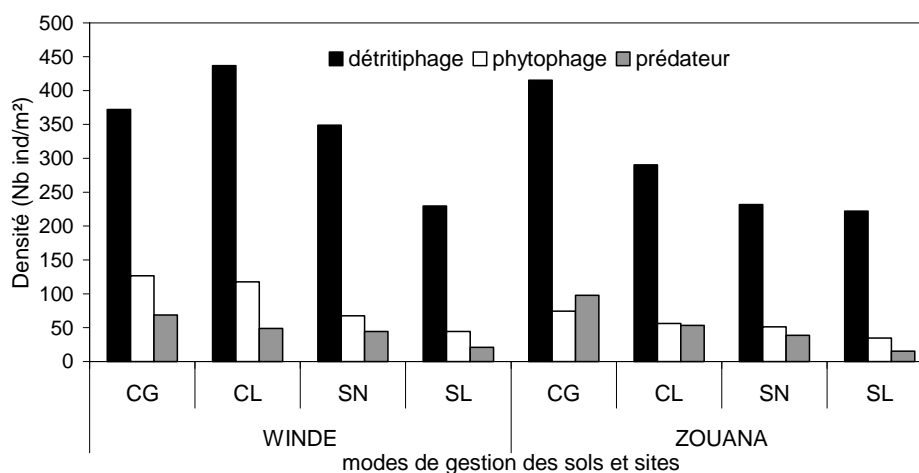
Les sols couverts présentent significativement plus de groupes taxonomiques que les sols non couverts. Les indices de diversité suivent la même tendance (Tab. 15). On note par ailleurs une meilleure équitabilité sur les sols couverts.

Tableau 15: Diversité et équitabilité des extraits selon le mode de gestion des sols

Site	Mode de gestion des sols	Richesse taxonomique	Indice de Shannon-Weaver	Equitabilité	NGE 95
WINDE	CG	28	3,34	0,70	17
	CL	28	3,24	0,67	14
	SL	16	2,54	0,63	11
	SN	17	2,32	0,57	9
ZOUANA	CG	27	3,41	0,72	16
	CL	29	3,39	0,70	18
	SL	18	2,48	0,59	10
	SN	20	2,92	0,68	13

4.2.5 Principales classes trophiques

Les différents groupes ont aussi fait objet d'une classification basée sur leur fonction écologique. Les thrips sont classés dans la catégorie des insectes nuisibles du fait de leur régime alimentaire phytophage. Les thrips sont recensés parmi les nuisibles du cotonnier. La composition trophique des extraits varie selon le mode de gestion des sols (Fig. 19). Sur les 2 sites étudiés, les détritiphages sont dominants, en particulier sur les sols couverts. On rencontre également davantage de phytophages et de prédateurs sur les parcelles couvertes.

**Figure 19: Distribution des classes trophiques par mode de gestion des sols**

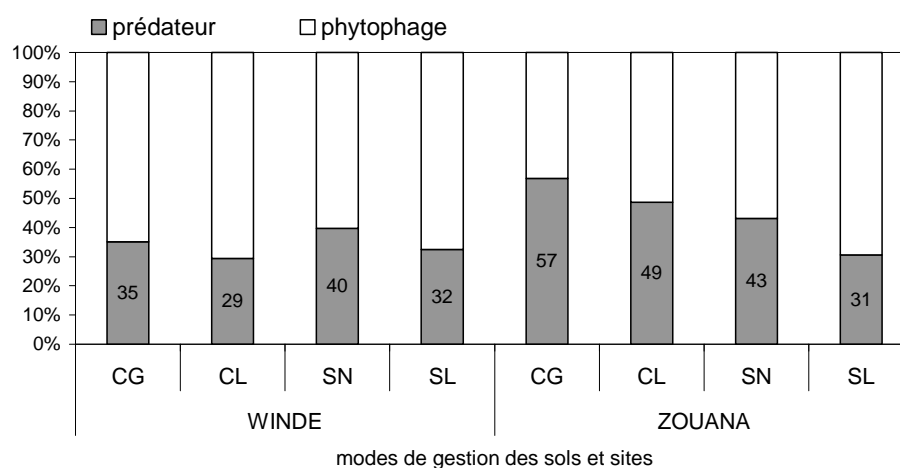
De même, ces trois classes trophiques sont moins extraites sur sols labourés (Tab 16).

Tableau 16: Classes trophiques et macrofaune totale (monolithes)

Sites	Modes de gestion	Détritiphages (nb ind/m ²)	Phytophages (nb ind/m ²)	Prédateurs (nb ind/m ²)	Faune totale (nb ind/m ²)
Windé	CL	437 a	118 a	49 ab	604 a
	CG	372 a	127 a	69 a	568 a
	SN	349 a	68 ab	44 ab	461 ab
	SL	230 a	44 b	21 b	295 b
Zouana	CL	290 a	56 a	53 b	400 ab
	CG	415 a	74 a	98 a	587 a
	SN	232 a	51 a	39 bc	322 ab
	SL	222 a	35 a	15 c	272 b

Pour une colonne dans chaque site, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au test de Tukey au seuil $\alpha = 0,05$.

La comparaison prédateurs/phytophages montre la dominance des phytophages à Windé, quel que soit le mode de gestion des sols (Fig. 20). A Zouana, on note une augmentation du rapport prédateurs/phytophages dans l'ordre SL>SN>CL>CG.

**Figure 20: Répartition des proportions prédateurs/phytophages issus des monolithes**

Dans la suite de l'analyse, nous nous intéresserons aux groupes majeurs représentés dans chaque fonction trophique (les 8 plus importants en terme d'effectif).

1. Détritiphages

Les détritiphages se composent essentiellement de fourmis (Fig. 21). A Windé, la densité de fourmis est plus faible en sol labouré tandis qu'on ne note pas d'effet significatif du mode de gestion des sols sur leur distribution à Zouana. On rencontre ensuite d'importantes densités de termites, en particulier sur sols couverts, ainsi que d'autres détritiphages importants comme les vers de terre, diploures, thysanoures et cloportes.

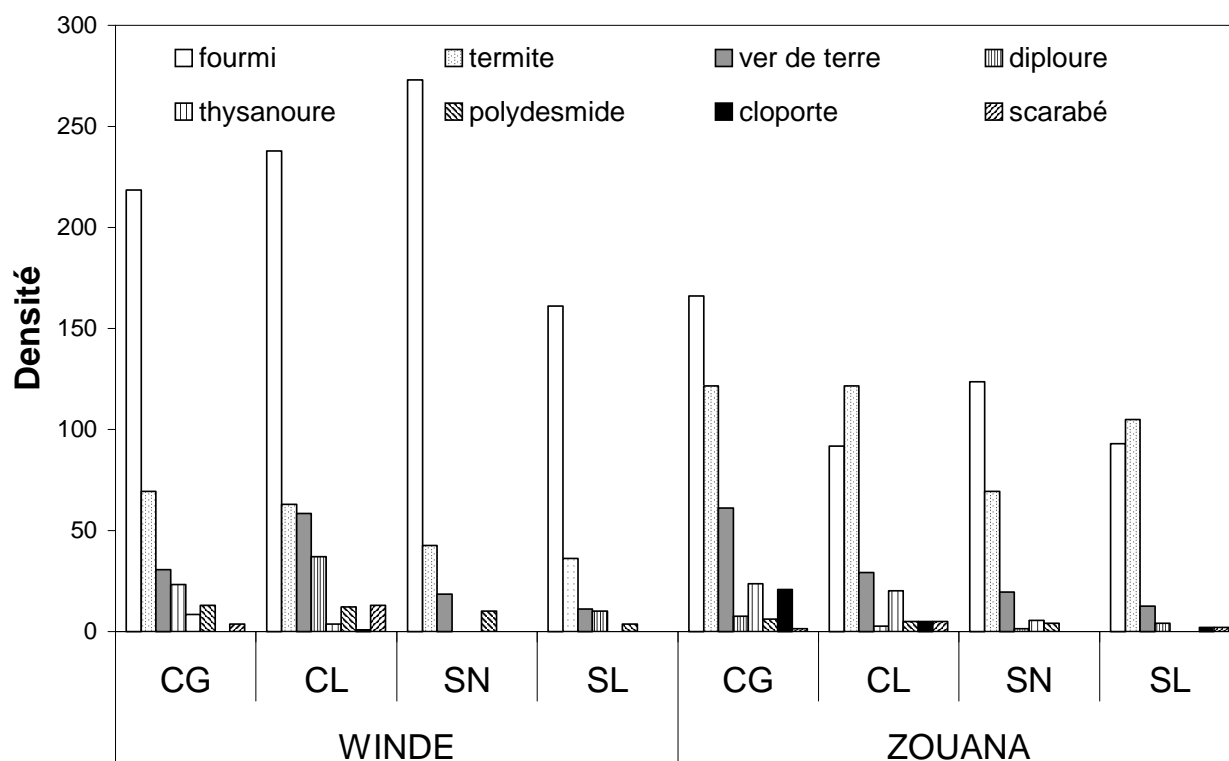


Figure 21: Composition en densité des détritiphages majeurs

2. Phytophages

Dans les 2 sites, ce groupe trophique est dominé par les iules, toutefois moins nombreux sur sol labouré (Fig. 22). On rencontre également beaucoup de larves de coléoptères dans les sols couverts à Windé.

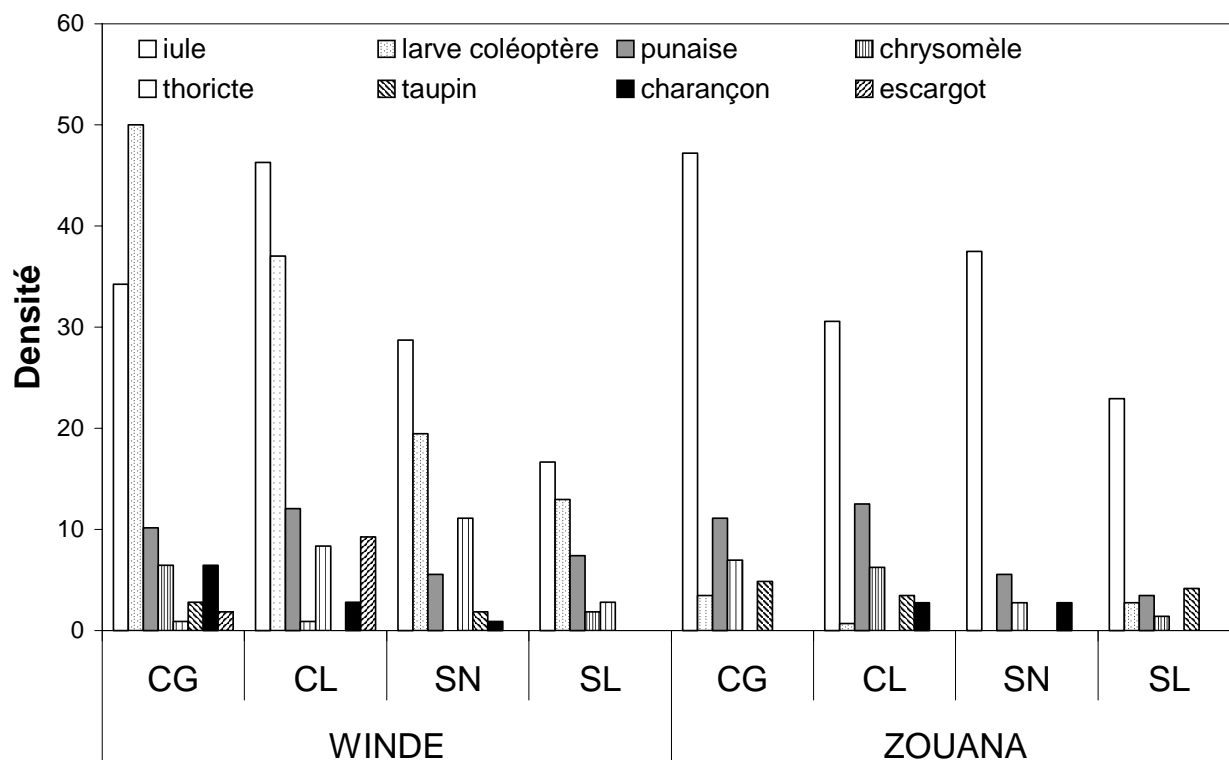


Figure 22: Composition en densité des 8 groupes phytophages majeurs

3. Prédateurs

Sur les 2 sites, les araignées sont dominantes, en particulier sur les parcelles couvertes (Fig. 23). On trouve ensuite des carabes, mais sans relation claire avec le mode de gestion des sols à Windé. On retrouve une plus grande richesse de groupes sur sols couverts. Les staphylin et scolopendres sont également bien représentés, en particulier sur les sols couverts. On notera que les lithobiides et réduves n'apparaissent que sur les parcelles couvertes.

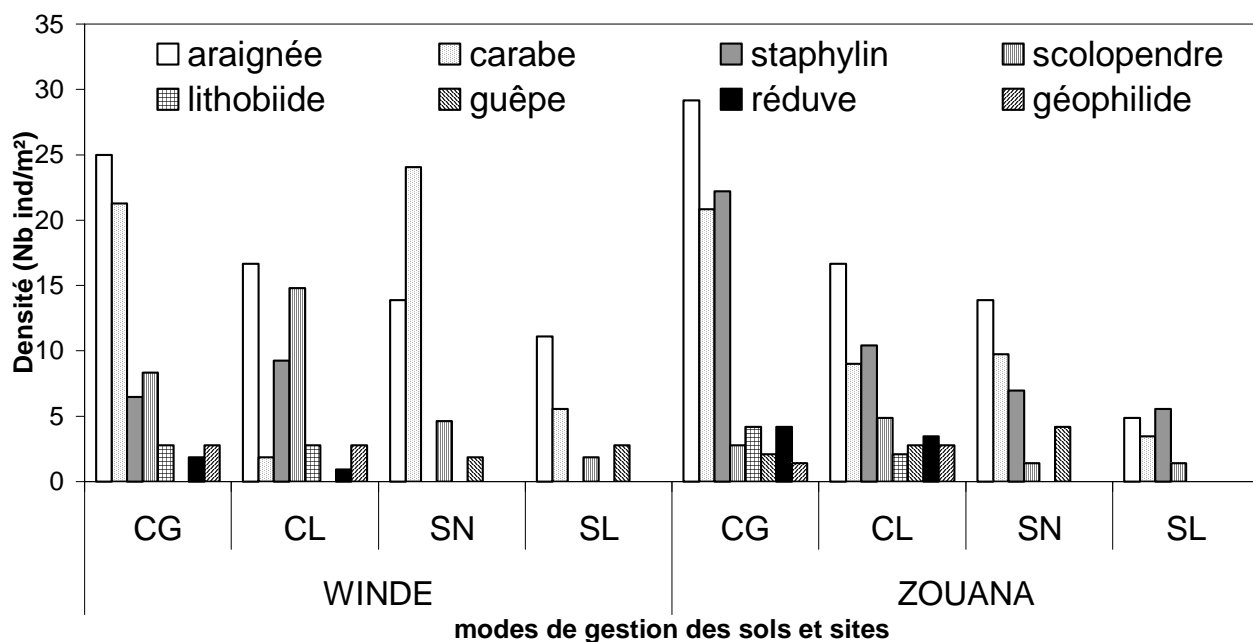


Figure 23: Composition en densité des prédateurs majeurs

4.3 DEGATS SUR LA CULTURE

4.3.1 Réussite de la levée

Les pourcentages de levée sont significativement meilleurs sur graminées à Zouana (Tab. 17). Les légumineuses enregistrent la proportion de feuilles attaquées la plus élevée. La hauteur des plants est aussi supérieure sur graminées à Zouana.

Tableau 17: Levée, état sanitaire et hauteur des plantules de coton.

Site	Mode de gestion	Poquets levés	Plants levés	Plants cotylédons	Plants tiges	Hauteur des
		20 jas (%)	20 jas (%)	attaqués 7 jas (%)	sectionnées 7 jas (%)	plants 28 jas (cm)
Windé	CL	83,3 a	36,0 a	26,5 a	0,9 a	22,5 a
	CG	80,1 a	31,5 ab	14,5 b	2,1 a	22,5 a
	SN	79,0 a	31,8 ab	12,1 b	1,7 a	22,1 a
	SL	71,0 a	29,6 b	14,4 b	0,5 a	22,5 a
Zouana	CL	65,9 b	29,5 a	8,1 a	1,7 a	12,0 b
	CG	91,1 a	44,6 a	21,9 a	2,0 a	17,5 a
	SN	67,6 b	31,9 a	39,1 a	3,6 a	12,9 b
	SL	64,6 b	28,7 a	17,7 a	2,6 a	12,7 b

Pour une colonne dans chaque site, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au test de Tukey au seuil $\alpha = 0,05$.

4.3.2 Principaux ravageurs

1. Pucerons

En dépit d'infestations importantes, on ne note pas de différence significative des feuilles de cotonnier attaquées par les pucerons selon le mode de gestion des sols, et ceci sur toute la période d'observation.

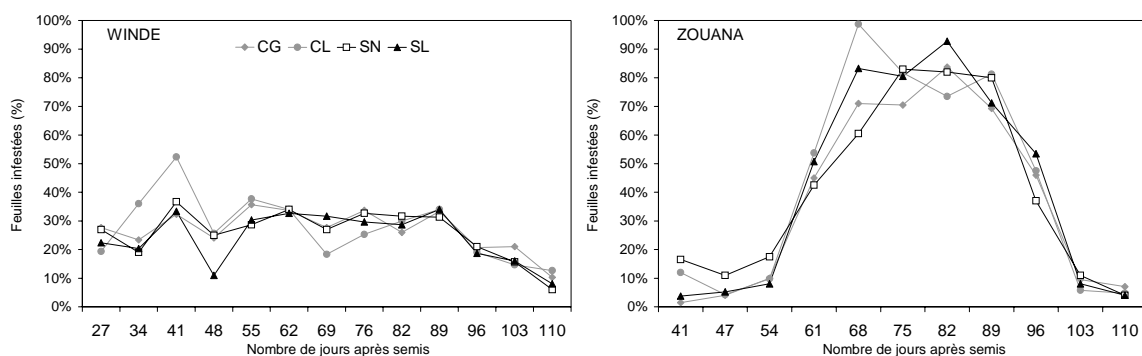


Figure 24: Evolution des infestations de pucerons selon le mode de gestion
(Observations sur 5 feuilles terminales de 20 cotonniers par parcelle).

2. Chenilles de la capsule

Sur les 2 sites, les infestations de chenilles des capsules sont restées faibles. On observe globalement une légère supériorité pour les parcelles sous couverture (Fig 25).

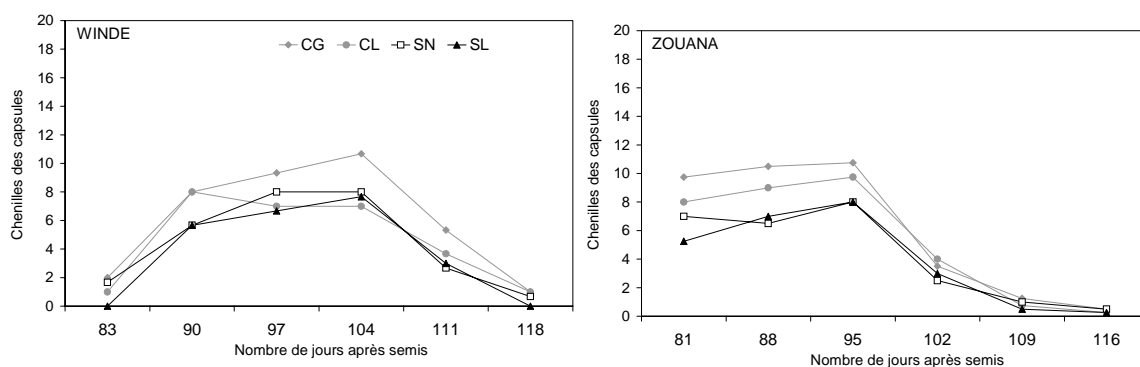


Figure 25: Evolution des infestations de chenilles sur les organes fructifères selon le mode de gestion des sols

L'on ne note pas de différences significatives entre les modes de gestion de sol pour les paramètres pourcentage de feuilles infestées par pucerons, nombre de chenilles observées sur les organes fructifères et pourcentage d'organes fructifères abscissés percés (Tab. 18).

Tableau 18: Infestations de pucerons et chenilles et état sanitaire des organes abscissés selon le mode de gestion des sols

Site	modes de gestion des sols	Feuilles infestées par pucerons pendant une observation (%)	Nombre de chenilles par observation	Cumul organes abscissés	Cumul organes percés	Organes percés (%)
Windé	CG	26,9 a	5,3 a	376	27	7,2 a
	CL	27,6 a	4,0 a	367	21	5,8 a
	SN	25,5 a	3,8 a	353	19	5,4 a
	SL	24,4 a	3,3 a	365	17	4,6 a
Zouana	CG	38,0 a	6,0 a	279	28	9,9 a
	CL	43,0 a	5,3 a	271	23	8,6 ab
	SN	40,5 a	4,3 a	270	22	8,0 b
	SL	42,0 a	4,0 a	263	19	7,2 b

Pour une colonne dans chaque site, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au test de Tukey au seuil $\alpha = 0,05$.

4.4 DISCUSSION

Abondance de la macrofaune

La macrofaune, recueillie par la méthode des pièges ou des monolithes, est généralement plus abondante sur les sols couverts. Ce résultat traduit bien une influence positive de la présence de la couverture sur l'abondance des macro-invertébrés. Celle-ci est plus marquée dans le cas des légumineuses. Le non-labour permet de préserver la densité de la faune du sol en limitant la perturbation de l'habitat et les risques d'exposition des organismes au soleil et aux prédateurs (BOLI, 1996).

Diversité de la macrofaune

Le nombre total de familles identifiées dans cette étude est de 47. Le piégeage présente plus de familles (46) que les prélèvements de monolithes (35). Les indices de diversité révèlent une diversité légèrement plus élevée à Zouana. Cette situation peut provenir de différents facteurs tels que le choix d'écarter certains groupes très faiblement représentés de notre analyse et la mobilité des organismes d'autant plus accentuée que les conditions climatiques sont rudes et la couverture végétale peu épaisse.

Les indices de diversité (H' et s), plus élevés en sols couverts, attestent de l'effet positifs des couvertures. Ceci est plus frappant avec les monolithes où les parcelles couvertes présentent environ deux fois plus de groupes (28) que les parcelles non couvertes (16-17) à Windé. L'indice de Shannon nous informe que la faune est plus diversifiée sur les couvertures de graminées. Ceci est imputable à la présence d'une couverture plus homogène sur ces

dernières. Les légumineuses sont plus facilement dégradées, en particulier à Zouana où leur taux de couverture était très faible. L'effet optimal de la couverture semble donc lié à l'importance de sa biomasse. Le piégeage révèle une diversité légèrement meilleure sur les sols nus en semis direct comparés aux parcelles labourées à Windé et l'inverse à Zouana. Ceci ne permet pas de cerner clairement l'effet de ces deux modes de culture sur le paramètre diversité. C'est donc la présence d'une litière ou de plantes de couverture qui aurait un effet prépondérant sur la biodiversité.

Les parcelles couvertes ont des indices de régularité (E et NGE95) supérieurs aux systèmes à sols nus. Cela traduit une influence positive de la couverture sur la répartition des effectifs des groupes représentés, en particulier avec les monolithes et sur les couvertures de graminées.

Les deux méthodes d'échantillonnage de la faune ont fourni des informations exploitables. De plus, elles aboutissent toutes à la même conclusion à savoir une meilleure biodiversité sur les parcelles SCV. Toutefois le piégeage quotidien abouti à une diversité et une abondance plus importante. De ce fait, il se révèle plus destructif vis-à-vis de la faune. Ses prélèvements quotidiens ses risques d'exposition des organismes aux prédateurs (lézards, grenouilles et serpents) accentuent encore cette destruction. On y note aussi un risque de sur-estimation des organismes se déplaçant beaucoup. Il s'avère donc moins indiqué pour une étude devant se répéter dans le temps. La méthode des monolithes peut être suffisante pour une étude des macro-invertébrés du sol.

Ces résultats sont similaires à ceux révélés par d'autres études. Nous citerons par exemple le travail de GOIAS (2003) cité par SARDA (2004), qui a mis en évidence l'influence positive de la couverture et du non travail du sol sur la biodiversité et l'abondance de sa faune sur des parcelles en troisième année de culture SCV. Menée à Santa Helena au Brésil, son étude comparait le système traditionnel avec labour à deux modes de SCV en culture de soja. La technique d'échantillonnage de la faune était celle des monolithes. Les SCV présentaient systématiquement une biodiversité et une abondance meilleures que les sols labourés. L'étude de MINETTE (2000), effectuée dans les mêmes conditions que celle de GOIAS (2003), a révélé une augmentation graduelle de la biodiversité (quantité et qualité) après 1, 4, 8 et 10 ans d'applications SCV. Les mêmes observations ont été faites par SARDA (2004) à Rio Verde (Brésil), mais cette fois après 2, 4 et 9 années de SCV. BROWN (2002) étudiant les effets des mêmes pratiques culturales sur la macrofaune en culture de soja au Brésil a aussi obtenu une biodiversité meilleure en SCV. Le nombre de groupes représentés,

l'indice de Shannon-Weaver et l'équitabilité étaient plus élevés sur les parcelles de couverture (18 ; 2 et 0,7 respectivement) comparés aux sols labourés (12 ; 1,1 et 0,5).

Cette influence positive des SCV sur la biodiversité (quantité et qualité) de la macrofaune du sol peut s'expliquer par les conditions édaphiques favorables générées par le système. En effet, la couverture protège le sol contre des agressions hydriques et éoliennes (érosion) et des variations brutales de température et d'humidité créant ainsi un milieu favorable au développement de la faune. La présence de couverture va aussi augmenter la quantité de matière organique, base de la chaîne alimentaire dans le sol. Le labour en perturbant leur environnement d'une part, chasse les animaux du sol et concourt aussi à leur destruction par exposition de ceux-ci aux rayons du soleil et aux prédateurs. De plus, il accélère la dégradation de la matière organique, diminuant la part utilisable par la faune. Ce qui explique un peu la meilleure biodiversité (quantité et qualité) des modes en semis direct sur sol nu comparés à ceux en sols labourés.

Fonctions trophiques

L'ordre de prédominance des classes trophiques est guidé par les familles dominantes. Ainsi, les détritiphages affichent une abondance plus marquée grâce aux fourmis. Discuter aussi du rôle important de prédation des fourmis ! En dehors des fourmis, le piégeage fait apparaître les cloportes, les polydesmides, les grillons, les thysanoures et les larves de diptères comme groupes détritiphages majeurs. Les termites et les vers de terre occupent ces positions d'après les monolithes. Ces deux groupes ont été qualifiés « d'ingénieurs du sol » par BACHELIER (1978) à cause de leur rôle majeur dans la porosité (biopores) et la structure du sol. Malgré la meilleure densité du groupe sur SN à Windé, les fourmis sont plus présentes sur les sols couverts, en particulier sur les légumineuses. La faible biomasse de ces dernières à Zouana expliquerait la meilleure densité du groupe sur graminées. Les sols labourés ont les plus faibles proportions de cette famille. Les cloportes sont des phytosaprophages ; parfois mycophages ou rhizophages. Leur tube digestif abrite une microflore abondante et variée qui dégrade la cellulose. Les organismes de ce groupe sont des fragmenteurs appartenant au premier compartiment de la chaîne de décomposition. En l'absence de vers, ils peuvent avec les diplopodes découper de 30 à 50% de la litière annuelle (VANDEL, 1962 ; cité par GOBAT, 1998). Les effectifs cumulés semblent attribuer la meilleure abondance du groupe aux parcelles en semis direct sur sol nu. Mais l'observation de leur dynamique de capture atteste d'une faible abondance du groupe sur sols labourés comparés aux autres modes de gestion de sols qui n'affichent pas de différences significatives entre eux (Fig. 15).

Organismes saprophages et géophages, les polydesmides ont aussi une action prépondérante dans la physique et la chimie des sols. Par leur activité de fouissage et leur régime alimentaire, ils contribuent à l'amélioration des propriétés organo-minérales et hydrodynamiques des sols, ainsi qu'à leur aération (DEPRINCE, 2003). Très peu présente à Zouana, cette famille semble abondante sur les sols non couverts affichant 57,6% de la capture du groupe à Windé. D'après leur courbe de capture (Fig. 15), cette dominance n'est due qu'aux deux pics observés à 42 et 56 jas sur SN et SL, respectivement. Il n'apparaît pas de différences entre les modes de gestion des sols tout au long du cycle.

Les termites sont des insectes sociaux renfermant les $\frac{3}{4}$ de l'ordre des Isoptera (DINDAL, 1990 ; cité par GOBAT, 1998). Ces insectes saprophages (xylophages) à majorité sont célèbres grâce à l'édification de nids complexes et de formes diverses (souterraines ou hypogées). Il existe une double symbiose entre ces organismes, des champignons et des bactéries cellulolytiques dont le rôle est non seulement de dégrader la lignine et la cellulose, mais également de réguler la température et l'humidité des termitières. Ces organismes étant très sensibles à l'humidité du sol, vont souvent chercher l'eau jusqu'à 10m, 30m de profondeur et même parfois plus contribuant ainsi à l'humidification du profil cultural. L'action de ce groupe sur le sol repose donc sur la remontée des éléments fins, son enrichissement chimique (après érosion et étalement en nappe des nids) d'une part. D'autre part, les réseaux de galeries des termitières favorisent l'aération du sol et l'infiltration des eaux de surface (DEPRINCE, 2004). A côté de ces bâtisseurs, MANDO (1997) cite une autre catégorie de termites qui colonisent et améliorent les propriétés physiques des premiers horizons du sol. Ces termites sont plus abondants sur les parcelles couvertes. Elles bénéficient donc des actions de cette famille sur les propriétés physico-chimiques et hydro-dynamiques des sols. Il n'existe pas de différence significative d'abondance de termites entre les deux types de couverture : légumineuses et graminées. A Zouana, c'est les sols labourés qui présentent plus de termites alors qu'à Windé ce sont les parcelles en semis direct.

Les vers de terre, "rois du sol" (BACHELIER, 1978), sont aussi plus abondants sur les sols couverts. Ils se présentent d'avantage sur les parcelles de légumineuse à Windé (avec 49,2% des densités de vers de terre à ce site). A Zouana, ils sont plus nombreux sur les parcelles avec couverture de graminée (50 % des densités du groupe) sans doute car la couverture y est plus consistante qu'avec des légumineuses. Les sols labourés présentent la plus faible abondance du groupe. Les détritiphages sont globalement plus abondants sur les parcelles couvertes. Ce qui est logique car les couvertures constituent une ressources trophiques de choix. Les légumineuses semblent plus attractives pour ces décomposeurs. Le

meilleur effectif affiché par les graminées à Windé est essentiellement le fait des 2 pics observés chez les polydesmides à 42 et 56 jas (Fig. 15). De même la meilleure densité de ces parcelles à Zouana serait due à la faible biomasse des légumineuses. L'attraction des légumineuses est due à leur faible rapport C/N (plus grande richesse en azote) qui facilite leur dégradation (BACHELIER, 1978). Les parcelles en semis direct sur sol nu présentent une meilleure abondance que celles à sol labouré. Ceci est dû à la présence d'une faible quantité de résidus de récolte sur ces sols en semis direct et non paillés.

Les prédateurs sont dominés par les staphylinés, les araignées et les carabes. Les staphylinés sont pour la plupart des prédateurs (larves et adultes). Les représentants de cette famille sont souvent abondants dans les sols. Il existe aussi des espèces saprophages ou fungivores associées à divers milieux tels que le bois mort, la litière et le fumier), des champignons, des guêpiers, des termitières ou des fourmilières (Mc GAVIN, 2000). Les courbes de captures de cette famille ne révèlent pas de différences significatives entre les modes de gestion des sols. Bien que la prédominance des légumineuses au niveau du cumul des effectifs du groupe soit due au pic enregistré à 63 jas (Fig. 13), leurs densités confirment une meilleure abondance sur les sols couverts. Les araignées sont essentiellement prédatrices. Elles constituent la composante dominante du complexe parasitoïde du cotonnier intervenant dans le contrôle biologique des lépidoptères (œufs et chenilles), des acariens et des charançons (AGROEVO, 2000). Les espèces les plus citées appartiennent aux familles des *Lycosidae*, *Clubionidae*, *Oxyopidae* et *Salticidae*. Ce groupe est plus représenté sur les sols couverts (77,4 et 69,8% des araignées piégées à Windé et Zouana respectivement). Leur courbe de capture fait apparaître une légère dominance des couvertures de légumineuses sur la plus grande partie du cycle (en particulier à Windé). D'après leurs densités, les parcelles labourées présentent la plus faible abondance de ces deux groupes. La plupart des carabes sont carnassiers et s'attaquent de préférence aux mollusques (escargots et limaces) servant alors comme auxiliaires de l'agriculture (DALY *et al.*, 1998). Certains genres renferment des formes fouisseuses. Ils sont plus abondants sur les parcelles couvertes. Les légumineuses abritent la plus grande proportion de cette famille (49,5 et 36,0% des effectifs du groupe à Windé et Zouana respectivement). A Zouana, ils sont légèrement plus abondants sur les sols labourés que sur les sols en semis direct. Les prédateurs sont donc globalement plus abondants sur les sols couverts (61,2 et 72,8% des prédateurs capturés à Windé et Zouana respectivement). Ceci doit être en relation avec la présence d'un plus grand nombre de proies sur ces parcelles. De plus, leur présence est plus marquée sur les couvertures de

légumineuses. Les différences d'abondances entre les parcelles en semi direct (SN) et en labour (SL) ne sont pas significatives.

Compte tenu de la complexité de ces observations, il serait utile de disposer de groupes repères (bio-indicateurs) permettant de caractériser un milieu sans faire une analyse exhaustive de la population d'arthropodes. Dans cet esprit, une attention particulière pourra être portée sur les staphylins et les araignées. En plus de leur nombre important les rendant facilement dénombrables, ces groupes apparaissent souvent comme indicateurs des pratiques favorisant l'activité biologique des sols. Une attention pourra aussi être portée sur les mycétophages, les taupins, les thrombidiides et les grillons, plus capturés sur sols couverts.

Les phytophages sont composés majoritairement de iules, de larves de coléoptères et de punaises. A majorité saprophages, les iules deviennent phytophages lorsque leur nourriture n'est pas disponible et sont susceptibles de commettre des ravages aux cultures. C'est le cas du cotonnier qui est sensible à ces déprédateurs en début de cycle. En dépit de ce préjudice, ces organismes ont une action prépondérante dans la physique et la chimie des sols. Par leur activité de fouissage et leur régime alimentaire, ils contribuent à l'amélioration des propriétés organo-minérales et hydrodynamique des sols ; ainsi qu'à leur aération (BACHELIER, 1978). Les iules apparaissent plus en parcelles couvertes. Ils sont plus abondants sur les parcelles avec couverture de légumineuses à Windé et de graminée à Zouana. Ils sont également plus abondants sur les parcelles en semis direct que sur les parcelles labourées. Quant aux punaises (Cydnidae, Lygaeidae et Pyrrhocoridae), elles sont essentiellement phytophages. Des ravageurs majeurs du cotonnier appartiennent à ce groupe. Il s'agit principalement des espèces des genres *Dysdercus sp* (*Dysdercus voelkeri*), *Helopelthis sp*, *Lygus sp*, *Nezara sp*, *piezodorus sp* et *Oxycarenus sp*. D'après leurs densités, les punaises et les larves de coléoptères sont relativement plus présentes sur sols couverts. Les premières s'affichent plus sur légumineuses et les secondes sur graminées. Les deux groupes semblent plus abondants en semis direct (SN) que sur labour (SL). Globalement les phytophages sont donc plus présents sur les parcelles couvertes. La couverture serait pour eux un bon abri de par ses conditions tamponnées de température et d'humidité. Les différences entre les deux type de couverture ne sont pas statistiquement significatives. Les phytophages sont moins abondants sur sols labourés.

Le piégeage révèle que les prédateurs sont plus abondants que les phytophages sur tous les modes de gestion des sols, exception faite des parcelles non couvertes à Windé. Ce qui signifie que la supériorité des effectifs des phytophages sur les parcelles couvertes est accompagnée d'une abondance proportionnellement plus importante de leurs ennemies

naturels potentiels. On s'attendra donc à un meilleur contrôle biologique des ravageurs sur les SCV. Ceci concorde un peu avec les résultats des travaux de RAMANANTSIALONINA (1998), menés sur les hautes terres volcaniques de Madagascar. Cette étude démontrait que la présence de la paille sur des parcelles en culture de blé favorisait la biodiversité de la macrofaune. Mais ceci n'impliquait pas systématiquement une augmentation des nuisibles. En effet, les densités de la macrofaune totale étaient en moyenne de 105,9 individus/m² sur les parcelles paillées en semis direct contre 59,6 individus/m² sur celles conduites en système traditionnel avec labour. L'action positive de la faune du sol sur l'agro-écosystème se traduit par ses effets sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol d'une part et la régulation de son équilibre biologique d'autre part. Ce rôle essentiel de la faune résulte de deux types d'activités : le fouissage et la nutrition.

Le fouissage contribue à la création de galeries et par conséquent à l'augmentation de la macroporosité du sol. Cette activité permet aussi une distribution plus ou moins homogène de la matière organique le long du profil cultural et son brassage intime avec la matière minérale. L'action des « ingénieurs du sol » (vers de terre, fourmis, termites, polydesmides, larves de coléoptères, scarabées et grillons) se révèle prépondérante à ce niveau. La distribution du cumul de leurs densités montre que le groupe est plus abondant sur les parcelles couvertes affichant 57,5 et 58,4% des densités de ces fousseurs à Windé et Zouana respectivement. Les légumineuses offrent la meilleure contribution dans la densité du groupe à Windé (30,0%), de même que les graminées à Zouana (34,3%). Cette prédominance des couvertures de graminées est imputable au faible taux de biomasse des légumineuses. Les sols labourés présentent les plus faibles proportions de l'abondance de ces fousseurs (16,5 et 20,6% de leur total à Windé et Zouana respectivement). Ceci explique un peu les résultats des travaux d'ADOUM Oumarou (2004) à Zouana qui révèlent un état de surface, une porosité (densité apparente plus faible) et une infiltration meilleurs sur les parcelles couvertes de ce site. Ces dernières sont donc prédisposées à une meilleure réserve en eau utilisable par les plantes.

Le rôle sur la biochimie est assuré par les détritiphages et les prédateurs. La faune totale contribue quelque peu au recyclage des bioéléments à travers ses excréments et ses cadavres. Mais les détritiphages constituent le groupe qui a le plus grand impact dans ce processus. Situés au premier rang de la chaîne de décomposition, ces détritivores vont réaliser une fragmentation fine de la matière organique fraîche grâce à leur activité masticatoire et digestive. Ce qui permet l'augmentation de la surface d'attaque par les micro-organismes, véritables agents de l'évolution de la matière organique dans le sol. La faune agit donc vis à

vis de ce processus comme un catalyseur pouvant accélérer les transformations. De plus, certains représentants de cette classe trophique (vers de terre, polydesmides...) contribuent fortement à la dissémination des bactéries et des spores. Du fait qu'ils ingèrent de la terre en un point, se déplacent et la rejettent en un autre point, ces organismes géophages favorisent la dispersion des micro-organismes qui ont résisté au passage dans leur tube digestif. Par leur activité de fouissage, quelques organismes (polydesmides, vers de terre, fourmis, termites, scarabées et enchytréides) participent au mélange intime de la matière organique à la matière minérale. Les prédateurs agiront dans la régulation de l'activité biologique du sol à travers le contrôle démographique des populations de proies. Ils se présentent de ce fait comme des agents potentiels de lutte biologique. De plus, la prédation permet de mettre les organismes en équilibre avec les ressources disponibles du milieu. En éliminant les individus les plus faibles, elle redynamise aussi les populations des proies. Toutes ces actions seront plus marquées sur les parcelles couvertes, en particulier sur les couvertures de légumineuses qui présentent les meilleures proportions de cette classe trophique. Les sols labourés bénéficieront le moins de ces avantages.

Donc l'adoption des SCV augmente la macrofaune du sol (quantité et qualité) grâce aux conditions environnementales meilleures, aux ressources trophiques abondantes et au non labour permettant entre autre de ne pas perturber ces organismes. Ces actions biologiques auront pour effet d'améliorer le bilan organique (quantité et qualité) à la fois en surface et en profondeur par un remaniement perpétuel des différents horizons par les « ingénieurs du sol ». Ce brassage biologique couplé à l'utilisation de plantes (en culture intermédiaire) avec un système racinaire profond et restructurant, vont permettre l'amélioration physique et l'aération du profil cultural par l'entretien d'une forte macroporosité. C'est un autre sujet...il ne faut pas aller trop vite dans les conclusions, le système est très complexe.

Dégâts sur le cotonnier

De manière globale, la levée est meilleure sur les parcelles couvertes. Cet effet favorable des couvertures sur la levée peut s'expliquer essentiellement par le maintien d'un taux d'humidité plus important grâce à la réduction du ruissellement et de l'évaporation, ainsi que l'augmentation de l'infiltration (ADOUM, 2004 ; SOUTOUG, 2004). Ceci est d'autant plus marqué que les ressources en eau deviennent limitantes (Zouana). Les faibles proportions de levée observées sur couvertures de légumineuses à Zouana sont dues à un faible taux de couverture. Cette même influence de la couverture va se répercuter sur la croissance de la plante à Zouana. La hauteur moyenne des plants des parcelles sur couverture de graminée est

significativement différente de celles des autres modes de gestion des sols. Les couvertures présentent les proportions de feuilles attaquées les plus élevées à Windé. Ces dégâts sont imputables à une plus grande abondance des iules sur ces parcelles couvertes. On ne note pas de différences significatives en terme de plants à tige sectionnée à 7 jas entre les différents modes de gestion des sols. Pour pouvoir apprécier l'effet propre des ravageurs du sol sur la levée, il faudrait avoir des traitements du type : semences traitées ou non (témoin) avec un insecticide.

On ne note pas d'effet du mode de gestion des sols sur les infestations de pucerons. En dépit d'une faible pression, les attaques de chenilles de la capsule semblent globalement plus importantes sur les parcelles de couverture. Il serait intéressant de reconduire ce type d'observation lors de la prochaine campagne (en prenant en compte nombre d'œufs, de chenilles et d'organes abscissés percés).

A noter le dispositif non statistique (parcelles élémentaires non randomisées, pas de blocs) ne permettant pas des analyses respectant rigoureusement les conditions d'application.

CHAPITRE 5

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Après trois années de pratique sur les mêmes parcelles, le semis direct sous paillis permanent a induit une amélioration de la biodiversité (quantité et qualité) de la macrofaune du sol. L'effet de ce système sur la diversité semble plus marqué sur les couvertures céréales/graminées. L'abondance par contre est meilleure sur les paillis céréale/légumineuse. Le système traditionnel avec labour apparaît comme celui ayant le plus grand effet dépressif sur la faune. Ainsi, la présence de couverture en stimulant l'abondance des détritiphages, pourra induire un meilleur recyclage de la matière organique sur ces parcelles couvertes. Par ailleurs, la présence d'un plus grand nombre de fousseurs sous les mulchs améliore probablement la macroporosité des sols sous-jacents. Ces derniers bénéficieront d'une meilleure offre en eau. Bien que les paillis semblent favoriser le développement de phytophages susceptibles de nuire à la culture, le potentiel de lutte biologique (prédateurs) y demeure proportionnellement plus élevé que sur les sols non couverts. De plus, des différences significatives en terme d'infestation de principaux ravageurs (puçerons et chenilles) et de dégâts à la levée, n'ont pas été relevées entre les modes de gestion de sols. La levée et la croissance sont sensiblement meilleures sur les modalités SCV (en condition de stress hydrique). Toutes ces actions favorables concourent à l'amélioration des rendements du cotonnier sur ces parcelles couvertes.

Au vu de ces résultats obtenus en conditions de bonne maîtrise technique (sites expérimentaux), le semis direct sous couverture végétale permanente semble être une technique qui favorise l'activité biologique du sol. De plus, cette activité ne se révèle pas du tout défavorable au cotonnier. Il serait tout de même intéressant de vérifier ces observations en situation réelle (en milieu paysan) caractérisée parfois par une faible maîtrise technique. Des travaux plus poussés devront alors être menés en grandes parcelles dans le but de mieux appréhender l'impact réel des différents systèmes cultureux sur la macrofaune et l'action de cette dernière sur la culture en place. Ce travail devra aussi être répété dans le temps et dans l'espace afin d'avoir un meilleur panorama de l'évolution de cette catégorie de la faune en SCV. Ce qui permettra aussi de mieux comprendre les interactions entre taxons sous les différents modes de culture. De ces études, pourront alors être décelés les meilleurs systèmes (associations) en terme d'effets sur la faune et sur l'amélioration des propriétés du sol.

BIBLIOGRAPHIE

- ADOUM O., 2004.** Effets des modes de culture sur les propriétés physiques du sol : comparaison du semis direct sous paillis et des systèmes traditionnels au Nord Cameroun. Mémoire d'ingénieur agronome. FASA, Université de Dschang. 62 p. A paraître.
- AGROEVO, 2000.** Important pests of cotton and their control. AgroEvo, Paris. 22 p.
- ALONZO C. R., GARCIA V. J. J., 1997.** Avances de investigación en labranza de conservación en el Instituto nacional de investigaciones forestales y agropecuarias. pp 3-5 in memoria del taller, transferencia de labranza de conservación para maíz de temporal en Jalisco, SCOPEL (Ed.), CIMMYT, Mexico.
- 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.
- ANONYME, 1991.** Memento de l'agronome. 4^{ème} édition. Col. Techniques rurales en Afrique.
- BACHELIER, G., 1978.** La faune des sols, son écologie et son action. ORSTOM, Paris. 658p.
- BARRUISO, E., CALVET, R., CURE B., 1994.** Incidence de la simplification du travail du sol sur le comportement des produits phytosanitaires: conséquence sur les risque de pollution. pp105-124 in simplification du travail du sol, Paris, 16 Mai 1991. Ed. INRA, Paris, les colloques n°65.
- BOCCHINO F., BEROU D., DOREY G., ESTUR G., 1999.** Cinquante ans d'actions cotonnières au service du développement. Coton et développement, hors série : pp 22-25.
- BOLI BABOULE Z., BEP AZIEM A. et ROOSE E., 1991.** Enquête sur l'érosion en région cotonnière du Nord Cameroun. Bull. Réseau Erosion 11 : pp 127- 138.
- BOLI BABOULE Z., 1996.** Fonctionnement des sols sableux et optimisation des pratiques culturales en zone soudanienne humide du Nord-Cameroun. Thèse de doctorat en sciences de la terre. ORSTOM, Montpellier. 264p
- BOUCHE M., 1972.** Lombriciens de France. Ecologie, systématique. INRA, Paris. 326p

- BREVAULT T., BEYO J. et GERARD N., 2003.** Protection intégrée du cotonnier et gestion des résistances au Nord Cameroun. Rapport annuel 2002/2003. IRAD, Garoua. 72p.
- BROWN G., PASINI A., BENITO N.P., de AQUINO and CORREIA M., 2002.** Diversity and functional role of soil macrofauna communities in brazilian no-tillage agroecosystems: A preliminary analysis. Paper based on an oral presentation at the “international symposium on managing biodiversity in agricultural ecosystems”. Montréal, Canada 8-10 November 2001. 8p
- CAUQUIL J., 1988.** Cotton pests and diseases in Africa South of the Sahara. IRCT, Paris.99p
- 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.
- DALY, H. V., DOYEN, J. T. and PURCELL, A. H., 1998.** Introduction to insecte biology and diversity. Second edition Oxford University Press. 680 p.
- DELATTRE R., 1973.** Parasites et maladies en culture cotonnière : manuel phytosanitaire. IRCT, Paris. 146 p.
- DELVARE, G. et ABERLENC, H. P., 1989.** Insectes d’Afrique et d’Amérique tropicale : Clés pour la reconnaissance des familles. GERDAT-CIRAD, Montpellier.
- DEPRINCE, A., 2003.** Les insectes du sol : de l’œuf enterré à une vie terricole. Première partie. INSECTES n° 131 : p 3-6.
- DEPRINCE, A., 2004.** Les insectes du sol : de l’œuf enterré à une vie terricole. Deuxième partie. INSECTES n° 132 : p 35-37.
- DERPSCH, R., 1997.** Importancia de la siembra directa para obtener la sustentabilidad de la produccion agricola. V congreso nacional de siembra directa de AAPRESID, Mar Del Plata, Argentina.
- DERPSCH, R., 2003.** Situation of conservation agriculture in the World. pp 66-69 in: II World congress on conservation agriculture: extend summary, vol 1.
- DINDAL, D. L., 1990.** Soil biology guide. Wiley, New York. 368p.

- DOOREMBOS J. et KASSAM A. H., 1980.** Réponse des rendements à l'eau. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage n° 33 : pp 12-14.
- DOUNIAS, I., 2001.** Systèmes de culture à base de couverture végétale et semis direct en zones tropicales. Etudes et travaux n°19, CNEARC, Montpellier.
- EGGLETON, P., FOLGARAIT, P., TONDOH, J., 2000.** Taxonomy. pp 18-23 in the IBOY- Macrofauna project: Report of an international workshop held at Bondy (France), 19-23 June 2000. IRD Bondy (France).
- EDWARDS, C.A. and BOHLEN, P. J., 1996.** Biology and ecology of earthworms. Chapman and Hall, London. 256 p
- FIRA, 1990.** Labranza de conservacion: una alternativa para aumentar la produccion del agromexicano. Boletin informativo de FIRA, Morelia, Mich, Mexique. 44 p.
- FOKA M. C. et RAYMOND G., 1999.** Relancer le rôle économique de la production cotonnière dans un marché défavorable : quel appui de la recherche ? Agriculture. et développement. n°22 : p 4-6.
- GAUDARD et ASFOM, 2004.** Note semestrielle d'information : campagne 2003-2004. DPA SODECOTON, Garoua. 76p
- GOBAT, J.M., ARAGNO, M. et MATHEY, W., 1998.** Le sol vivant : bases de pédologie et biologie des sols. Col. Gérer l'environnement. Presses polytechniques et universitaires romandes. Lausanne. 523p
- HÄBERLI, R, LÜSCHER, C., PRAPLAN-CHASTENAY, B.,1991.** L'affaire SOL: pour une politique raisonnée de l'utilisation des sols. Ed. Georg, Genève. 265p
- HARMAND J.M., NJITI C.F., BERNARD-REVERSAT F., FELLER C., OLIVER R., 2000.** Variations de stock de carbone dans le sol au cours du cycle jachère arborée culture. Zone soudanienne du Cameroun. pp. 706-713 in: La Jachère en Afrique Tropicale. J. Libbey, Eurotext, Paris.
- HÖLLDOBLER B. et WILSON E. O., 1996.** Voyage chez les fourmis. Seuil, Paris. 381p.
KEVAN, D.C. 1962. Soil animals. Witherby, London. 420 p
- KLASSOU C., M'BIANDOUN M., GUIBERT H., NJOYA A., 2004.** Convention de service N°7/PH2/FFEM/ SODECOTON-IRAD : Rapport annuel 2003-2004. IRAD, station polyvalente de Boklé, Garoua.324 p
- LAVELLE P. and FRAGOSO C., 2000.** The IBOY- Macrofauna project : Report of an international workshop held at Bondy (France), 19-23 June 2000.

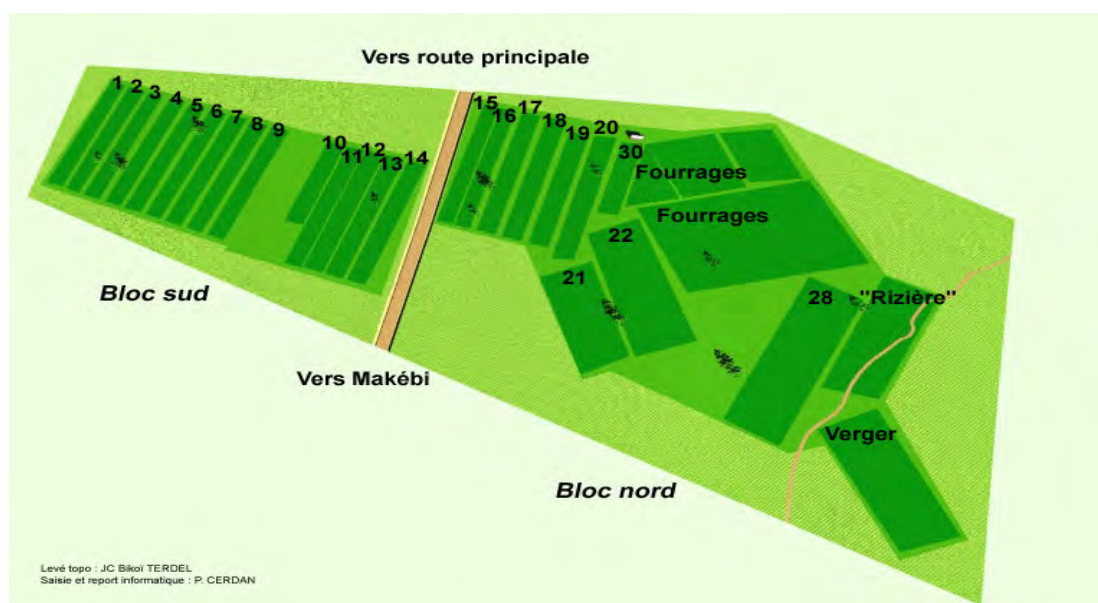
- MANDO, 1997.** The role of termites and mulch in the rehabilitation of crusted sahelian soils. Tropicical Resource Management Paper 16. Wagenigen Agricultural University. Wagenigen, 101 pp.
- MATTSON, W.J., 1977.** The role of arthropods in forest ecosystems. Springer Verlag, New York. 249 p
- Mc GAVIN, G., 2000.** INSECTES: Araignées et autres arthropodes terrestres. Bordas, Paris. 238 p
- MINETTE S., 2000.** Etude de l'impact des techniques de semis direct sur les caractéristiques physiques et biologiques des sols des Cerrados brésiliens. Mémoire d'ingénieur, ENSA, Renne, 52 p.
- NAUDIN K., HUSSON O., ROLLIN D., GUIBERT H., CHARPENTIER H., ABOU ABBA A., NJOYA A., OLINA J.P., SEGUY L., 2003.** No tillage for smallholder famers in semi-arid areas (Cameroon and Madagascar). pp 21-25 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 Iguacu, Brésil.
- OLINA, B.J.P., M'BIANDOUN, M. et DUGUE, P., 1998.** Amélioration et gestion de la fertilité des sols cultivés. Rapport d'activités 1997. Convention IRAD/DPGT. Garoua, Cameroun, 25 p.
- PARRY G., 1982.** Le cotonnier et ses produits. Coll. Techniques agricoles et productions tropicales, Coste R. (Ed.), GP Maisonneuve LAROSE, Paris. 320 p.
- RAMANANTSIALONINA H. M., 1998.** Evolution de la macrofaune et des dégâts aux cultures en fonction du mode de gestion des sols. Mémoire d'ingénieur en agronomie. ESSA Antananarivo. 103 p
- RAUNET M., 2003.** Quelques clés morphologiques pour le Nord Cameroun à l'usage des agronomes. Rapport de mission Septembre 2003. 65 p
- RENOU A. et DEGUINE J. P., 1992.** Ravageurs et protection de la culture cotonnière au Cameroun. 52 p.
- 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.
- SARDA Xavier, 2004.** Effet du semis direct sur la macrofaune des sols tropicaux des Cerrados brésiliens. Mémoire d'ingénieur, ISTOM, Montpellier. 176p.
- SCOPEL, E., 1999.** Le semis direct avec paillis de résidus dans l'Ouest mexicain : une histoire d'eau ? Agriculture et développement n° 21 : pp 26-31.

- SCOPEL, E., TRIOMPHE, B., RIBEIRO, M. F. S., SEGUY, L., 2004.** Direct seeding mulch-based cropping systems (DMC) in Latin America. Article CIRAD-CA, DF, Brazil. 11p.
- SEGUY, L. et BOUZINAC, S., 2001.** Systèmes de culture et dynamique de la matière organique. CIRAD, Montpellier. 427p.
- SHIFT, M. J., HEAL, W. and ANDERSON, J. M., 1979.** Decomposition in terrestrial ecosystems. University of California press, Berkeley, USA. 204 p
- SOLTNER R., 2000.** Les bases de la production végétale : tome 1 le sol et son amélioration. Col. Sciences et techniques agricoles. Sainte -Gemmes -sur -Loire, France. 405 p
- SOUTOUG G., 2004.** Modifications du bilan hydrique par les systèmes de culture sur couverture végétale : cas du cotonnier et du sorgho dans le Nord Cameroun. Mémoire d'ingénieur agronome. ENSA Montpellier, 100p.
- VANDEL A., 1962.** Isopodes terrestres II. Faune de France 66. Librairie de la Faculté des Sciences, Paris. 311 p
- 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 PHYTOTOMA : défense des végétaux, Avril 2004. Ruralia, France.
- WALLWORK J. A., 1970.** Ecology of soil animals. Mc Graw-Hill, London, UK. 513p

ANNEXES

Annexe 1 : Protocole de Zouana

(D'après Boulakia 2001, Charpentier 2001 et 2002, Séguy et Naudin 2003, Naudin 2004)



n° Parcelles	2002	2003	2004
1	Sorgho brachiaria	sorgho dolique	coton
2	Sorgho brachiaria	coton	sorgho brachiaria
3	coton semis direct	sorgho semis direct	coton SN
3	sorgho semis direct	coton semis direct	sorgho semis direct
4	coton labour	sorgho labour	coton SL
4	sorgho labour	coton labour	sorgho labour
5	coton paillé	sorgho brachiaria	coton CG
6	Sorgho brachiaria	Sorgho brachiaria	coton/arachide
7	Sorgho brachiaria	eleusine	coton /riz
8	Sorgho brachiaria	brachiaria seul	sorgho seul
9	Sorgho brachiaria	Sorgho mucuna	coton CL
10	Sorgho brachiaria	sorgho siratro	sorgho andropogon
11	Sorgho brachiaria	sorgho crotalaire	coton CL
12	Sorgho brachiaria	sorgho mucuna	riz
13	Sorgho brachiaria	sorgho niebe	coton
14	Sorgho brachiaria	coton	sorgho brachiaria
15	Sorgho brachiaria	arachide	sorgho brachiaria
16	Sorgho brachiaria	coton	sorgho crotalaire
17	coton labour	sorgho labour	coton SL
17	sorgho labour	coton labour	sorgho labour
18	coton paillé	sorgho brachiaria	coton CG
19	Sorgho brachiaria	Sorgho brachiaria	coton /arachide
20	Sorgho brachiaria	sorgho crotalaire	coton /niebe

Chaque parcelle est divisée en sous parcelles représentant chacune un niveau de fumure (F1, F2 et F3). F1 = demi dose vulgarisée, F2= dose recommandée et F3= dose recommandée + oligo-éléments. Le niveau de fumure F2 est divisé en deux parties constituant chacune une de nos parcelles élémentaires.

Annexe 2 : Protocole Windé Pintchoumba.

2c lab. Chimique 2002 : Maïs 2003 : coton 2004 : maïs	Labour 2002 : Maïs 2003 : coton 2004 : maïs	lab. Chimique 2002:Sorgho 2003 : coton 2004 : sorgho	lab. Chimique 2002:Sorgho 2003 : coton 2004 : sorgho
3c A 2002 : Maïs + Brachiaria 2003 : ½ maïs + bra, ½ maïs + muc 2004 :coton	3c B 2002 : Sorgho + Brachiaria 2003 : coton 2004 : ½ sorgho + crotalaire ½ sorgho + brachiaria		
4c A 2002 : Maïs + Brachiaria 2003 : ½ maïs + niebe, ½ maïs + crotalaire 2004 : coton	4c B 2002 : Sorgho + Brachiaria 2003 : Coton 2004 : ½ maïs + crotalaire ½ maïs + brachiaria		
5c 2002 : Sorgho + plantes 2003 : coton 2004 : arachide/niebe/riz/sorgho+crotalaire 2002 : maïs + plantes 2003 : coton 2004 : arachide/niebe/riz/maïs+crotalaire			

3c A = 1 CG + 1 CL

4c A = 2 CL

7c = 2 SL + 2 SN

8c A = 1 CG

6c A "Borne date de semis" rotation maïs + brachiaria, coton	6c B 2002 : Sorgho + "collections" 2003 : coton 2004 : sorgho "collections" 2002 : Maïs + "collection" 2003 : coton 2004 : maïs collection
--	--

10c B = 1 CG et 11c = 1 SL + 1 SN

7c lab. Chimique 2002 : Coton 2003 : maïs 2004 :coton	Labour 2002 : Coton 2003 : maïs 2004 :coton	lab. Chimique 2002 : Coton 2003 : maïs 2004 :coton	lab. Chimique 2002 : Coton 2003 : maïs 2004 :coton
2002 : Coton paillé 2003 : maïs + brachiaria 2004 : ½ coton, ½ arachide		8c B 2002 : Coton paillé 2003 : maïs + brachiaria 2004 : ½ coton, ½ riz	

9c lab. Chimique 2002 : Maïs 2003 : coton 2004 : maïs	Labour 2002 : Maïs 2003 : coton 2004 : maïs	lab. Chimique 2002 : sorgho 2003 : coton 2004 : sorgho	lab. Chimique 2002 : sorgho 2003 : coton 2004 : sorgho	9d A 2002 : Maïs + Brachiaria 2003 : ½ maïs + stylo , ½ maïs + siratro 2004 : coton	9d B 2002 : Sorgh + Brach 2003 : coton 2004 : ½ sorgho crota, ½ sorgho brach
10c A 2002 : Maïs + Brachiaria 2003 : coton 2004 : ½ maïs crotalaire, ½ maïs brachiaria	10c B 2002 : Coton paillé 2003 : maïs + brachiaria 2004 : ½ coton, ½ arachide	10d A 2002 : Maïs + Brachiaria 2003 : coton 2004 : ½ maïs crotalaire, ½ maïs brachiaria	10d B 2002 : Coton paillé 2003 : ½ maïs + stylo, ½ : maïs + siratro 2004 : coton		

11 d Lab.chimique 2002 : Maïs 2003 : coton 2004 :maïs	Labour 2002 : Maïs 2003 : coton 2004 : maïs	Chimiq 2002 : Coton 2003 : maïs 2004 : coton	Lab. 2002 : Coton 2003 : maïs 2004 : coton
---	--	---	---

Annexe 3 : Effectifs des macro-invertébrés piégés

Famille	Nom commun	Sites et modes de gestion des sols										Global
		WINDE					ZOUANA					
		CG	CL	SL	SN	total	CG	CL	SL	SN	total	
Anthicidae	anthicide	2		3	1	6	23	57	50	22	152	158
Blattidae	blatte	3	1		1	5		4	2	2	8	13
Carabidae	carabe	37	110	35	40	222	297	352	221	54	924	1146
Chrysomelidae	chrysomèle	3	5	5	6	19	67	86	40	19	212	231
Cicindelidae	cicindèle		5	4	9	18	52	70	24	7	153	171
Clothodidae	embioptère		1	2		3	6	9	8	4	27	30
Curculionidae	charançon	39	44	32	37	152	24	52	20	6	102	254
Cydnidae	punaise	25	37	21	61	144	23	18		6	47	191
divers Araneae	araignée	275	287	83	81	726	426	400	213	72	1111	1837
divers Coleoptera	larve coléoptère	41	60	208	82	391	22	19	14	19	74	465
divers Diptera	larve diptère	70	1	24	86	181	4	14	41	5	64	245
divers Hymenoptera	guêpe	3	5	2	1	11	27	37	168	12	244	255
divers Lepidoptera	chenille	2	11	8	3	24	5	11			16	40
div. Pseudoscorpiones	pseudoscorpion	1	2	1		4	18	17	19	6	60	64
divers Scorpiones	scorpion	8	8	5	3	24	27	22	16	10	75	99
divers Solifugae	solifuge		1			1	3	3	4	2	12	13
div. Stylommatophora	escargot	26	18	6	3	53	1	3			4	57
divers Thysanura	thysanoure		1			1	81	150	16	37	284	285
Elateridae	taupin	5	5	1	1	12	79	80	49	11	219	231
Enchytraeidae	enchytréide		1			1	8	6	5	2	21	22
Formicidae	fourmi	757	959	628	710	3054	943	1078	630	474	3125	6179
Geophilidae	géophilide						7	9	6	11	33	33
Gryllidae	grillon	91	159	63	62	375	172	137	80	39	428	803
Japygidae	diploure	12	12	3	1	28	4			1	5	33
Julidae	iule	156	197	99	143	595	304	244	231	106	885	1480
Lampyridae	lampyre	3	2	1	1	7	3	9	7	6	25	32
Lepismatidae	thysanoure	6	2		1	9	153	135	62	30	380	389
Lithobiidae	lithobiide	4	6		3	13	23	27	3		53	66
Lumbricidae	ver de terre	41	31	9	19	100	88	63	50	67	268	368
Lygaeidae	punaise	4	1		3	8	13	29	6		48	56
Mycetophagidae	mycétophage	3	11			14					14	14
Nitidulidae	nitidulide	1	2			3	6	39	2	2	49	52
Noctuidae	chenille	4	13	6	6	29	19	69	18	22	128	157
Polydesmidae	polydesmide	396	108	274	412	1190	41	93	6	6	146	1336
Porcellionidae	cloporte	1	5		1	7	402	665	199	358	1624	1631
Pyrrhocoridae	punaise	2	17	5	16	40	57	211	3	44	315	355
Reduviidae	réduve	5	2	1	3	11	52	59	11	4	126	137
Scarabaeidae	scarabé	5	6	11	13	35	70	103	91	30	294	329
Scolopendridae	scolopendre		5	1	2	8	12	27	9		48	56
Scutigerae	scutigère						5	12	8	4	29	29
Staphylinidae	staphylin	11	13	2	11	37	1011	2250	1129	640	5030	5067
Stylopidae	strepsiptère	3			9	12	1	34			35	47
Tenebrionidae	ténébrion	22	43	17	6	88	12	10	5	8	35	123
Termitidae	termite	2	2	8	1	13	135	112	53	24	324	337
Thorictidae	thorictode		1		1	2	4	6	4	4	18	20
Trombidiidae	trombidiide						216	237	71	48	572	572
Non analysés	Non analysés	144	74	38	39	295	78	108	57	32	275	570
Total		2213	2274	1606	1878	7971	5024	7176	3651	2256	18107	26078

Annexe 4 : Effectifs des macro-invertébrés extraits des monolithes

Famille	Nom commun	Sites et modes de gestion des sols										Global	
		WINDE					ZOUANA						
		CG	CL	SN	SL	total	CG	CL	SN	SL	total		
div. Pseudoscorpiones	pseudoscorpion						7	1	2			10	10
Anthicidae	anthicide			1	3	4	5	2				7	11
Carabidae	carabe	23	2	26	6	57	30	13	7	5	55	112	
Chrysomelidae	chrysomèle	7	1		2	10	10	9	2	2	23	33	
Clothodidae	embioptère	1	2			3	3	2	2	3	10	13	
Curculionidae	charançon	7	3	1		11		4	2		6	17	
Cydnidae	punaise	8		4	2	14	2	2			4	18	
divers Araneae	araignée	27	18	15	12	72	42	24	10	7	83	155	
div. Hymenoptera	guêpe			2	3	5	3	4	3		10	15	
div.larves Coleoptera	larve coléoptère	54	40	21	14	129	5	1		4	10	139	
divers larves Diptera	larve diptère	2	5	1		8	2	5	1	1	9	17	
div. Stylommatophora	escargot	2	10			12						12	
divers Thysanura	thysanoure	8				8	7	14			21	29	
Elateridae	taupin	3		2		5	7	5		6	18	23	
Formicidae	fourmi	236	257	295	174	962	239	132	89	134	594	1556	
Geophilidae	géophilide	3	3			6	2	4			6	12	
Gryllidae	grillon	1	1	1	8	11		1	3	1	5	16	
Japygidae	diploure	25	40		11	76	11	4	1	6	22	98	
Julidae	iule	37	50	31	18	136	68	44	27	33	172	308	
Lepismatidae	thysanoure	1	4			5	27	15	4		46	51	
Lithobiidae	lithobiide	3	3			6	6	3			9	15	
Lumbricidae	ver de terre	33	63	20	12	128	88	42	14	18	162	290	
Noctuidae	chenille	7	1			8	1		2		3	11	
Polydesmidae	polydesmide	14	13	11	4	42	9	7	3		19	61	
Porcellionidae	cloporte			1		1	30	7		3	40	41	
Pyrrhocoridae	punaise	3	13	2	6	24	14	16	4	5	39	63	
Reduviidae	réduve	2	1			3	6	5			11	14	
Scarabaeidae	scarabé	4	14			18	2	7		3	12	30	
Scolopendridae	scolopendre	9	16	5	2	32	4	7	1	2	14	46	
Staphylinidae	staphylin	7	10			17	32	15	5	8	60	77	
Tenebrionidae	ténébrion	2	3			5		5			5	10	
Termitidae	termite	75	68	46	39	228	175	175	50	151	551	779	
Thoricidae	thoricté	1	9	12	3	25						25	
Thripidae	thrips	8			3	11						11	
Trombididae	Trombidiide						9	1			10	10	
Non analysés	Non analysés	15	21	5	7	48	8	15	4	6	33	81	
Total		628	673	503	326	2130	854	591	236	398	2079	4209	

Annexe 5 : Niveaux de couverture des parcelles de Zouana



Parcelle 3 : semis direct sur sol nu (SN)



Parcelle 4 : semis sur labour (SL)



Parcelle 9 : semis sous paillis de mucuna (CL)



Parcelle 11 : semis sous paillis de crotalaire



Parcelle 18 : semis sous paillis de bracharia (CG)

Annexe 6 : ANOVA des effectifs des classes trophiques issues du piégeage (Windé)**Détritiphages:** Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ($H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	8767,222	2922,407	0,701	0,558
Résidus	32	133330,667	4166,583		
Total	35	142097,889			

Détritiphages: Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols avec un intervalle de confiance de 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
SL ~ CG	-41,000	-1,347	2,709	0,541	Non
SL ~ CL	-33,444	-1,099	2,709	0,693	Non
SL ~ SN	-30,222	-0,993	2,709	0,754	Non
SN ~ CG	-10,778	-0,354	2,709	0,984	Non
SN ~ CL	-3,222	-0,106	2,709	1,000	Non
CL ~ CG	-7,556	-0,248	2,709	0,995	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,832

Phytophages : Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ($H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$)

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	668,222	222,741	0,603	0,618
Résidus	32	11823,333	369,479		
Total	35	12491,556			

Phytophages : Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols avec un intervalle de confiance de 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
CG ~ CL	-11,444	-1,263	2,709	0,592	Non
CG ~ SL	-9,222	-1,018	2,709	0,740	Non
CG ~ SN	-6,000	-0,662	2,709	0,910	Non
SN ~ CL	-5,444	-0,601	2,709	0,931	Non
SN ~ SL	-3,222	-0,356	2,709	0,984	Non
SL ~ CL	-2,222	-0,245	2,709	0,995	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,832

Prédateurs : Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ($H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$)

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	7444,556	2481,519	22,845	< 0,0001
Résidus	32	3476,000	108,625		
Total	35	10920,556			

Prédateurs : Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols avec un intervalle de confiance de 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
SL ~ CL	-34,556	-7,033	2,709	< 0,0001	Oui
SL ~ CG	-23,889	-4,862	2,709	0,000	Oui
SL ~ SN	-3,111	-0,633	2,709	0,921	Non
SN ~ CL	-31,444	-6,400	2,709	< 0,0001	Oui
SN ~ CG	-20,778	-4,229	2,709	0,001	Oui
CG ~ CL	-10,667	-2,171	2,709	0,153	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,832

Faune totale : Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ($H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	25673,556	8557,852	1,691	0,189
Résidus	32	161960,667	5061,271		
Total	35	187634,222			

Faune totale : Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols avec un intervalle de confiance de 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
SL ~ CL	-70,222	-2,094	2,709	0,177	Non
SL ~ CG	-55,667	-1,660	2,709	0,361	Non
SL ~ SN	-30,111	-0,898	2,709	0,806	Non
SN ~ CL	-40,111	-1,196	2,709	0,634	Non
SN ~ CG	-25,556	-0,762	2,709	0,871	Non
CG ~ CL	-14,556	-0,434	2,709	0,972	Non

Annexe 7 : ANOVA effectifs des classes trophiques issues du piégeage (Zouana)**Détritiphages:** Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ($H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	78614,917	26204,972	10,343	< 0,0001
Résidus	44	111483,000	2533,705		
Total	47	190097,917			

Détritiphages: Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols avec un intervalle de confiance de 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
SL ~ CL	-111,500	-5,426	2,670	< 0,0001	Oui
SL ~ SN	-76,667	-3,731	2,670	0,003	Oui
SL ~ CG	-70,333	-3,423	2,670	0,007	Oui
CG ~ CL	-41,167	-2,003	2,670	0,202	Non
CG ~ SN	-6,333	-0,308	2,670	0,990	Non
SN ~ CL	-34,833	-1,695	2,670	0,338	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,776

Phytophages : Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ($H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$)

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	10969,500	3656,500	6,618	0,001
Résidus	44	24310,167	552,504		
Total	47	35279,667			

Phytophages : Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols avec un intervalle de confiance de 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
SL ~ CL	-40,000	-4,168	2,670	0,001	Oui
SL ~ CG	-19,750	-2,058	2,670	0,183	Non
SL ~ SN	-7,583	-0,790	2,670	0,858	Non
SN ~ CL	-32,417	-3,378	2,670	0,008	Oui
SN ~ CG	-12,167	-1,268	2,670	0,588	Non
CG ~ CL	-20,250	-2,110	2,670	0,166	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,776

Prédateurs : Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ($H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$)

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	171433,417	57144,472	8,888	0,000
Résidus	44	282882,500	6429,148		
Total	47	454315,917			

Prédateurs : Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols avec un intervalle de confiance de 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
SN ~ CL	-151,083	-4,615	2,670	0,000	Oui
SN ~ CG	-35,667	-1,090	2,670	0,698	Non
SN ~ SL	-13,083	-0,400	2,670	0,978	Non
SL ~ CL	-138,000	-4,216	2,670	0,001	Oui
SL ~ CG	-22,583	-0,690	2,670	0,900	Non
CG ~ CL	-115,417	-3,526	2,670	0,005	Oui

Valeur critique du d de Tukey : 3,776

Faune totale : Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ($H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	546691,333	182230,444	13,772	< 0,0001
Résidus	44	582185,333	13231,485		
Total	47	1128876,667			

Faune totale : Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols avec un intervalle de confiance de 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
SL ~ CL	-289,500	-6,165	2,670	< 0,0001	Oui
SL ~ CG	-112,667	-2,399	2,670	0,092	Non
SL ~ SN	-71,167	-1,515	2,670	0,437	Non
SN ~ CL	-218,333	-4,649	2,670	0,000	Oui
SN ~ CG	-41,500	-0,884	2,670	0,813	Non
CG ~ CL	-176,833	-3,766	2,670	0,003	Oui

Valeur critique du d de Tukey : 3,776

Annexe 8 : ANOVA effectifs des classes trophiques issues des monolithes (Windé)**Détritiphages:** Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ($H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	270275,206	90091,735	1,681	0,185
Résidus	44	2357932,099	53589,366		
Total	47	2628207,305			

Détritiphages: Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols avec un intervalle de confiance à 95,00 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
SL ~ CL	-207,407	-2,195	2,670	0,141	Non
SL ~ CG	-142,593	-1,509	2,670	0,441	Non
SL ~ SN	-119,444	-1,264	2,670	0,590	Non
SN ~ CL	-87,963	-0,931	2,670	0,789	Non
SN ~ CG	-23,148	-0,245	2,670	0,995	Non
CG ~ CL	-64,815	-0,686	2,670	0,902	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,776

Phytophages: Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ($H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	56324,588	18774,863	6,273	0,001
Résidus	44	131697,531	2993,126		
Total	47	188022,119			

Phytophages: Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols avec un intervalle de confiance à 95,00 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
SL ~ CG	-82,407	-3,690	2,670	0,003	Oui
SL ~ CL	-73,148	-3,275	2,670	0,011	Oui
SL ~ SN	-23,148	-1,036	2,670	0,729	Non
SN ~ CG	-59,259	-2,653	2,670	0,052	Non
SN ~ CL	-50,000	-2,239	2,670	0,129	Non
CL ~ CG	-9,259	-0,415	2,670	0,976	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,776

Prédateurs : Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ($H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	13549,383	4516,461	5,135	0,004
Résidus	44	38703,704	879,630		
Total	47	52253,086			

Prédateurs : Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols avec un intervalle de confiance à 95,00 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
SL ~ CG	-47,222	-3,900	2,670	0,002	Oui
SL ~ CL	-27,778	-2,294	2,670	0,115	Non
SL ~ SN	-23,148	-1,912	2,670	0,238	Non
SN ~ CG	-24,074	-1,988	2,670	0,208	Non
SN ~ CL	-4,630	-0,382	2,670	0,981	Non
CL ~ CG	-19,444	-1,606	2,670	0,386	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,776

Faune totale : Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ($H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	688858,025	229619,342	3,939	0,014
Résidus	44	2564876,543	58292,649		
Total	47	3253734,568			

Faune totale : Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols avec un intervalle de confiance à 95,00 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
SL ~ CL	-308,333	-3,128	2,670	0,016	Oui
SL ~ CG	-272,222	-2,762	2,670	0,040	Oui
SL ~ SN	-165,741	-1,682	2,670	0,345	Non
SN ~ CL	-142,593	-1,447	2,670	0,478	Non
SN ~ CG	-106,481	-1,080	2,670	0,703	Non
CG ~ CL	-36,111	-0,366	2,670	0,983	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,776

Annexe 9: ANOVA effectifs des classes trophiques issues des monolithes (Zouana)

Détritiphages: Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ($H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	378541,667	126180,556	1,513	0,220
Résidus	60	5004104,938	83401,749		
Total	63	5382646,605			

Détritiphages: Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols avec un intervalle de confiance à 95,00 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
SL ~ CG	-193,056	-1,891	2,643	0,243	Non
SL ~ CL	-68,056	-0,667	2,643	0,909	Non
SL ~ SN	-9,722	-0,095	2,643	1,000	Non
SN ~ CG	-183,333	-1,796	2,643	0,286	Non
SN ~ CL	-58,333	-0,571	2,643	0,940	Non
CL ~ CG	-125,000	-1,224	2,643	0,614	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,737

Phytophages: Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ($H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	12731,481	4243,827	2,323	0,084
Résidus	60	109614,198	1826,903		
Total	63	122345,679			

Phytophages: Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols avec un intervalle de confiance à 95,00 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
SL ~ CG	-39,583	-2,619	2,643	0,053	Non
SL ~ CL	-21,528	-1,425	2,643	0,489	Non
SL ~ SN	-16,667	-1,103	2,643	0,689	Non
SN ~ CG	-22,917	-1,516	2,643	0,434	Non
SN ~ CL	-4,861	-0,322	2,643	0,988	Non
CL ~ CG	-18,056	-1,195	2,643	0,632	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,737

Prédateurs : Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ($H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	58070,988	19356,996	17,273	< 0,0001
Résidus	60	67237,654	1120,628		
Total	63	125308,642			

Prédateurs : Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols avec un intervalle de confiance à 95,00 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
SL ~ CG	-82,639	-6,982	2,643	< 0,0001	Oui
SL ~ CL	-38,194	-3,227	2,643	0,011	Oui
SL ~ SN	-23,611	-1,995	2,643	0,201	Non
SN ~ CG	-59,028	-4,987	2,643	< 0,0001	Oui
SN ~ CL	-14,583	-1,232	2,643	0,609	Non
CL ~ CG	-44,444	-3,755	2,643	0,002	Oui

Valeur critique du d de Tukey : 3,737

Faune totale : Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ($H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	919220,679	306406,893	3,136	0,032
Résidus	60	5862932,099	97715,535		
Total	63	6782152,778			

Faune totale : Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols avec un intervalle de confiance à 95,00 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
SL ~ CG	-315,278	-2,853	2,643	0,029	Oui
SL ~ CL	-127,778	-1,156	2,643	0,656	Non
SL ~ SN	-50,000	-0,452	2,643	0,969	Non
SN ~ CG	-265,278	-2,400	2,643	0,088	Non
SN ~ CL	-77,778	-0,704	2,643	0,895	Non
CL ~ CG	-187,500	-1,697	2,643	0,334	Non

Annexe 10 : ANOVA de la réussite de la levée (Windé)

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les **moyennes de poquets levés à 20 jas**

(H0 = Y=Moy(Y))

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	214,763	71,588	3,346	0,076
Résidus	8	171,182	21,398		
Total	11	385,945			

Poquets levés à 20 jas: Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion

avec un intervalle de confiance à 95.00 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
CL ~ SL	11,574	3,064	3,202	0,061	Non
CL ~ SN	4,321	1,144	3,202	0,675	Non
CL ~ CG	3,241	0,858	3,202	0,826	Non
CG ~ SL	8,333	2,206	3,202	0,201	Non
CG ~ SN	1,080	0,286	3,202	0,991	Non
SN ~ SL	7,253	1,920	3,202	0,292	Non

Valeur critique du d de Tukey : 4,529

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les **moyennes de plants levés à 20 jas**

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	64,078	21,359	4,064	0,050
Résidus	8	42,044	5,255		
Total	11	106,121			

Tukey (HSD) / **Plants levés à 20 jas**

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
CL ~ SL	6,327	3,380	3,202	0,039	Oui
CL ~ CG	4,444	2,374	3,202	0,160	Non
CL ~ SN	4,167	2,226	3,202	0,196	Non
SN ~ SL	2,160	1,154	3,202	0,669	Non
SN ~ CG	0,278	0,148	3,202	0,999	Non
CG ~ SL	1,883	1,006	3,202	0,751	Non

Valeur critique du d de Tukey : 4,529

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les **moyennes de plants à cotylédons attaqués à 7 jas**

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	382,241	127,414	15,179	0,001
Résidus	8	67,151	8,394		
Total	11	449,392			

Tukey (HSD) / **plants à cotylédons attaqués à 7 jas**

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
CL ~ SN	14,382	6,080	3,202	0,002	Oui
CL ~ SL	12,104	5,117	3,202	0,004	Oui
CL ~ CG	12,075	5,105	3,202	0,004	Oui
CG ~ SN	2,307	0,975	3,202	0,767	Non
CG ~ SL	0,028	0,012	3,202	1,000	Non
SL ~ SN	2,278	0,963	3,202	0,773	Non

Valeur critique du d de Tukey : 4,529

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les **moyennes de plants à tiges sectionnées à 7 jas**

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	4,576	1,525	1,355	0,324
Résidus	8	9,004	1,125		
Total	11	13,580			

Tukey (HSD) / **plants à tiges sectionnées à 7 jas**

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
CG ~ SL	1,548	1,787	3,202	0,345	Non
CG ~ CL	1,206	1,392	3,202	0,537	Non
CG ~ SN	0,398	0,460	3,202	0,966	Non
SN ~ SL	1,150	1,327	3,202	0,573	Non
SN ~ CL	0,808	0,932	3,202	0,789	Non
CL ~ SL	0,342	0,395	3,202	0,978	Non

Valeur critique du d de Tukey : 4,529

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les **moyennes des hauteurs des plants à 28 jas**

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	0,317	0,106	0,022	0,995
Résidus	8	37,909	4,739		
Total	11	38,226			

Tukey (HSD) / **Hauteur du plant à 28 jas**

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
CG ~ SN	0,406	0,228	3,202	0,995	Non
CG ~ SL	0,078	0,044	3,202	1,000	Non
CG ~ CL	0,030	0,017	3,202	1,000	Non
CL ~ SN	0,376	0,211	3,202	0,996	Non
CL ~ SL	0,048	0,027	3,202	1,000	Non
SL ~ SN	0,328	0,185	3,202	0,998	Non

Annexe 11 : ANOVA de la réussite de la levée (Zouana)

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les moyennes de poquets levés à 20 jas

(H0 = Y=Moy(Y))

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	1854,623	618,208	9,161	0,003
Résidus	10	674,833	67,483		
Total	13	2529,456			

Moyennes de poquets levés à 20 jas: Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion avec un intervalle de confiance à 95.00 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
CG - SL	26,505	4,563	3,059	0,005	Oui
CG - CL	25,231	4,344	3,059	0,007	Oui
CG - SN	23,495	3,303	3,059	0,034	Oui
SN - SL	3,009	0,423	3,059	0,973	Non
SN - CL	1,736	0,244	3,059	0,995	Non
CL - SL	1,273	0,219	3,059	0,996	Non

Valeur critique du d de Tukey : 4.327

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les moyennes de plants levés à 20 jas

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	648,057	216,019	3,370	0,063
Résidus	10	640,959	64,096		
Total	13	1289,016			

Tukey (HSD) / Plants levés à 20 jas

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
CG - SL	15,880	2,805	3,059	0,075	Non
CG - CL	15,023	2,654	3,059	0,095	Non
CG - SN	12,708	1,833	3,059	0,314	Non
SN - SL	3,171	0,457	3,059	0,967	Non
SN - CL	2,315	0,334	3,059	0,986	Non
CL - SL	0,856	0,151	3,059	0,999	Non

Valeur critique du d de Tukey : 4.327

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les moyennes de plants à cotylédons attaqués à 7 jas

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	1324,500	441,500	2,838	0,092
Résidus	10	1555,762	155,576		
Total	13	2880,262			

Tukey (HSD) / plants à cotylédons attaqués à 7 jas

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
SN - CL	31,023	2,872	3,059	0,067	Non
SN - SL	21,378	1,979	3,059	0,258	Non
SN - CG	17,213	1,593	3,059	0,424	Non
CG - CL	13,810	1,566	3,059	0,438	Non
CG - SL	4,165	0,472	3,059	0,964	Non
SL - CL	9,645	1,094	3,059	0,701	Non

Valeur critique du d de Tukey : 4.327

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les moyennes de plants à tiges sectionnées à 7 jas

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	5,533	1,844	0,724	0,560
Résidus	10	25,477	2,548		
Total	13	31,010			

Tukey (HSD) / plants à tiges sectionnées à 7 jas

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
SN - CL	1,917	1,387	3,059	0,534	Non
SN - CG	1,550	1,121	3,059	0,686	Non
SN - SL	0,987	0,714	3,059	0,889	Non
SL - CL	0,930	0,824	3,059	0,842	Non
SL - CG	0,563	0,499	3,059	0,958	Non
CG - CL	0,367	0,325	3,059	0,987	Non

Valeur critique du d de Tukey : 4.327

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les moyennes des hauteurs des plants à 28 jas

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	72,052	24,017	13,953	0,001
Résidus	10	17,213	1,721		
Total	13	89,265			

Tukey (HSD) / Hauteur du plant à 28 jas

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
CG - CL	5,413	5,835	3,059	0,001	Oui
CG - SL	4,748	5,118	3,059	0,002	Oui
CG - SN	4,554	4,008	3,059	0,011	Oui
SN - CL	0,859	0,756	3,059	0,872	Non
SN - SL	0,194	0,171	3,059	0,998	Non
SL - CL	0,665	0,717	3,059	0,888	Non

Valeur critique du d de Tukey : 4.327

Annexe 12 : ANOVA des infestations des principaux ravageurs (Windé)Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ($H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$) :**moyennes de pourcentages de feuilles infestées par pucerons**

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	233,359	77,786	0,703	0,552
Résidus	152	16820,308	110,660		
Total	155	17053,667			

Infestation de pucerons: Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols avec un intervalle de confiance à 95,00 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
CL ~ SL	3,256	1,367	2,598	0,522	Non
CL ~ SN	1,795	0,753	2,598	0,875	Non
CL ~ CG	0,744	0,312	2,598	0,989	Non
CG ~ SL	2,513	1,055	2,598	0,717	Non
CG ~ SN	1,051	0,441	2,598	0,971	Non
SN ~ SL	1,462	0,614	2,598	0,928	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,674

Nombre de chenilles : Evaluation de la valeur de l'information apportée par les moyennes

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	45,274	15,091	1,169	0,327
Résidus	80	1032,762	12,910		
Total	83	1078,036			

Nombre de chenilles : Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
CG ~ SL	2,000	1,804	2,624	0,279	Non
CG ~ SN	1,476	1,331	2,624	0,546	Non
CG ~ CL	1,238	1,117	2,624	0,680	Non
CL ~ SL	0,762	0,687	2,624	0,902	Non
CL ~ SN	0,238	0,215	2,624	0,996	Non
SN ~ SL	0,524	0,472	2,624	0,965	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,711

Pourcentages d'organes percés : Evaluation de la valeur de l'information apportée par les moyennes

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	10,772	3,591	3,118	0,088
Résidus	8	9,213	1,152		
Total	11	19,985			

Pourcentages d'organes percés : Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
CG ~ SL	2,614	2,983	3,202	0,068	Non
CG ~ SN	1,814	2,070	3,202	0,241	Non
CG ~ CL	1,409	1,608	3,202	0,426	Non
CL ~ SL	1,205	1,375	3,202	0,546	Non
CL ~ SN	0,405	0,463	3,202	0,965	Non
SN ~ SL	0,799	0,912	3,202	0,799	Non

Valeur critique du d de Tukey : 4,529

Annexe 13 : ANOVA des infestations des principaux ravageurs (Zouana)Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ($H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$) :**moyennes de pourcentages de feuilles infestées par pucerons**

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	624,896	208,299	0,167	0,918
Résidus	150	186871,000	1245,807		
Total	153	187495,896			

Infestation de pucerons: Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols avec un intervalle de confiance à 95,00 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
CL ~ CG	5,045	0,670	2,598	0,908	Non
CL ~ SN	2,545	0,276	2,598	0,993	Non
CL ~ SL	1,091	0,145	2,598	0,999	Non
SL ~ CG	3,955	0,526	2,598	0,953	Non
SL ~ SN	1,455	0,158	2,598	0,999	Non
SN ~ CG	2,500	0,271	2,598	0,993	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,674

Nombre de chenilles : Evaluation de la valeur de l'information apportée par les moyennes

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	58,821	19,607	1,233	0,303
Résidus	80	1272,167	15,902		
Total	83	1330,988			

Nombre de chenilles : Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
CG ~ SL	2,042	1,774	2,624	0,294	Non
CG ~ SN	1,792	1,271	2,624	0,584	Non
CG ~ CL	0,750	0,652	2,624	0,915	Non
CL ~ SL	1,292	1,122	2,624	0,677	Non
CL ~ SN	1,042	0,739	2,624	0,881	Non
SN ~ SL	0,250	0,177	2,624	0,998	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,711

Pourcentages d'organes percés : Evaluation de la valeur de l'information apportée par les moyennes

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	16,061	5,354	6,996	0,006
Résidus	12	9,184	0,765		
Total	15	25,245			

Pourcentages d'organes percés : Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modes de gestion des sols

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
CG ~ SL	2,736	4,423	2,969	0,004	Oui
CG ~ SN	1,963	3,174	2,969	0,035	Oui
CG ~ CL	1,346	2,176	2,969	0,185	Non
CL ~ SL	1,390	2,247	2,969	0,166	Non
CL ~ SN	0,617	0,998	2,969	0,753	Non
SN ~ SL	0,773	1,249	2,969	0,610	Non

Valeur critique du d de Tukey : 4,199