

BURKINA FASO

Unité - Progrès – Justice

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

Université Polytechnique de
Bobo Dioulasso
(U.P.B.)

Institut de Recherche pour le
Développement
(I.R.D.)

Institut du Développement
Rural
(I.D.R.)

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION : AGRONOMIE

THEME :

**INFLUENCE DE DIFFERENTES HERBACEES SUR LES
INDICATEURS CHIMIQUE ET BIOLOGIQUE DE LA FERTILITE DES
SOLS**

Directeur de mémoire : Dr NACRO B. Hassan

Maître de stage : Dr MASSE Dominique

OUEDRAOGO Nobila Maxime

JUIN 2003

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	J
REMERCIEMENTS	II
LISTE DES FIGURES	IV
LISTE DES TABLEAUX	IV
LISTE DES PHOTOS	IV
RESUME.....	V
ABSTRACT	VI
INTRODUCTION GENERALE.....	1
JUSTIFICATION DE L'ETUDE.....	3
CHAPITRE I SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	5
1-1 LA MATIERE ORGANIQUE DES SOLS.....	5
1-1-1 DEFINITION	5
1-1-2 FORMES DE LA MATIERE ORGANIQUE DANS LE SOL.....	6
1-1-3-ROLE DE LA M.O DANS LA FER/ILITE DU SOL	6
1-1-3-1- Action sur les propriétés physiques du sol	7
1-1-3-2- Action sur les propriétés chimiques du sol.....	8
1-1-3-2-Action sur les propriétés biologiques du sol.....	9
1-1-4 CONCLUSION.....	9
1-2 SOURCE DE MATIERE ORGANIQUE	9
1-2-1 GESTION ORGANIQUE A L'ECHELLE DE LA PARCELLE CULTIVEE ET INFLUENCE DES PRATIQUES CULTURALES.....	9
1-2-1-1 Résidus de culture.....	10
1-2-1-2 Parcs agro-forestiers.....	10
1-2-1-3 Biomasse racinaire.....	11
1-2-1-4 Brûlis et feux	11
1-2-1-5 Paillage.....	12
1-2-1-6 Jachère.....	12
1-2-1-7 Bandes enherbées.....	13
1-2-1-8 Association et rotation de cultures.....	13
1-2-1-9 Cultures en couloirs.....	14
1-2-2 FOURNITURE DE MATIERE ORGANIQUE PAR LES ANIMAUX.....	14
1-2-3 COMPOST	15
1-3 - DYNAMIQUE DE LA MATIERE ORGANIQUE	16
1-3-1 MINERALISATION DE LA MATIERE ORGANIQUE	16
1-3-2 HUMIFICATION DE LA MATIERE ORGANIQUE	17
1-4 INTERACTION PLANTES MICROORGANISMES AU NIVEAU RHIZOSPHERIQUE.....	18
1-4-1 PRODUITS D'EXSORPTION RACINAIRES	19
1-4-2 INFLUENCE DE LA PLANTE SUR LES MICROORGANISMES DE LA RHIZOSPHERE	20
1-4-3 INFLUENCE DES MICROORGANISMES SUR LES PLANTES.....	20

1-5 CONCLUSION	21
CHAPITRE II MATERIELS ET METHODES	22
2-1 OBJECTIFS DE L'ETUDE	22
2-2 PRESENTATION DU SITE D'ETUDE	22
2-2-1 LOCALISATION	22
2-2-2 CLIMAT	22
2-2-2-1 <i>Pluviométrie</i>	22
2-2-2-2 <i>Température</i>	24
2-2-3 VEGETATION	25
2-2-4 GEOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE	26
2-2-5 SOLS	26
2-3 DISPOSITIF EXPERIMENTAL	28
2-3-1 FACTEURS TESTES	28
2-3-2 LES ECHANTILLONS : MODE DE PRELEVEMENT	30
2-4 ANALYSES EFFECTUEES	30
2-4-1 CARACTERISATION DU STATUT BIOLOGIQUE DU SOL	30
2-4-1-1 <i>Méthode S.I.R.</i>	30
2-4-1-2 <i>Diversité fonctionnelle catabolique</i>	32
2-4-1-3 <i>Substrats organiques utilisés</i>	32
2-4-2 CARACTERISTIQUE CHIMIQUE DES SOLS.....	33
2-4-2-1 <i>Dosage du carbone</i>	33
2-4-2-2 <i>Dosage de l'azote</i>	33
2-4-2-3 <i>Dosage de l'azote minérale</i>	34
2-4-2-4 <i>Dosage du phosphore assimilable, du phosphore total</i>	34
2-4-3 ESSAI DE CROISSANCE EN POT	34
2-4-3-1 <i>Méthodes</i>	34
2-4-3-2 <i>Comptage du nombre de nodules</i>	35
2-4-4 TRAITEMENT DES DONNEES.....	35
CHAPITRE III IMPACT DES DIFFERENTES HERBACEES SUR LES ELEMENTS CHIMIQUES, LA BIOMASSE MICROBIENNE ET LA DIVERSITE MICROBIENNE	36
3-1 IMPACT DES DIFFERENTES HERBACEES SUR LA FERTILITE CHIMIQUE DU SOL	36
3-1-1 CARBONE TOTAL, AZOTE TOTAL ET RAPPORT C/N	36
3-1-2 PHOSPHORE TOTAL ET PHOSPHORE ASSIMILABLE	38
3-1-3 AZOTE MINERALE	39
3-2 TEST DE CROISSANCE D'UNE PLANTE	40
3-3 IMPACT DES HERBACEES SUR L'ACTIVITE MICROBIENNE	42
3-3-1 CHOIX DE LA DOSE DE GLUCOSE A ADMINISTRER POUR DES MESURES SIR	42
3-3-2 SIR SUR LES DIFFERENTS TRAITEMENTS HERBACES.....	44
3-3-3 ESTIMATION DE LA BIOMASSE MICROBIENNE	46
3-4 EFFETS DES DIFFERENTES HERBACEES SUR LA DIVERSITE FUNCTIONNELLE CATABOLIQUE DES MICROORGANISMES	47

3-4-1 RESPIRATION MOYENNE INDUITE PAR CHAQUE SUBSTRAT	47
3-4-2 DIVERSITE CATABOLIQUE	55
3-4-2-1 <i>Richesse catabolique</i>	55
3-4-2-2 <i>Indice de simpson-yule</i>	56
3-4-2-3 <i>Indice de Shannon</i>	56
CHAPITRE IV DISCUSSION DES RESULTATS.....	57
4-1 IMPACT DES DIFFERENTES HERBACEES SUR LA FERTILITE CHIMIQUE DU SOL.....	57
4-2 IMPACT DES HERBACEES SUR AZOTE MINERAL DES SOLS	57
4-3 IMPACT DES HERBACEES SUR L'ACTIVITE MICROBIENNE.....	58
4-4 EFFET DES DIFFERENTES HERBACEES SUR LA DIVERSITE FONCTIONNELLE CATABOLIQUE DES MICROORGANISMES	59
4-2 IMPACT DES HERBACEES SUR LE COMPORTEMENT EN VASE DE VEGETATION.	62
CONCLUSION GENERALE.....	63
BIBLIOGRAPHIE.....	65
ANNEXES.....	73

*« Ce que vous voulez que
les Hommes fassent pour vous, faites-le
de même pour eux » (Luc 6 :31).*

Dédicace

***« Les projets que forme le cœur dépendent de l'Homme, mais la réponse que
donne la bouche vient de l'ÉTERNEL » (prov. 16 11).***

A mon père Feu OUEDRAOGO Gamba Dominique

*A ma mère OUEDRAOGO née KABORE Sibdou Augustine pour ce
qu'elle a fait, pour ce qu'elle fait et pour ce qu'elle fera pour moi ;*

ainsi que pour toute l'affection qu'elle porte pour moi.

A mon frère Irénée

*et à mes sœurs : Jeanne, Catherine, Sophie, Geneviève, Honorine pour
l'inlassable soutien qu'ils m'ont toujours apporté; ainsi qu'à Pélagie,*

Je dédie ce mémoire.

Remerciements

Ce document a été réalisé sous la direction de l'Institut du Développement Rural (IDR) et de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD).

Ainsi, je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à sa réalisation. Mes sincères remerciements vont :

- Au Docteur NACRO H Bismarck, mon directeur de mémoire, pour sa compréhension et sa disponibilité. Il a su malgré la distance et ses fonctions se soucier à tout moment de l'avancement du document. Je lui en suis infiniment reconnaissant pour l'attention et la patience dont il a fait montre dans la Direction de ce travail ; et pour ses encouragements galvanisant ;
- Au Docteur MASSE Dominique, mon maître de stage, à qui je tiens à dire un grand merci pour sa disponibilité et surtout pour sa confiance motivante et rassurante ; et pour toute l'initiation qu'il m'a donné ;
- Au Docteur DUPONNOIS Robin, responsable du programme IBIS de m'avoir accepté dans son programme. Je le remercie d'avoir mis à ma disposition tout le nécessaire au sein de sa structure pour la réalisation de ce document ;
- Au Docteur LEPAGE Michel pour les services rendus en l'absence de mon maître de stage ;
- Au Docteur HIEN victor pour son encouragement ;
- A Monsieur BILGO Ablassé pour l'intérêt apporté a mon travail ;
- je ne saurai oublier le personnel du laboratoire Eau-Sol-Plante de l'INERA Kamboinsé pour leur service rendu. Nous remercions monsieur GNANKAMBARY Zacharia, et ses collaborateurs RAMDE Martin, OUANDAOGO Noufou, KABORE Jean-Paul ;
- Je remercie M OUEDA et son épouse pour tout le soutien multicolore et multiforme qu'ils m'ont apporté pendant mon séjour à Bobo ; également pour avoir fait de moi un membre de leur famille. Que Dieu les bénisse !
- A M SAMBOLGO et son épouse, pour l'amitié qui nous a toujours lié et pour leur conseil très pratiques ;

- Je remercie mon amie M^{lle} BASSONON B. Sandrine, affectueusement et amicalement « la grande sœur » pour l'agréable et loyale compagnie;
- Je remercie mon ami KAMBIRE Lassogbéhilone qui a fait de la réalisation de ce mémoire un combat qui lui est personnelle, pour ses conseils, sa disponibilité et sa franchise ;
- A mon ami KUELA Michel pour la grandeur de son amitié, ses conseils, son soutien et pour les moments passés ensemble à Bobo ; de qui j'ai un très grand et bon souvenir ;
- Je voudrais remercier particulièrement M. BARRY, pour s'être investi dans les différentes manipulations afin de me permettre une exécution dans les délais des travaux ; à qui je dirai merci pour ses conseils du grand frère qu'il est,
- A M. ALIKO, M. SY, M. ZAN, Yaya, COULIBALY pour la variabilité de leur compagnie ;
- A mes camarades Brice et Thomas pour le soutien mutuel, les coups de main et pour le combat mené ensemble et pour l'esprit qui nous animait tous ;
- A KABORE Théodore pour sa sympathie et sa collaboration ;
- Je dirai merci à tous mes frères dans le Christ qui dans l'ombre n'ont cessé de prier pour moi ; Que Christ bénisse et étende à des dimensions infinies leur foi ;
- Je remercie mes professeurs, mes aînés et mes camarades de classe qui m'ont soutenue tout au long de mon cycle d'étude ;
- Je voudrais dire merci à tous les acteurs de l'IDR, enseignants comme étudiants, qui oeuvrent afin que ce centre de formation ne soit pas transformé en un centre criminogène suite à des frustrations créées de part et d'autre ;
- Merci à ma précieuse et irremplaçable famille pour tout le soutien financier et surtout moral, qu'elle m'a toujours apporté ;
- Je remercierai ce **Dieu** qui dans Sa **Grandeur** m'a fait grâce et m'a accordé force et santé dans cette traversée de « mon désert ».

Liste des figures

<i>Figure 1 : Evolution de la pluviométrie de Kamboinsé de 1990 à 2002</i>	23
<i>Figure 2 : Pluviométrie de la campagne agricole 2002 de Kamboinsé</i>	23
<i>Figure 3 : Evolution de la température moyenne de Kamboinsé de 1992 à 2002</i>	25
<i>Figure 4 : Plan des semis en deuxième année</i>	29
<i>Figure 5 : Localisation des prélèvements</i>	30
<i>Figure 6 : Teneurs en carbone total du sol après deux années expérimentales</i>	36
<i>Figure 7 : Teneurs en azote total du sol après deux années expérimentales</i>	37
<i>Figure 8 : Rapport Carbone/Azote du sol après deux années expérimentales</i>	37
<i>Figure 9 : Teneur en phosphore total du sol après deux années expérimentales</i>	38
<i>Figure 10 : Teneur en phosphore total du sol après deux années expérimentales</i>	38
<i>Figure 11 : Teneur en azote minéral NO₃-NH₄, nitrate NO₃, ammonium NH₄ dans les sols des différents traitements par bloc</i>	39
<i>Figure 12 : Courbes des hauteurs de plant de Crotalaria ochroleuca sur les sols des différents traitements herbacées</i>	40
<i>Figure 13 : Biomasse aérienne d'une plante test Crotalaria ochroleuca sur les différents sols prélevés sous herbacées</i>	41
<i>Figure 14 : Biomasse aérienne d'une plante test Crotalaria ochroleuca sur les différents sols prélevés sous herbacées</i>	41
<i>Figure 15 : Dégagement de CO₂ pour les trois doses de glucose administré</i>	43
<i>Figure 16 : Dégagement de CO₂ sur six heures des différents traitements</i>	45
<i>Figure 17 : Biomasse microbienne pour les différents traitements</i>	46
<i>Figure 18 : Analyses en composantes principales du tableau parcelles (lignes) × respiration induite par substrats organiques (colonne)</i>	48
<i>Figure 19-a : CO₂ dégagé en présence de substrats organiques sur des sols prélevés sous les différentes plantes herbacées</i>	50
<i>Figure 19-b : CO₂ dégagé en présence de substrats organiques sur des sols prélevés sous les différentes plantes herbacées</i>	51
<i>Figure 19-c : CO₂ dégagé en présence de substrats organiques sur des sols prélevés sous les différentes plantes herbacées</i>	52
<i>Figure 19-d : CO₂ dégagé en présence de substrats organiques sur des sols prélevés sous les différentes plantes herbacées</i>	53
<i>Figure 20 : Profils de CO₂ dégagé en présence de substrats organiques sur des sols prélevés sous les différentes plantes herbacées</i>	54
<i>Figure 21 Richesse catabolique pour les différents traitements</i>	55

Liste des tableaux

<i>Tableau 1: Nombre de nodule par système racinaire de Crotalaria ochroleuca</i>	42
<i>Tableau 2 : Comparaison des différentes doses de glucose</i>	42
<i>Tableau 3 : SIR à 2 heures des différents traitements</i>	44
<i>Tableau 4 : Richesse catabolique des différents traitements</i>	55
<i>Tableau 5 : Analyse de variance sur les indices de Simpson-Yule</i>	56
<i>Tableau 6 : Analyse de variance sur les indices de Shannon</i>	56

Liste des photos

<i>Photo 1 : amendement de glucose juste avant la mesure de lancement</i>	31
<i>Photo 2 : Présentation du respiromètre</i>	32

Résumé

Pour améliorer la fertilité des sols tropicaux, de nouveaux systèmes de culture sont apparus associant aux cultures céréalières (sorgho, maïs, mil) des herbacées soit en rotation (plantes de couverture) ou en association durant le cycle cultural à l'image des techniques traditionnelles. Si de nombreux essais ont permis de montrer l'intérêt de ces techniques sur la production agricole, peu de données sont relatives à l'effet de ces plantes améliorantes sur les qualités biologiques et microbiologiques des sols.

Notre étude a porté essentiellement sur la caractérisation de la fertilité chimique et biologique des sols sous différentes herbacées que sont *Crotalaria ochroleuca*, *Digitaria hibiscus*, *Sorghum bicolor*, *Andropogon gayanus*, à partir d'un essai au champ mené à la station de recherche de Kamboinsé (collaboration IRD-INERA). Après deux années de « culture » des différentes plantes testées, des paramètres concernant les propriétés chimiques (carbone, azote, phosphore) et microbiologiques des sols (SIR, diversité catabolique) ont été mesurés. Alors que les propriétés chimiques n'ont pas été modifiées par les différents traitements, les résultats ont montré une augmentation significative de l'activité microbienne sous couvert végétal et plus particulièrement après deux années de présence de la légumineuse *Crotalaria ochroleuca*. En revanche, la diversité catabolique microbienne apparaît plus élevée sous sol nu comparativement aux parcelles ayant supportées la présence de plantes herbacées.

Mots Clés : herbacées, SIR, diversité catabolique microbienne, matière organique des sols, fertilité chimique et biologique des sols, *Crotalaria ochroleuca*, *Digitaria hibiscus*, *Sorghum bicolor*, *Andropogon gayanus*.

Abstract

To improve the fertility of the tropical soils, new farming systems appeared which introduce the crops (sorghum, corn, millet) of herbaceous in rotation (covers plants) or in association lasting the farming cycle with improving traditional techniques. If many tests made it possible to show the interest known the agricultural production of these techniques few data relate to the effect of these plants on biological and microbiological qualities of the soil.

Our study related primarily to the characterization of the chemical and biological fertility of the soil under different herbaceous *Crotalaria ochroleuca*, *Digitaria hibiscus*, *Sorghum bicolor*, *Andropogon gayanus*. A leave a test to the field has been carried out at the search station of Kamboinsé (collaboration IRD-INERA). After two years of "culture" of the various plants tested, parameters concerning chemical properties (carbon, nitrogen, phosphorus) and microbial soil (SIR, catabolic diversity) were measured. Whereas the chemical properties have not modified by the various treatments, the results showed a significant increase in microbial activity under cover crops and more particularly after two years of presence of the leguminous plant *Crotalaria oechroleuca*. On the other hand, microbial catabolic diversity comparatively appears higher under naked ground with the pieces having supported the presence, it of herbaceous plants.

Key words: herbaceous, SIR, microbial catabolic diversity, , organic matter of the soil, soil chemical fertility, soil biological fertility, *Crotalaria ochroleuca*, *Digitaria hibiscus*, *Sorghum bicolor*, *Andropogon gayanus*.

Introduction générale

Développer le secteur agricole en vue de garantir la sécurité alimentaire à long terme est l'un des défis majeurs auxquels sont confrontés la plupart des pays d'Afrique- Caraïbe- Pacifique (ACP). En effet, ces pays connaissent des mutations rapides d'ordre démographique, socio-économique et politique. Gérer ces mutations sans crise sociale et améliorer la production agricole sans épuiser les ressources naturelles, notamment la richesse du sol, exigent une capacité d'adaptation.

Dans les régions tropicales, la productivité des formations naturelles telles que les forêts est basée sur un recyclage rapide des éléments minéraux contenus dans les matières organiques des litières ou des racines (Myers *et al.*, 1994). Dans les systèmes de production de ces mêmes régions, la gestion de la fertilité des sols est traditionnellement basée sur des transferts de matières organiques que ce soit à travers une rotation jachère culture, ou à travers des dépôts de fèces ou d'ordures ménagères dans les champs cultivés en permanence (Kowal et Kossam, 1978 ; Pieri, 1989 ; Nye et Greenland, 1960 ; Manlay *et al.*, 1994). De nombreuses techniques nouvelles ou traditionnelles mettent en avant la gestion de ressources organiques pour améliorer la production agricole. Les techniques de plantes de couverture, outre leur action sur la protection du sol sont une source d'engrais vert pouvant être incorporé au sol. Au Burkina Faso, dans les régions sahéliennes la technique du zaï basée sur une gestion des eaux de ruissellement et sur des apports localisés de matières organiques s'est fortement développée ces dernières décennies.

Toutes ces techniques ont comme déterminant principal le recyclage des matières organiques dans les sols dont les processus sont en partie biologiques et microbiologiques. En effet, les interactions entre les végétaux et les microorganismes telluriques se manifestent avec une intensification accrue dans la zone du sol qui est en contact avec les racines. Cette cohabitation entre les plantes et les microorganismes dans cette zone particulière, connaît une interaction qui nécessite une approche afin d'appréhender le sens de cette interaction, voire son importance.

Tout ceci nous amène à nous poser la question de savoir comment l'activité microbienne et les processus de minéralisation des matières organiques d'un sol peuvent être modifiés par le couvert végétal qu'il supporte.

Le présent mémoire intitulé « *INFLUENCE DE DIFFERENTES HERBACEES SUR LES INDICATEURS CHIMIQUE ET BIOLOGIQUE DE LA FERTILITE DES SOLS* » a pour objectif de caractériser les propriétés chimiques et microbiennes d'un sol ayant supporté pendant deux années, différentes herbacées en culture pure. Il sera articulé autour des points que sont (1) une revue de la bibliographie, (2) une description du milieu d'étude et la présentation du matériel et des différentes méthodes de travail et (3) la discussion des résultats obtenus.

Justification de l'étude

La fertilité d'un sol peut-être définie comme l'aptitude de ce sol à supporter une production. De nombreuses études ont mis en évidence, pour la zone tropicale sèche, l'extraordinaire rapidité de dégradation des sols, à la suite du défrichement de la végétation naturelle suivi de la mise en culture (Siband, 1974 ; Piéri, 1989 ; Milleville *et al.*, 2000).

La baisse de la fertilité des sols cultivés a surtout été attribuée a une évolution de leur caractéristique chimique (acidification, pauvreté en éléments nutritifs, toxicité aluminique...) (Grimaldi *et al.*, 1993). De même, la structure du sol, c'est à dire le mode d'assemblage de ses constituants peut aussi se dégrader rapidement sous l'action de facteurs externes d'origine essentiellement anthropique. Aussi, les méthodes de culture extensives et l'explosion démographique repoussent chaque jour les limites des terres cultivées à travers des déboisements accélérés, qui réduisent la capacité productive des terres.

Pour pallier cette baisse de la fertilité des sols cultivés et accroître la productivité, des solutions s'avèrent nécessaires à trouver :

- A l'image des agricultures industrielles des pays du Nord, le recours aux engrais chimiques s'est imposé, mais on s'est aperçu que l'application intensive et exclusive entraînait à long terme une acidification des sols, provoquant la baisse de la productivité de ces sols (Morel, 1968 ; Pichot, 1971 ; Pichot *et al.*, 1981). S'ajoute une forte contrainte à l'utilisation des engrais chimiques, à savoir le manque de moyens financiers de nos agriculteurs. L'Afrique sub-saharienne, comptant près de 10% de la population mondiale, ne participe que pour 1% de la consommation mondiale en engrais chimique (FAO, 1998 ; UNDP, 1999).
- La pratique de la jachère : elle est définie par Sebilotte (1991) comme étant l'état de la terre d'une parcelle entre la récolte d'une culture et le moment de la mise en place de la culture suivante. Elle se caractérise par sa durée, par les techniques culturales qui sont appliquées à la terre et par les rôles qu'elle remplit. De par les successions végétales qu'elle supporte au fil des années, la jachère joue un rôle capital pour le sol et par conséquent pour les cultures qu'il supporte. De par l'importance du couvert végétal, leur profondeur d'enracinement diversifié et par la quantité de litière retournée au sol, la jachère fournit les nutriments aux

microorganismes et à la faune du sol ; elle fournit également aux plantes, à travers l'activité des bactéries et champignons, l'azote et les éléments chimiques (Feller, 1991 ; Sebilotte, 1991). Elle assure un accroissement du taux de matière organique (Peltier, 1991 ; Sebilotte, 1991), améliore la stabilité structurale et la capacité au champ, freine l'érodibilité et augmente la capacité de fixation des éléments minéraux.

Pendant la mise en jachère, la reconstitution des propriétés du sol est caractérisée souvent par l'apparition de certaines herbacées, en l'occurrence *Andropogon gayanus* Kunth. Var *bisquamulatus* (Zoungrana, 1991 ; Somé, 1996).

Lorsque le sol est couvert d'une végétation herbacée, celle-ci participe au cycle annuel du carbone et fournit 40 à 50% de la litière sous forme de matière organique riche en azote, qui favorise la décomposition (Duchaufour, 1984). Dans le cas de formation herbacée, la décomposition annuelle des racines de graminées contribue à la fourniture de matière organique au sol ; le rôle de la rhizosphère, à forte densité microbienne, est alors important. En effet, les interactions entre les végétaux et les microorganismes telluriques se manifestent avec une intensification accrue dans la zone du sol qui est en contact avec les racines. A l'intérieur de cette zone particulière, appelée rhizosphère, les microorganismes sont profondément modifiés, sous l'influence, notamment, des exsudats racinaires et des débris végétaux. Ces perturbations qui influencent les populations microbiennes du sol, ont une incidence sur la fertilité des sols affectant directement ou indirectement la disponibilité d'éléments nutritifs pour la plante.

Cette étude menée en station, se fixe pour objectif d'évaluer l'impact de couverts végétaux (notamment des herbacées) sur les indicateurs chimiques et surtout biologiques de la fertilité des sols.

CHAPITRE I SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

L'un des principaux problèmes agronomiques de l'agriculture burkinabé est de maintenir durablement la fertilité du sol tout en augmentant la production agricole. La solution à ce problème n'est pas évidente dans la mesure où elle est souvent liée à des questions complexes du domaine socio-économique.

Cependant, la gestion de la matière organique demeure incontournable pour résoudre la question de fertilité des terres cultivées. En effet, dans son étude approfondie sur la fertilité des terres de savane de l'ouest africain, Piéri (1989) constate que la matière organique du sol paraît en définitive comme l'indicateur le plus sensible de l'évolution des terres cultivées. Pour Young (1976), la matière organique dans les sols tropicaux est plus importante pour l'agriculture que n'importe quelle autre propriété du sol, à l'exception de l'eau.

C'est pourquoi, dans cette synthèse nous traiterons d'abord du rôle que joue la matière organique (MO) dans les propriétés des sols, ainsi que du cycle des différentes formes de matières organiques dans le sol, les différentes sources de matière organique et enfin l'interaction de ces matières organiques avec la population microbienne des sols.

1-1 LA MATIÈRE ORGANIQUE DES SOLS

1-1-1 Définition

Les agronomes englobent généralement sous le terme de matières organiques (Pichot, 1975) :

- l'ensemble des composés organiques d'origine végétale, animale et microbienne présent dans le sol à un instant donné ;
- l'ensemble des composés organiques qui peuvent être incorporés aux sols dans le but d'améliorer ou d'entretenir leur fertilité ; cet ensemble comprenant les engrais verts, les résidus de récolte, les fumiers et composts divers ;

La matière organique encore appelée « matière carbonée » (Pichot, 1975), est l'ensemble des substances carbonées provenant des débris végétaux, des déjections et des cadavres d'animaux (Soltner, 1986). Constituant sine qua non de la fertilité des sols, la matière organique subit une série de transformations, essentiellement d'origine biologique, appelée humification et minéralisation donnant naissance à l'humus (Duchaufour et Souchier, 1983).

D'une façon succincte, la matière organique peut se définir comme la matière spécifique des êtres vivants, végétaux et animaux (Mustin, 1987).

1-1-2 Formes de la matière organique dans le sol

Pour assurer le maintien et améliorer la fertilité des sols cultivés, plusieurs sources de matières organiques sont disponibles : les engrais verts, les fumiers animaux, les déchets ménagers, les déchets des fosses hygiéniques, les déchets industriels agricoles et alimentaires, les composts et tous les autres déchets de la matière vivante.

Deux notions du concept de matière organique se dégagent (Bado, 1989):

- les produits organiques d'intérêt agronomique : il s'agit de la matière organique non encore incorporée dans le sol constituée de résidus de récolte, composts, fumiers, lisiers...
- la matière organique agropédologique : il s'agit de la fraction organique incorporée dans le sol.

Mais la forme que prend la matière organique, sa nature intime, son évolution sont extrêmement variables suivant les conditions pédoclimatiques et l'activité biologique du sol.

Mustin (1987) et Morel (1989) distinguent quatre classes de matière organique :

- la matière organique vivante constituant la biomasse totale en activité au niveau du sol que sont les racines, la faune et la micropopulation ;
- la matière organique fraîche qui regroupe l'ensemble des organismes morts en voie de dégradation, formant des résidus qui perdent progressivement leur structure externe et interne ;
- Les composés (produits ou matières) organiques intermédiaires ou transitoires en cours d'évolution entre la matière organique fraîche et l'humus stabilisé ;
- Les composés organiques stabilisés que sont l'humus et les matières humiques et composés apparents.

1-1-3-Rôle de la M.O dans la fertilité du sol

La matière organique est un constituant normal des sols. Elle y subit une série de transformation au cours de laquelle elle se transforme en humus, puis se minéralise sous l'action de microorganismes et sous l'influence du milieu. L'apport ou la restitution de matière

organique au sol constitue à la fois un amendement pour le sol et un apport alimentaire pour la plante.

1-1-3-1- Action sur les propriétés physiques du sol

La matière organique est sans doute le meilleur moyen pour améliorer les propriétés physiques du sol, qu'il soit argileux ou sableux. D'une manière générale, la matière organique du sol améliore la structure de la couche arable du sol et aménage un milieu favorable pour le développement des cultures (Roose, 1991 ; Tayeb et Persoon, 1995). La structure grumeleuse dans les sols légers et lourds est le fait de l'humus. Les matières organiques et les éléments minéraux constituent des micro-agrégats résistant au lessivage et aux effets néfastes de l'érosion. Ces différentes actions sont le fruit des liaisons entre les grandes particules d'humus, les particules minérales, les matières adhésives produites par les microorganismes du sol, et les sels d'acides humiques à effet stabilisant. En effet, des auteurs comme Soltner (1986), Mustin (1987), Feller (1994), ont fait une corrélation entre l'augmentation de la stabilité du sol et l'apport de matière organique. La matière organique du sol affecte la stabilité des agrégats par la formation de complexes argilo-humiques. Pour Gros (1967), la matière organique agit sur la façon dont les particules du sol s'agglomèrent en agrégats, assurant une bonne circulation de l'air, de l'eau et des racines d'où un accroissement de la perméabilité, une plus grande capacité de rétention pour l'eau et une diminution de la cohésion du sol ; pour lui la matière organique et par voie de conséquence l'humus est le principal agent de la stabilité de la structure du sol. De même, Jones et Wild (1975) et Greenland (1986) ont montré que l'augmentation de la disponibilité de l'eau se fait avec l'augmentation de la matière organique.

Elle joue un rôle, direct ou indirect important dans la fertilité du sol en permettant le stockage d'éléments nutritifs, en augmentant la capacité d'échange cationique, en améliorant la stabilité de l'agrégation et les activités microbiennes et enzymatiques (Feller, 1994).

Selon le type de matière organique employé, l'action sur les propriétés des sols diffère (Tayeb et Persoon, 1995) :

- ✓ engrais vert : action nette mais de courte durée ;
- ✓ paille : effet plus prolongé ;
- ✓ fumier : action durable ;
- ✓ prairie : effet rapide et durable.

1-1-3-2- Action sur les propriétés chimiques du sol

L'humus a une grande capacité de stockage des ions nutritifs minéraux et constitue avec l'argile le complexe absorbant avec une capacité d'échange plus élevée que celle de l'argile (Tayeb et Persoon, 1995). La matière organique demeure la source, le réservoir d'aliments et le régulateur de la nutrition de la plante grâce à une décomposition très rapide des matières organiques fraîches (MOF) peu lignifiées et une minéralisation lente de l'humus stable. Tayeb et Persoon (1995) montrent que l'oxydation de l'humus libère du CO_2 , ce qui accroît la solubilité de certains éléments nutritifs dans le sol et facilite leur pompage par les plantes. En outre, la matière organique favorise l'assimilation des éléments minéraux par le maintien dans le sol d'un pH légèrement acide. La relation positive entre le P-assimilable et la matière organique, bien que n'étant pas directe, peut-être attribuée à la fixation de l'aluminium et du fer par la matière organique (Greenland, 1986). Ahn (1977) montre que dans la zone sahélienne, le P-organique libéré par la minéralisation est très importante pour la production végétale. La matière organique fournit au moins 50% du P-assimilable et plus dans les sols à fort pouvoir fixateur, tout en réduisant son immobilisation (Bertrand et Gigou, 2000). Pour Gros (1967), l'humus maintient le phosphore à l'état assimilable par les plantes et favorise l'absorption des éléments fertilisants à travers la membrane cellulaire des racelles. Pour lui, dans la pratique, on constate qu'en présence de matières organiques, les limites d'action des éléments minéraux sont plus élevées, le plafond étant relevé de 10 à 15%. Puis, il ajoute que les acides humiques exercent une action stimulante sur la croissance des racines.

En plus de l'apport d'éléments nutritifs, la matière organique revêt une grande importance pour la capacité d'échange des sols. Jones (1975) rapporte que dans un sol ferrugineux tropical, la CEC de la fraction minérale était de 0,61 meq/100g et de 368 meq/100g de carbone, pour la fraction organique. Ainsi, si le taux de carbone du sol varie de 0,1 à 1%, la CEC varie de 0,98 à 4,23 meq/100g de sol et la contribution de la matière organique à la CEC augmente de 38 à 86%, à pH tamponné à 7.

Pichot (1975) a aussi montré qu'en sol tropical, avec une fraction argileuse dominée par le kaolin, le taux de matière organique est un facteur déterminant pour la CEC du sol. En Afrique occidentale française, De Ridder et Van Keullen (1990) ont montré qu'une différence de 1% de C-organique dans le sol entraîne une différence de la CEC de 4,3 meq/100g et que cette CEC joue un rôle tampon pour le changement de pH.

MENTION ASSEZ-BIEN

1-1-3-2-Action sur les propriétés biologiques du sol

La matière organique sert d'aliment à la population microbienne hétérotrophe ainsi qu'à la macrofaune faisant du sol un milieu vivant. La vie de la faune et de la flore tellurique est tributaire de la présence de matière organique fraîche dans le sol. Gros (1967) a montré que les micro-organismes qui vivent au dépend de l'humus et contribuent à sa transformation, sont d'autant plus nombreux et actifs que le sol est mieux pourvu en humus. La matière organique dynamise l'activité de la faune qui, en creusant des galeries, entretient la macro-porosité et la méso-porosité des sols, participant ainsi au maintien de l'aération des sols (Bertrand et Gigou, 2000). De même, Tayeb et Persoon (1995) ont montré que l'humus stable est favorable à la prolifération des microorganismes ; la matière organique est vraiment le fondement de l'activité microbienne du sol.

1-1-4 Conclusion

Compte tenu de ces propriétés pour la fertilité des sols tropicaux, on comprendra que la conservation d'une teneur suffisante en matière organique est importante pour assurer la durabilité de l'agriculture en zone tropicale. Hoefsloot *et al*, (1993) définissent un seuil de 0,6 à 0,75% de matière organique comme objectif à atteindre et à maintenir pour garantir une gestion optimale de la fertilité des sols tropicaux.

1-2 SOURCE DE MATIERE ORGANIQUE

Dans le contexte sahélien, la régénération de la fertilité doit passer par l'amélioration de son statut organique. En effet, la matière organique, pilier de la fertilité tant chimique que physique des sols, est également le support de l'activité biologique de ces sols. Ainsi donc, sa gestion s'avère importante car toutes incidences sur la disponibilité de la matière organique aura certes une incidence sur la structure du sol mais affectera aussi les organismes vivants du sol.

1-2-1 Gestion organique à l'échelle de la parcelle cultivée et influence des pratiques culturales.

Dans les parcelles cultivées, la matière organique sous forme végétale provient principalement des résidus de culture, de la litière des ligneux et des herbacées et des déchets domestiques.

1-2-1-1 Résidus de culture

Les matériaux les plus importants pour la fertilisation sont les déchets végétaux, en particulier les résidus de culture. Ces résidus peuvent être laissés sur place ou enfouis dans le sol. L'enfouissement peut activer la décomposition des matériaux présents dans le sol, de telle sorte que les nutriments soient disponibles en peu de temps. Les restitutions des résidus culturaux sous forme de « mulch » en culture ou enfouis par le labour augmentent la production. Cela découle d'un enrichissement du sol en matière organique, ainsi qu'une augmentation de la capacité d'échange cationique (Sédogo, 1981 ; Piéri, 1989 ; Hien, 1990). Ces formes de recyclage jouent un rôle bénéfique propre à la matière organique.

Les résidus culturaux peuvent également faire l'objet d'une exportation pour divers usages. Sédogo (1981) estimait à 50 kg/ha/an les baisses de rendement pour le sorgho grain résultant de cette pratique. Les exportations entraînent un appauvrissement en MO du sol d'où la baisse des rendements après quelques années de mise en culture (Feller *et al.*, 1999). La faible, voire l'absence de l'intégration agriculture-élevage ne permet pas d'enfourer efficacement les résidus de récolte.

1-2-1-2 Parcs agro-forestiers

La matière organique peut également provenir des ligneux intégrés dans les systèmes de culture. Le parc agro-forestier est un système dans lequel des arbres à usages multiples sont parsemés dans les cultures. Les racines des arbres fixent le sol, remontent les nutriments jusqu'aux feuilles. Ces feuilles en tombant forment une litière qui contribue à la protection du sol et l'enrichit de matière organique.

Certains ligneux grâce à leur fonction spécifique de fixation symbiotique d'azote contribuent à l'amélioration du statut azoté des sols. Les ligneux les plus couramment rencontrés sont *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth, *Vitellaria paradoxa* Gaertn., *Tamarindus indica* L., *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev.... En dehors du parc à *Faidherbia*, reconnu fertilisant et peu compétitif, la plupart des ligneux conservés dans les champs sont des espèces fertilisantes (Young, 1995), mais compétitives pour l'ombrage et pour les nutriments au niveau racinaire. Le bilan organique et minéral est favorisé près de l'arbre (moins de lessivage, peu d'érosion et plus de litière) et la fertilité s'y accroît de façon significative avec l'âge des arbres par une richesse en matières organiques du sol, accrue jusqu'à 50% sous les karités (Ouattara *et al.*, 2000) ainsi que sous les nérés (César *et al.*, 2000)

1-2-1-3 Biomasse racinaire

Un transfert de matière organique des racines au sol se fait de deux façons :

- par exsudats racinaires de glucides photosynthétisés (Perry *et al.*, 1989), qui représentent 10 à 40% de la synthèse totale de la plante ;
- par la décomposition de la nécromasse racinaire qui se renouvelle annuellement chez les herbacées et aussi au cours des saisons, et après défriche et mort des souches chez les ligneux. La décomposition des racines est rapide (Manlay, 2000) et se poursuit en saison sèche par l'action des termites.

Connaissant la faible contribution des litières, brûlées ou consommées rapidement par les décomposeurs, à l'enrichissement du sol en matière organique et la forte exploitation des parties aériennes (feux, fourrage...), le stockage du C et des éléments minéraux passe par la production racinaire et par le stockage des racines pérennes.

Le devenir de la biomasse racinaire des arbres et des arbustes dessouchés a été étudié par Manlay et Masse (1998) après une jachère de 15 ans. La décomposition est très rapide puisque 50% de leur biomasse a disparu en 6 mois ; 75% en 1 an et 95% en 2 ans. En cas de dessouchage, la restitution de matière racinaire au milieu est très forte la première année ; elle varie de 5,2t /ha dans les jachères jeunes à 10,9t /ha dans les jachères âgées. Dans le cas de dessouchage progressif, à force de détruire les drageons et les repousses ligneuses et de brûler progressivement les souches, c'est donc une fourniture régulière et souterraine de matière organique décomposée qui est ainsi assurée à l'écosystème cultivé et ainsi qu'une fourniture d'azote organique aux cultures suivantes. Cependant, cet effet dépend plus de la qualité des résidus que de la quantité apportée.

1-2-1-4 Brûlis et feux

Le feu (feux de brousse, brûlis) constitue une perte importante de ressources organiques pour les sols. Le feu est un moyen habituellement utilisé pour réduire en cendres une végétation devenue trop encombrante. Les défriches à base de feu permettent de libérer les éléments minéraux contenus dans le sol, d'où son enrichissement. En culture itinérante sans apport d'engrais, cette opération est nécessaire car les éléments minéraux accumulés sous la jachère se trouvent principalement dans les plantes et peu dans le sol.

Les cendres contiennent cependant très peu de C et de N (respectivement 0,03 et 0,4%). Ces éléments étant partis en fumée. Mais les bases (K, Mg, Ca) ainsi minéralisées sont

immédiatement utilisables par les plantes. Dans certains cas de sols acides, la correction de pH qu'elles produisent à elles seules à la mise en culture est assez significative (Morin, 1993). Yamefack et Nounamou (2000), montrent qu'en zone forestière les cendres constituent un engrais à effet de chaux qui influence le pH, les bases, l'acidité d'échange, le rapport C/N, la CEC ; mais cet effet neutralisant se résorbe rapidement suite aux récoltes, à l'érosion et au lessivage sous culture et jachère comportant de courtes périodes culturales. Les cendres se comportent comme un amendement basique, comme un engrais minéral et éventuellement comme source de silice (cas du riz et de la canne à sucre). Elles permettent d'enrichir certaines zones, mais elles ne font que recycler les éléments prélevés par les plantes qui ont été brûlées dans une autre zone.

1-2-1-5 Paillage

C'est une technique qui consiste à recouvrir la surface cultivée d'une couche d'herbes, de résidus de récolte ou de branchages. Suivant l'ordre de grandeur du rapport C/N du matériau employé, le paillage améliore la fertilité du sol ou assure l'immobilisation des éléments minéraux. Ambouta *et al.*, (1999) ont montré l'efficacité du paillage dans la réduction de l'évapotranspiration et du ruissellement. Pour Casenave et Valentin (1989), la couverture du sol assurée par le paillage ramène au niveau zéro l'impact de l'énergie cinétique des gouttelettes de pluie.

Aussi, la contribution du paillage au développement de la faune tellurique, en l'occurrence les termites, est bien connue (Miénnon, 1986). Les termites, par leur activité fousseuse, créent des couloirs dans le sol, augmentant ainsi la porosité et la perméabilité du sol, assurant une bonne pénétration des racines et de meilleures conditions aux microorganismes du sol.

Cependant, cette pratique connaît des limites dues au fait que très peu de résidus de récoltes restent au champ car utilisés comme source d'énergie, d'alimentation pour le bétail, de matériau de construction (Sédogo, 1981). Toutefois, même si une majeure partie de ces pailles est utilisée pour la satisfaction des besoins des animaux, le recyclage de ces pailles au moyen des déjections animales pourrait assurer une bonne fertilisation des champs, et contribuerait à asseoir une agriculture durable.

1-2-1-6 Jachère

La jachère, et la jachère dite courte en particulier, améliore rapidement la structure du sol (Serpantié et Somé, 1998). Pour Piéri (1989), César et Coulibaly (1993), Fournier *et al.*, (2000),

la jachère joue un rôle anti-érosif. L'élimination de l'encroûtement superficiel produit par l'instabilité croissante des agrégats sous l'action des gouttes de pluies en est une illustration (Roose, 1993). L'effet bénéfique des jachères selon Roose (1979) est marqué par la baisse de l'effet érosif qui passe de 3 à 9t /ha et le ruissellement de 20 à 40 % des sols cultivés à respectivement 10 à 160 kg /ha et de 1 à 5% dans les jachères.

Cependant, compte tenu du fait que la jachère naturelle n'arrive plus à assurer son rôle premier, le recours à la jachère dite améliorée s'est imposé. L'amélioration considérable des caractéristiques physiques du sol par l'introduction de *Mucuna* dans la mise en jachère (Azotonde *et al.*, 1998) induit une meilleure porosité, accrue par l'activité fouisseuse de la faune du sol qui reçoit ainsi une source de matière organique.

1-2-1-7 Bandes enherbées

Installées suivant les courbes de niveau ou simplement au sein des cultures, les bandes enherbées sont des bandes constituées d'herbacées utilisées souvent comme dispositifs anti-érosifs. En effet, la couverture du sol assurée par les herbacées serait d'un apport positif de part l'efficacité qu'elle assure face à l'érosion (Vlaar, 1992) et de par la durabilité de sa stabilité. Les herbacées pérennes sont les mieux indiquées à cause de leur système racinaire qui demeure permanent dans le sol. Parmi les herbacées les plus couramment utilisées, on peut citer *Andropogon gayanus* (la plus répandue), *Stylosanthes hamata*, *Brachiaria ruziziensis*, *Pennisetum pedicellatum* Trinius, *Pennisetum purpureum* Schum.

L'impact des bandes d'*Andropogon gayanus* sur la structure du sol, voire l'entretien de meilleures conditions de productivité, a été montré par bon nombre d'auteurs (Fournier *et al.*, 2000 ; Ngaye, 2000).

L'efficacité apportée par ces bandes enherbées est fonction d'un certain nombre de facteurs, dont l'espèce constituant la bande. En effet, l'incidence des couvertures végétales en général et les herbacées en particulier sur les acteurs biologiques de la fertilité du sol sera modifiée suivant l'espèce présente.

1-2-1-8 Association et rotation de cultures

Elles concernent des arbres et des plantes herbacées pérennes ou annuelles, qui peuvent être semés ensembles ou en cultures relais, en mélanges aléatoires ou en lignes et en bandes alternées. L'intérêt de ces associations provient du fait que les besoins en eau et en éléments minéraux des cultures diffèrent et que les profondeurs d'enracinement sont variables. L'un des

avantages le plus pertinent de l'association des cultures, découle de la très bonne couverture du sol qui le protège de l'entraînement de la matière organique (litière et autres) et de la lixiviation des éléments minéraux (Zougmore *et al.*, 1998). Outre la grande couverture du sol, la diversité des espèces associées apporte une diversité de matière organique au sol, mise à la disposition de la diversité microbienne du sol.

La rotation par contre est une succession de différentes cultures dans le temps. L'impact de chaque culture et des pratiques qui l'accompagnent sur la richesse du sol permettrait de mieux l'organiser si il était connu. En effet, les cultures précédentes peuvent modifier la disponibilité des éléments minéraux par leur prélèvement, leurs résidus recyclés ou les conditions physico-chimique du sol. Les légumineuses ont un effet favorable que l'on attribue souvent à la fixation de l'azote atmosphérique. Les résidus de récolte laissés au champ fournissent de l'azote à la culture suivante. Sous légumineuse, on observe une forte minéralisation de la matière organique due soit à une couverture incomplète du sol et des sarclages plus nombreux, soit à la microflore associée aux racines. Certains soulignent que la rotation permet le maintien de la fertilité par la diversité de la biomasse apportée et l'utilisation de différents nutriments par les cultures successives.

1-2-1-9 Cultures en couloirs

Outre le fait que les systèmes de cultures en couloir atténuent l'érosion, tant éolienne qu'hydrique, ils maintiennent ou améliorent la fertilité du sol par la décomposition des racines et des résidus d'élagage, assurant ainsi la disponibilité de source énergétique pour les organismes du sol.

1-2-2 Fourniture de matière organique par les animaux

Elle est essentiellement constituée du fumier qui est un mélange de fèces d'urine et de pailles en partie décomposées. Elle provient de parcs ou d'étables fumières où les animaux séjournent sur des litières. Les animaux piétinent les pailles, ce qui favorise leur décomposition. La litière permet de retenir les fèces et une partie des urines. Elle fermente grâce à la pression des animaux et à l'humidité. La production maximale de fumier dépend de la durée de séjour des animaux dans le parc et donc du mode de gestion de l'élevage. Dans de bonnes conditions ils produisent des quantités importantes de matière organique sèches dont l'application au sol fournit de bons rendements. Mais cette technique est exigeante en travail : apports réguliers de paille dans le parc et transport du fumier. Les fumiers produits en milieu paysan sont de qualité variable. La fumure est surtout limitée par la nature extensive de

l'élevage. En effet, Manley (2000), ont montré le rôle joué par l'élevage sur la production agricole des agrosystèmes au Niger et au Sénégal, principalement à travers la circulation et le parcage des animaux sur les parcelles cultivées pendant la saison sèche.

Dans une étude réalisée sur un terroir de Casamance au Sénégal, Manlay (2000) montrent que ce sont les jachères qui représentent l'essentiel des ressources fourragères pour le bétail, car les parcours habituels sont les plus souvent fortement dégradés. Essentiellement surpâturées, les jachères participent peu à la fertilisation des champs cultivés. En revanche, elles jouent un rôle de source de matière organique à travers les fèces des animaux déposés sur les champs cultivés et les surfaces détenues par les agro-pasteurs.

Outre la qualité agronomique, le principal avantage du fumier réside dans la quantité produite : un bovin en stabulation permanente produit 2 à 3 kg de matière sèche par déjection récupérable par jour, soit une tonne de fumier par tête de bovin. Avec une quantité suffisante de litière, on peut produire 2 à 3 t de matière sèche de fumier / bovin/an, soit 6 t de fumier pour 4 t de paille (Delville, 1996).

Des études ont montré que le parcage d'hivernage ne suffisait pas à produire assez de fumier et ne pouvait rentabiliser l'investissement injecté pour l'entretien du troupeau. D'autres modes de gestion de l'élevage ont été proposés dont les parcs améliorés (Bosma et Jagger, 1993), les fosses fumières et les étables fumières. Mais ces techniques ne concernent qu'un petit nombre de bovins qui sont en stabulation permanente et reçoivent un complément alimentaire.

1-2-3 Compost

Le compost résulte d'une fermentation directe des matières végétales brutes ; l'ensemencement étant assuré par des apports en déjections. Pour assurer une bonne fermentation, il faut hacher les pailles, ensemercer le compost et le placer dans une fosse ; ce qui conserve l'humidité et évite les pertes en éléments minéraux par lessivage.

Le compost est de la matière organique décomposée, ce qui permet une meilleure valorisation de la biomasse disponible, mais demande plus de temps. Il est produit dans des fosses ou compostières, avec des techniques de préparation très exigeantes en travail : creusage des fosses, préparation du compost, arrosage régulier en saison sèche pour permettre l'action des microorganismes. Dans de bonnes conditions, compost et fumier de ferme sont des matières organiques de meilleure qualité. Du fait des contraintes de travail, de transport et de la nature extensive de l'élevage, il est rarement pratiqué en grandes surfaces.

Le compost est une solution aux problèmes qui se présentent lors de l'utilisation de différents matériaux (mauvaises ordures, pailles ...). Au cours du compostage, les déchets organiques se décomposent et les nutriments sont libérés.

1-3 - DYNAMIQUE DE LA MATIERE ORGANIQUE

Toute matière organique incorporée dans un sol cultivé est, à plus ou moins long terme, inéluctablement détruite (Morel, 1989). De nombreux résultats expérimentaux montrent que les vitesses de minéralisation et d'humification augmentent avec la température ; elles doubleraient pour une augmentation de 9°C et seraient trois à quatre fois plus élevées dans les sols tropicaux que dans les sols tempérés. L'évolution de la matière organique dans le sol peut se schématiser par les étapes que sont la minéralisation et l'humification de la matière organique.

1-3-1 Minéralisation de la matière organique

Morel (1989) a qualifié la minéralisation de la matière organique de « chaîne réactionnelle directe » et Delville (1996) de minéralisation par voie directe. Elle correspond dès le début à des processus de dégradation et à des simplifications moléculaires successives ; les molécules de poids moléculaire élevé étant scindées en molécules de plus en plus petites (Gros, 1967 ; Tayeb et Persoons, 1995). Cette dégradation conduit en définitive à des molécules simples ou à des ions minéraux. Ces étapes de la minéralisation sont catalysées par des enzymes produites par les microorganismes libérant ainsi de l'énergie et des éléments nutritifs disponibles pour les plantes également.

Cependant, il convient de souligner que la minéralisation affecte également d'une manière simultanée l'humus du sol, que certains auteurs ont qualifié de minéralisation indirecte de la matière organique. Par voie microbienne (après stimulation) ou chimique, les substances humiques se minéralisent à leur tour, donnant des composés organiques de plus en plus simples, puis des composés minéraux identiques à ceux de la minéralisation directe (Morel, 1989 ; Delville, 1996).

Dommergues et Mangenot (1970) rapportent que 1 à 3% de l'N-org du sol sont en général minéralisés chaque année ; assurant une alimentation convenable des végétaux. Bertrand et Gigou (2000) ont montré qu'après 5 ans de défriche et de mise en culture d'une savane, près de 50% de la matière organique sèche se sont minéralisées. Hoefsloot (1960) aboutit au fait qu'après la mise en culture d'une parcelle en jachère, la minéralisation de la

matière organique élevée au début, diminue rapidement par la suite, et ce en raison de l'épuisement de la fraction non stable. Le même auteur montre que la minéralisation de la matière organique stabilisée s'avère difficile car elle se trouve incorporée au squelette minéral du sol.

1-3-2 Humification de la matière organique

Dès que les déchets organiques sont enfouis, des agents physiques et des microbes humificateurs (champignons, levures, bactéries, vers de terre, et petits animaux) transforment la matière organique en produits passant par l'humus jeune à évolution rapide, pour aboutir à l'humus stable ou stabilisé. Pour Duchaufour (1984), c'est cette partie qui échappe à la minéralisation et sert de matériau à l'édification de molécules nouvelles, de plus en plus complexes constituant l'humus.

Dommergues et Mangenot (1970) définissent l'humification comme étant la synthèse de substances nouvelles à partir de la matière organique fraîche (débris et cadavres d'animaux et végétaux), aboutissant à la formation d'un composé appelé humus. Au cours de cette phase une certaine catégorie de molécules ou groupements moléculaires organiques se trouvent associés dans l'élaboration de nouvelles entités organiques complexes dite "substances humiques" (Morel, 1989). Après séparation de la fraction humique, on reconnaît une fraction légère ou « humus libre » et une fraction dense ou « humus lié » fixée sur les constituants minéraux du sol.

Ce processus est caractérisé par le coefficient d'humification défini par Hoefsloot (1993) comme étant le pourcentage de matière organique qui n'est pas minéralisée après une année. Greenland et Nye (1959) cités par Hoefsloot (1993) estiment que pour les litières et racines, les coefficients d'humification sont de 0,1 à 0,25 pour la litière et de 0,2 à 0,5 pour les racines. Piéri (1989) indique une valeur de 0,1 pour le fumier.

Nye et Greenland (1960) cités par Young (1995), ont montré que de 10 à 20% du C de la litière étaient transformés en humus du sol contre 20 à 50% des résidus racinaires. Pour Piéri (1989), la diminution du stock organique dans un système agricole traditionnel est plus rapide que dans un système à niveau d'intrant plus élevé. Young (1995) montre que, sous forêt dense en culture céréalière, on observe une perte nette de carbone du sol atteignant 2,5% de sa valeur initiale avec enlèvement des résidus de récolte et de 1,2% lorsqu'ils sont laissés sur place.

Les substances humiques constituent la fraction la plus importante des substances vivantes et non vivantes estimées entre 50 et 80% par Delville (1996) et entre 80 à 90% de l'ensemble de la matière organique total (matière organique total) par Morel (1989). Ces composés humiques constituent des liens plus ou moins étroits avec les composés minéraux, puis se minéralisent, mais plus lentement que la matière organique fraîche.

L'essentiel de la dynamique de la matière organique est assuré par la biomasse microbienne composée de la microflore et aussi de la faune du sol. La composition de la matière organique, qu'il s'agisse de la litière naturelle ou de matière organique incorporée artificiellement dans les sols de culture, joue un rôle déterminant dans la vitesse de sa décomposition et oriente le type de décomposition. On distingue des matière organique « améliorantes » riches en azote et des matière organique « acidifiantes » ; ces dernières se décomposent difficilement (Duchaufour, 1984). Le même auteur distingue :

- les composés riches en azote, traduite par un C/N faible (<20), que sont les hydrates de carbone et autres éléments énergétiques facilement minéralisables. Il y a une forte production d'azote minérale utilisable par les plantes ; il n'y a pratiquement pas d'humification ;
- les composés à C/N élevé (> 50) faible en azote, caractérisés par une forte teneur en lignine et polyphénols (cires et résines) jouant un rôle toxique à l'égard des agents de la décomposition. On a plutôt une prédominance de l'humification ;
- Les composés à C/N moyen (ordre de 20) : minéralisation et humification s'équilibrent.

1-4 INTERACTION PLANTES MICROORGANISMES AU NIVEAU RHIZOSPHERIQUE

Les racines des plantes modifient profondément la structure et la composition chimique du sol environnant, contribuant ainsi à la formation d'un milieu spécifique appelé rhizosphère. La rhizosphère est la région se situant autour des racines ; il est le site de nombreuses interactions importantes entre les microbes et les plantes et aussi entre les micro organismes. En effet, en se développant dans le sol, les racines libèrent des composés qui induisent une action sur les microorganismes du sol suivant la nature du composé libéré. De même, ces microbes du sol induisent une influence sur la croissance des plantes de par leur activité dans le sol.

MENTION ASSEZ-BIEN

1-4-1 Produits d'exsorption racinaires

L'exsorption racinaire désigne l'ensemble des processus qui aboutissent à la libération par les racines des plantes, de substances organiques ou minérales. En lieu et place du terme exsorption, on emploie très souvent le terme d'exsudation racinaire. Cependant, il n'est pas possible d'énoncer une règle générale concernant la composition des exsudats racinaires (Dommergue et Mangenot, 1970). Cette composition, selon les mêmes auteurs, dépendrait :

- de l'espèce végétale, d'où un effet rhizosphérique spécifique ;
- du stade de développement de la plante ; selon Vancura et Hovadik (1965) citées par Dommergue et Mangenot (1970), les changements les plus prononcés se manifesteraient au cours du passage de la nutrition par la graine à la nutrition photosynthétique, floraison, fin fructification ;
- enfin des conditions culturales modifiant l'environnement physico-chimique de la racine.

Dommergue et Mangenot (1970) indiquent que les composés exsudés sont constitués par :

- des hydrates de carbones dont le glucose, le fructose sont les plus abondants, et par une présence assez fréquente de l'arabinose, du maltose, xylose, raffinose, saccharose... ;
- des acides aminés (a.a) : de très nombreux a.a sont contenus dans les exsudats racinaires : leucine, isoleucine, valine, glutamine, alanine, asparagine, sérine, acide glutamique, acide aspartique, glycine, phénylalanine, thréonine, tyrosine, proline, lysine, méthionine, cystathionine, acide α -amino-butyrique, tryptophane ;
- des vitamines dont la biotine, la thiamine, la panthoténate, la niacine, la riboflavine ;
- des acides organiques ont été également mis en évidence ; ce sont l'acide formique, l'acide acétique, l'acide propionique, l'acide butyrique, l'acide valérique, l'acide glycolique, l'acide oxalique, l'acide succinique, l'acide fumarique, l'acide malique, l'acide tartrique, l'acide citrique, l'acide pyruvique, l'acide oxaloacétique ;
- des enzymes telles que les phosphatases, les invertases, les amylases, les protéases, les polygalacturonases ;

- de l'eau en cas de saturation de l'atmosphère, et des produits dérivés des acides nucléiques, des flavonones, des glucosides, des coumarines.

1-4-2 Influence de la plante sur les microorganismes de la rhizosphère

Les microbes du sol sont, pour leur immense majorité, des organismes saprophytes qui se développent au dépend de matières organiques mortes. L'humus du sol étant de la matière organique très stable, la ressource organique principale pour les microbes est composée des débris végétaux et des exsudats racinaires. Les types, voire l'abondance des microorganismes dans le sol varient en fonction des caractéristiques physiques et chimiques du sol, du climat ainsi que du type et de la qualité de la couverture végétale. Chaque plante induit un effet rhizosphérique qui dépend de son espèce ou de sa variété. Il suffit que les lignées d'une même espèce végétale diffèrent par un seul gène pour que les caractéristiques rhizosphériques ne soient plus les mêmes. Cet effet rhizosphérique s'opère directement par apport de substances énergétiques stimulantes ou inhibitrices sous forme d'exsudats racinaires ou de débris végétaux, et indirectement par modification du milieu (Dommergue et Mangenot, 1970).

L'apport de substrats énergétiques par les débris végétaux est estimé à 2-8 t de C/ kg /an en zone tropicale humide (Dommergue et Mangenot, 1970). Cet effet sur la microflore en zone tropicale est accru par le fait que les litières recyclées sont plus riches en azote, en éléments minéraux et aussi en vitamines.

Certaines litières forestières sont très nettement inhibitrices vis à vis des microorganismes sensibles aux substances toxiques de toutes sortes. Ces substances sont constituées pour l'essentiel des composés phénoliques ou comportant des radicaux phénoliques. Il conviendrait de souligner que l'effet inhibiteur des substances est corrélé à leur concentration dans le sol. En effet, les travaux de Knosël (1959) cité par Dommergues et Mangenot (1970) montrent que les acides phénols libérés par la décomposition des plantes sont inhibiteurs à forte dose, mais pourraient devenir stimulants à faible dose. L'effet inhibiteur pourrait disparaître par lessivage.

1-4-3 Influence des microorganismes sur les plantes

Les plantes absorbent de nombreuses substances par leurs racines, provenant en grande partie de l'activité des microorganismes. Cette activité microbienne s'avère donc importante pour les végétaux. En effet, il est montré que l'inhibition partielle des microorganismes du sol

entraînerait une accumulation de substances phytotoxiques, qui nuisent considérablement au développement des plantes (Dommergues et Mangenot, 1970).

Certains auteurs insistent sur l'effet bénéfique des produits du métabolisme des microorganismes rhizosphériques sur le développement des plantes et font remarquer que le fait que les végétaux puissent se croître et se développer dans une solution minérale en l'absence de microorganismes ne prouve pas l'inutilité de ces derniers (Rivière, 1964 cité par Dommergues et Mangenot, 1970). Cependant, les microorganismes peuvent exercer un effet défavorable, soit en tant que pathogènes, soit en tant que saprophytes concurrençant les plantes ou les intoxiquant par les produits de leur métabolisme. Pour Dunfield (2001) certains microorganismes influencent la disponibilité des éléments nutritifs que la plante doit absorber. Certaines bactéries, identifiées comme des PGPR (Rhizobactéries Promouvant la Croissance des plantes) pour le canola, améliorent la croissance végétale en empêchant l'action nuisible d'autres microorganismes qui sont nocifs pour les plantes. Ces bactéries peuvent également fournir des éléments aux plantes ou faciliter leur absorption.

Les microorganismes rhizosphériques jouent un rôle important vis à vis de certains végétaux en tant que détoxifiant. En effet, il est montré que la coumarine, qui est une substance d'origine végétale, est un inhibiteur naturel de la croissance végétale. Cependant, il est montré que les microorganismes les plus actifs sur la coumarine sont des bactéries qui détruisent cette substance et rendent le milieu propice aux plantes (Dommergues et Mangenot, 1970).

1-5 CONCLUSION

La gestion des ressources organiques et la minéralisation de ces matières organiques dans les sols déterminent en grande partie la productivité des écosystèmes naturels et la production des systèmes agricoles. De nombreuses techniques agricoles traditionnelles ou nouvelles sont basées sur l'apport de matières organiques dans les sols. Les processus de la minéralisation des matières organiques sont essentiellement liés à l'activité microbienne des sols. Ce fonctionnement microbien est déterminé en particulier par les plantes elles mêmes qui modifient les conditions environnementales du sol d'un point de vue biochimique et physique. L'objectif de ce travail est de tester l'effet de différentes espèces herbacées sur l'activité microbienne des sols permettant ainsi d'orienter les processus de la minéralisation des matières organiques vers une augmentation de la biodisponibilité des éléments nutritifs pour les plantes.

CHAPITRE II MATERIELS ET METHODES

2-1 OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'objectif global du présent travail est d'évaluer l'effet de différentes herbacées sur les propriétés biologiques du sol. Il s'agira plus spécifiquement de :

- Quantifier la communauté microbienne du sols sous différentes cultures ;
- Evaluer la diversité de la communauté microbienne de sols sous différentes herbacées ;
- Mesurer l'activité microbienne du sol sous différentes couvertures végétales ;
- Mesurer les teneurs en éléments minéraux et organiques de ces sols sous les différentes herbacées.

2-2 PRESENTATION DU SITE D'ETUDE

2-2-1 Localisation

Les expérimentations ont été menées au Centre de Recherches Environnementales, Agricoles et de Formation de Kamboinsé, situé à 13 km au Nord de Ouagadougou. Ses coordonnées géographiques sont de 12°28' de latitude Nord et de 1°33' de longitude Ouest.

2-2-2 Climat

2-2-2-1 Pluviométrie

Le climat de la zone est de type soudano-sahélien caractérisé par une longue saison sèche (octobre-mai) et une courte saison pluvieuse (juin-septembre). La pluviométrie moyenne annuelle est de 750 mm. Durant la saison hivernale, l'humidité relative reste élevée (94%) et chute à 17% pendant la saison sèche (BU.NA.SOLS., 1985). Les précipitations sont caractérisées par leur irrégularité tant interannuelle qu'au cours de la même année (Figure 1). Une des conséquences de cette forte irrégularité est l'augmentation de la probabilité d'apparition de saisons de pluies déficitaires et donc de récoltes mauvaises voire nulles pour certaines années sèches.

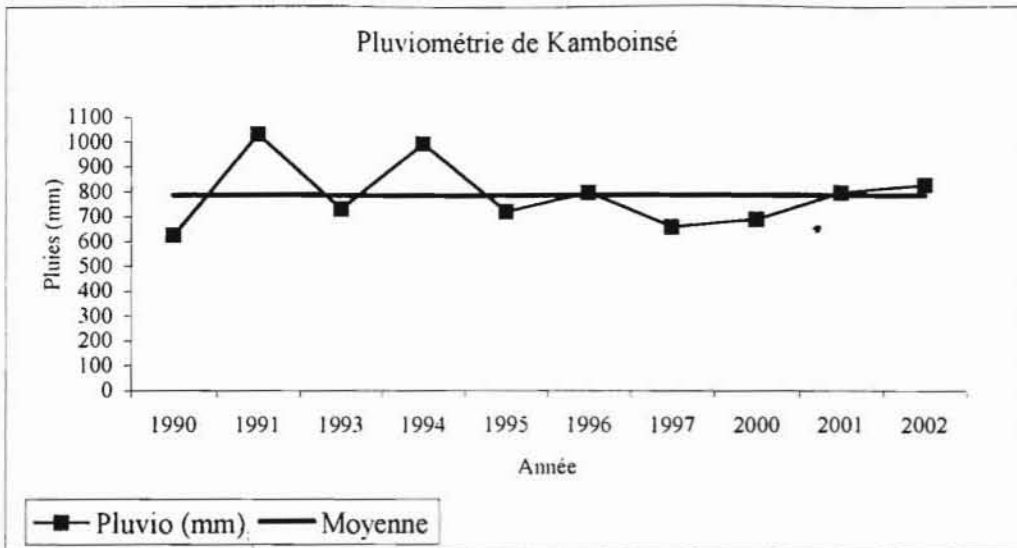


Figure 1 : Evolution de la pluviométrie de Kamboinsé de 1990 à 2002

Le régime pluviométrique de Kamboinsé est caractérisé par des variations inter-mensuelles (figure 2). La moyenne de ces douze dernières années est de 793,4 mm. La saison hivernale 2002 a été relativement excédentaire par rapport à la moyenne pluviométrique de la zone (750 mm) et par rapport à celle de l'année précédente (795,5 mm). En effet, la quantité d'eau tombée dans la station de Kamboinsé est de 827 mm, soit un excédent de 10% par rapport à la pluviométrie moyenne.

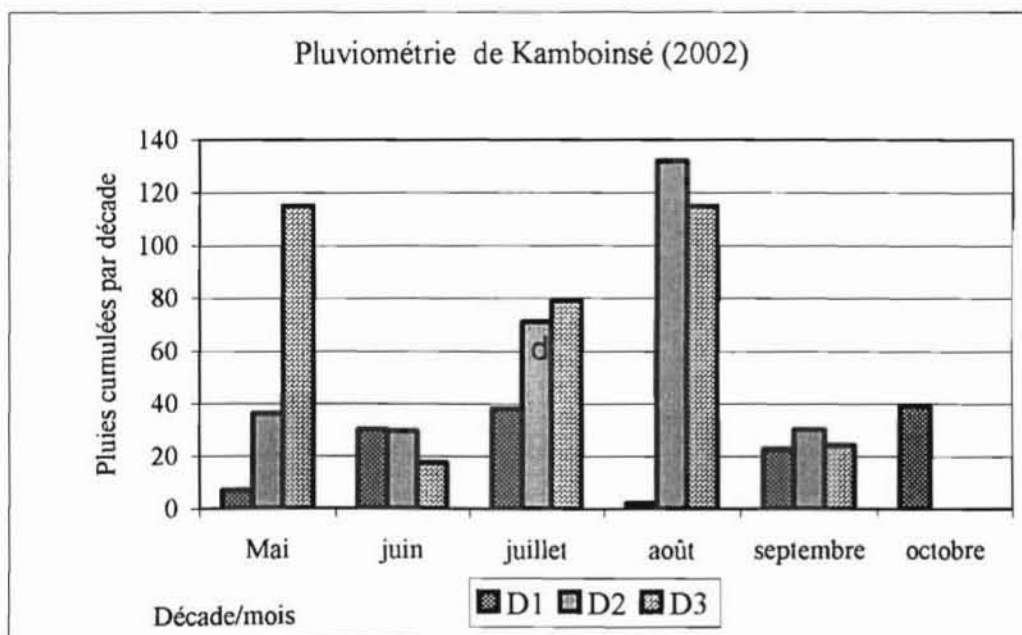


Figure 2 : Pluviométrie de la campagne agricole 2002 de Kamboinsé

Le mois de mai a connu trois grandes pluies, l'une dans la deuxième décade du mois (30,5 mm) et les deux autres dans la troisième décade (31 et 65,7 mm). On note un trou de sécheresse allant du 2 mai au 14 mai, soit 13 jours. Le cumul pluviométrique dans ce mois est de 158,4 mm. Cependant, ces pluies bien qu'espacées dans le temps ont permis au sol de retrouver une certaine humidité nécessaire au démarrage de l'activité biologique du sol et de la repousse des herbacées.

Au cours du mois de juin, la pluviométrie obtenue est de 77 mm répartie en sept pluies de 2 à 26 mm. Le cumul pluviométrique du mois de juillet est de 188 mm répartis en 10 pluies. La bonne distribution des pluies en juillet a permis une bonne infiltration et un développement satisfaisant des cultures. Le mois d'août a connu une pluviométrie très faible dans la première décade où la quantité de pluie tombée est de 2,2 mm. Les deux dernières décades ont été très pluvieuses. On note par exemple, dans la deuxième décade une forte pluie (70,5 mm) et trois grandes pluies dans la troisième décade (18, 30,5 et 59,5 mm). Le cumul total dans ce mois est de 249,2 mm. Dans le courant du mois de septembre, on a assisté à une baisse des hauteurs des pluies avec cependant une bonne répartition dans le temps. Le mois d'octobre n'a enregistré que trois pluies (4, 23 et 12,5 mm) dans la première décade du mois. Dans l'ensemble, la pluviosité a été moyenne du point de vue quantitatif mais elle a été régulière et bien répartie en juillet, août et septembre.

2-2-2-2 Température

La température annuelle est de 28°C en moyenne et les températures minimales moyennes s'élèvent à 30°C pendant l'hivernage (juin-septembre) et à 35°C dès le mois d'octobre. Par son influence sur l'évapotranspiration, la température agit directement sur le taux d'humidité du sol et donc sur la capacité d'infiltration en eau.

La température moyenne au cours des dix dernières années est de 28,8 °C.

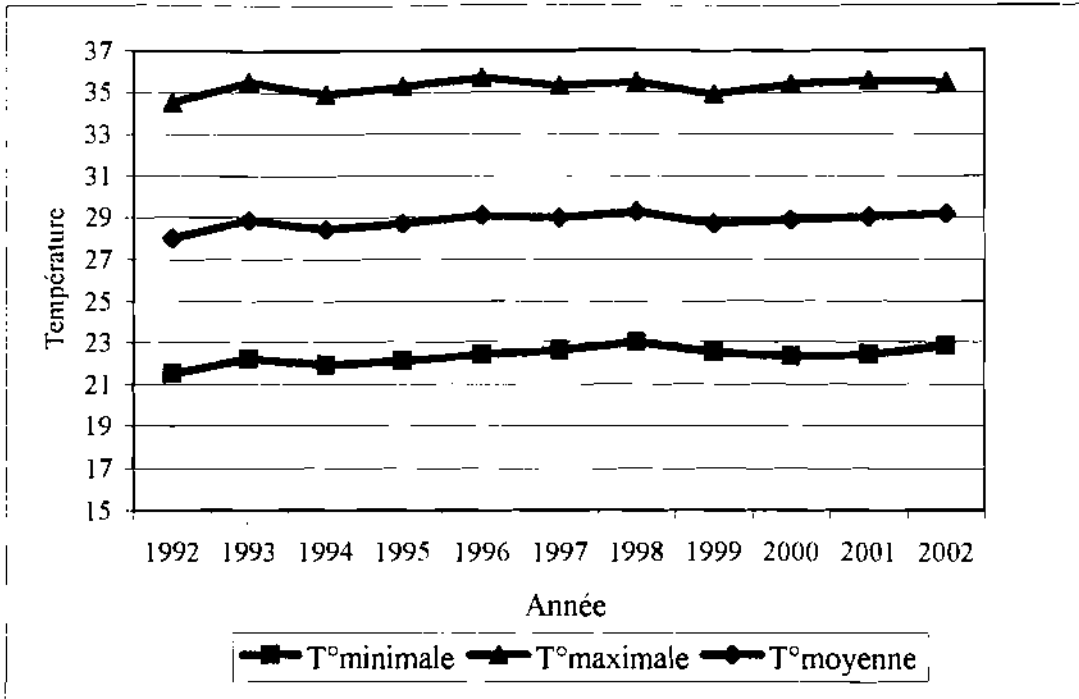


Figure 3 : Evolution de la température moyenne de Kamboinsé de 1992 à 2002

La variation interannuelle de la température est relativement faible au cours des dix dernières années (Figure 3). La température minimale moyenne est de 22°C contre 35°C pour la température maximale moyenne au cours des dix dernières années (1992-2002).

Au cours de l'année, les températures faibles entre novembre et février, croissent graduellement jusqu'à mai-juin où elles atteignent leur maximum. Elles restent importantes pendant la saison des pluies et peuvent ainsi empêcher la germination et réduire l'efficacité des pluies par l'augmentation de l'évaporation et de l'humidité relative. Les fortes températures activent également l'activité microbienne et favorisent ainsi la dégradation de la matière organique, réduisant les chances d'en accumuler au bénéfice de la fertilité du sol.

2-2-3 Végétation

La végétation est de type savane arbustive et arborée claire avec une strate herbacée annuelle. Les arbres, à distribution lâche, sont dominés par les espèces utiles. La strate arborée est composée principalement de : *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica*, *Adansonia digitata*, *Sclerocarea birrea*. La strate arbustive est constituée de : *Combretum*

nigricans, *Guiera senegalensis*, *Piliostigma thoningii*, *Balanites aegyptica*, *Ziziphus mauritiana*.

Les strates herbacées sont à dominance de graminées annuelles, constituées le plus souvent en îlots, alternant avec des plages de sols nus : les friches et les jachères jeunes sont recouvertes par *Schizachyrium*, *Loudetia togoensis* tandis que les jachères relativement âgées connaissent un envahissement de graminées pérennes telles que *Cymbopogon schoenanthus*, *Andropogon gayanus*, *Pennisetum pedicellatum*.

2-2-4 Géologie et géomorphologie

La zone de Kamboinsé est située sur des formations précambriennes. Les buttes et affleurements cuirassés et les versants constituent les unités géologiques. Le matériau originel et lithologique est fait de cuirasses. La pédogenèse indique une association de lithosols sur cuirasse ferrugineux et de sols ferrugineux tropicaux érodés reposant sur un matériau sableux peu profond.

2-2-5 Sols

A Kamboinsé, les sols à sesquioxydes de fer et de manganèse regroupent les sols ferrugineux tropicaux lessivés à tâches et à concrétions. Ils sont issus des matériaux gravillonnaires ou des altérations kaolinitiques.

Les sols du bassin versant de Kamboinsé sont classés comme des sols minéraux hydromorphes avec pseudo-gley hérité, et sont décrits comme une association de lithosols, sur cuirasses ferrugineuses et des sols ferrugineux tropicaux érodés, reposant sur des matériaux sableux peu profonds. L'association est constituée de matériaux résiduels anciens (milieu de la principale glaciation) qui forme la base des sols tropicaux ferrugineux modifiés. Ils peuvent être recouverts d'une couche de 0 à 40 cm, formée d'un mélange de sable décomposé à base de fer ou de gravier. L'association se présente avec une dominance sablo-argileuse à la surface et devient plus argileuse au fur et à mesure que l'on s'enfonce. La profondeur de la zone d'enracinement est variable. Malgré des textures très fines qui ont pour conséquence un faible pouvoir de drainage interne, la migration du fer peut entraîner une bonne perméabilité et la formation de nodules de fer peut donner une structure friable.

Ces sols peuvent être utilisés à différentes fins ; cependant il peut se produire un abaissement brutal de l'humidité pendant certaines périodes de la saison de culture. Ils ont un

pH légèrement acide à la surface ; leur teneur en matière organique est faible avec un rapport C/N égal à 10 – 12 environ. Bien que pauvres sur le plan chimique, ils ne contiennent pas d'éléments toxiques. Leurs caractéristiques physiques défavorables sont la présence de concrétions ferrugineuses, leur sensibilité à l'érosion et à la formation d'une croûte superficielle. On y trouve également en association des affleurements rocheux, des cuirasses ferrugineuses et des sols de 0 à 40 cm d'épaisseur. Dans ce cas, c'est la profondeur qui limite le drainage. Avec des profondeurs plus variables, les cations échangeables varient entre moins de 1 méq et 8 méq/100 g et le taux de saturation se situe généralement entre 60 et 80%. Pour ces sols, les travaux prioritaires sont : (1) une amélioration du drainage interne et externe ; (2) une amélioration des propriétés physiques de la couche superficielle en accroissant la quantité de matière organique.

La nature des sols de la station de Kamboinsé reflète assez celle du plateau Mossi. Les meilleurs sols, les plus profonds (qui représentent environ 30% de la superficie de la station, sur des pentes de moins de 0,5%), se trouvent en général près du bas-fond où l'eau stagne temporairement dans les parties les plus basses pendant la saison des pluies. Ces sols relativement fertiles sont des terres hydromorphes de couleur foncée qui semblent très appropriées à la culture intensive du riz et des espèces à haut rendement.

Dans les endroits les plus élevés et sur les pentes supérieures, on trouve des sols de profondeur et de texture extrêmement variables. Il en résulte que ces sols ne peuvent porter qu'un type très marginal de production agricole. Les cultures qu'on y fait pousser dépendent principalement de la capacité du sol à retenir l'eau, des propriétés physiques de la surface (sensibilité à l'érosion et à la formation de cuirasse) et du drainage. Ces facteurs ont un effet décisif sur l'utilisation optimale qui peut être faite de ces différents sols (ICRISAT, 1977). Ces zones pourraient être particulièrement appropriées à des systèmes de culture résistant à la sécheresse et à une pâture contrôlée. Environ 40 ha sont aménagés et pourraient être mis en culture avec du sorgho, du petit mil, du niébé, de l'arachide et des légumes.

En général, on estime que l'humidité disponible de ces sols s'élève environ à 10%. Si dans le périmètre de la station, la profondeur varie entre 25 cm et plus de 1 m, la capacité du sol à retenir l'humidité peut atteindre 25 mm et souvent plus de 100 mm d'eau.

2-3 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

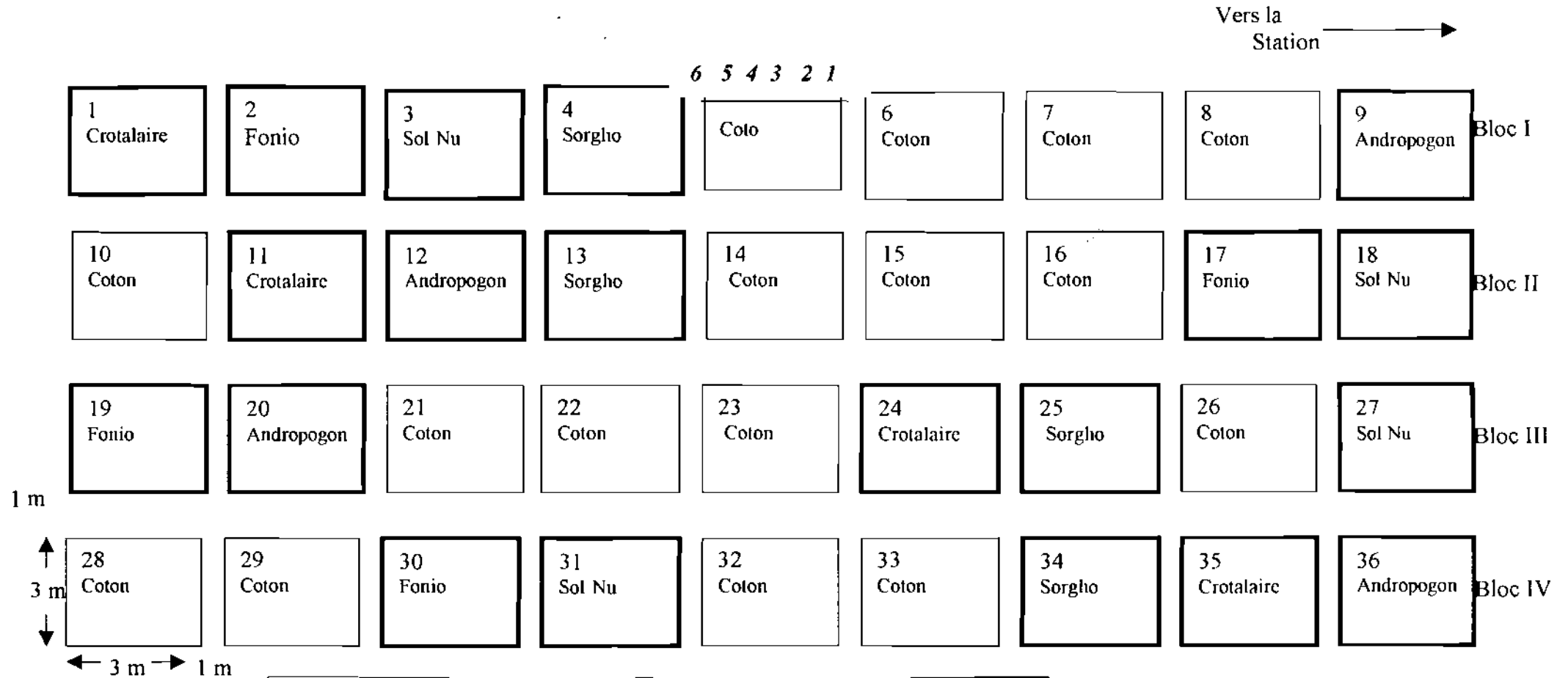
2-3-1 Facteurs testés

L'effet sur le fonctionnement microbien des sols sous couvert de quatre herbacées a été testé. Ces espèces représentent les principaux groupes d'herbacées permettant de comparer d'un point biologique : graminées pérennes ou annuelles, graminées ou légumineuses, plante cultivée ou sauvage. Dans ces différents groupes, le choix des espèces s'est fait en fonction de leur usage dans les systèmes naturels ou cultivés du Burkina Faso, également selon la disponibilité des graines. Les quatre espèces retenues sont :

- *Andropogon gayanus* (Ag), graminée pérenne
- *Digitaria horizontalis* (Dh), graminée annuelle
- *Crotalaria oechroleuca* (Co), herbacée légumineuse
- *Sorghum bicolor* (Sb), sorgho graminée cultivée.

L'effet de ces espèces sur le sol est comparée à des parcelles maintenus sans végétation constituant le témoin (SN). Les semis ont été réalisés en ligne et en poquet (figure4) en juin 2001 sur des parcelles élémentaires de 3 m×3 m.

Les parcelles sont disposées en blocs complètement randomisés. Le dispositif comporte quatre blocs. Dans chaque bloc, chaque espèce a été implantée sur deux parcelles élémentaires pour étudier l'effet après une année et deux années. Après la première année, une des deux parcelles par bloc a été défrichée et cultivée avec du coton la deuxième année, l'autre parcelle a été semée de nouveau avec les différentes plantes. Les résultats présentés dans ce mémoire concernent l'influence des différentes herbacées sur le sol après deux années de présence. Les parcelles témoin (SN) ne sont répétées qu'une fois dans chaque bloc (figure 4).



	Densité	Masse de graines par poquet
Crotalaire	30 x 30 (100 poquets)	45 mg (5 Kg/ha)
Fonio	30 x 30 (100 poquets)	31,5 mg (3,5 Kg/ha)
Sorgho	60 x 60 (25 poquets)	252 mg (7 Kg/ha)
Andropogon	30 x 30 (100 poquets)	4,05 g (45 Kg/ha)

Vers le bas fonds



Traitements étudiés

2-3-2 Les échantillons : mode de prélèvement

En octobre 2002, sur chaque parcelle élémentaire, quatre échantillons ont été prélevés. Les prélèvements sont effectués sur deux lignes de la parcelle (figure 5). Les prélèvements ont été effectués à l'aide d'une tarière de diamètre 8,5 cm, sur l'horizon 0-10 cm sur la ligne de semis à proximité du poquet. Les échantillons sont séchés à l'air libre, tamisés à 2 mm et stockés à température ambiante au laboratoire.

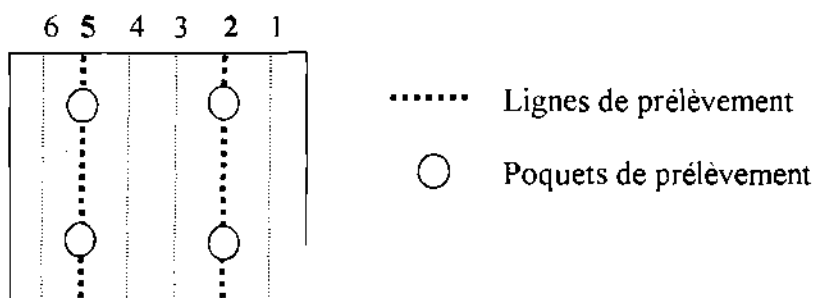


Figure 5 : Localisation des prélèvements

2-4 ANALYSES EFFECTUEES

2-4-1 Caractérisation du statut biologique du sol

2-4-1-1 Méthode S.I.R

Le principe de la SIR (Substrate induced respiration) est de mesurer la respiration d'un sol en présence d'un substrat organique facilement décomposable comme le glucose. La différence de respiration par rapport à un sol non amendé est fortement corrélée à la quantité de microorganismes actifs dans le sol (Anderson et Domsch, 1978).

A partir de la réponse initiale maximale (RMI) de la respiration en CO₂, on peut évaluer la quantité de microorganismes actifs présents dans l'échantillon.

Anderson et Domsch (1978) ont proposé une relation entre RMI et biomasse microbienne (BM) :

$$BM (\mu\text{gC.g}^{-1} \text{ de sol}) = 40,04 \text{ RMI } (\mu\text{l de CO}_2.\text{g}^{-1} \text{ de sol.h}^{-1}) + 0,37$$

Des essais préalables ont montré que la réponse maximale à deux heures d'incubation sur ces sols était donnée par une dose de 50 μg/g de sol ; cette dose est retenue pour évaluer la SIR.

Pour chacun des échantillons 2 x 54 g de sols sont prélevés, puis humidifiés chacun avec 6 ml d'eau déminéralisée afin de remettre en activité les microorganismes qu'il héberge. La teneur en eau correspond à l'humidité à 75% de la capacité au champ de ces sols. Le tout est laissé en incubation pendant 24 heures, enfermé dans des bocaux et placé dans une étuve à 28°C. Au bout des 24 heures, les sols sont ressortis des bocaux, puis un amendement de glucose à 0µg.g-1 et 50µg.g-1(Photo 1) de sol est apporté respectivement aux deux prélèvements. Les bocaux subissant du même coup un dégazage pour les vider du CO₂ dégagé pendant l'incubation. Une mesure est prise au lancement de la manipulation pour avoir la teneur en CO₂ initial à l'intérieur des bocaux. Une mesure est faite toutes les deux heures pendant 6 heures. La mesure a été réalisée sur quatre échantillons par parcelle élémentaire.



On répartit le glucose sur le sol puis on mélange à nouveau au mortier pour avoir une préparation homogène.

Photo 1 : amendement de glucose juste avant la mesure de lancement

Description du respiromètre

Le respiromètre utilisé mesure la concentration de CO₂ dans un volume d'air selon le principe de l'absorption du rayonnement infrarouge.

L'appareil (Photo 2) fabriqué par G Bellier (IRD) est muni d'une pompe aspirante pour acheminer continuellement le gaz (débit de 0,5Lmn-1) vers le détecteur de type Polytron IR-CO₂. Une partie du rayonnement est absorbée par le Co₂ et le détecteur de mesure délivre un signal électrique plus ou moins grand selon la concentration de CO₂ (Spécificité technique : unité de mesure en ppm, domaine de mesure de 0 à 9999 ppm, résolution de l'indication digitale de 10 ppm).

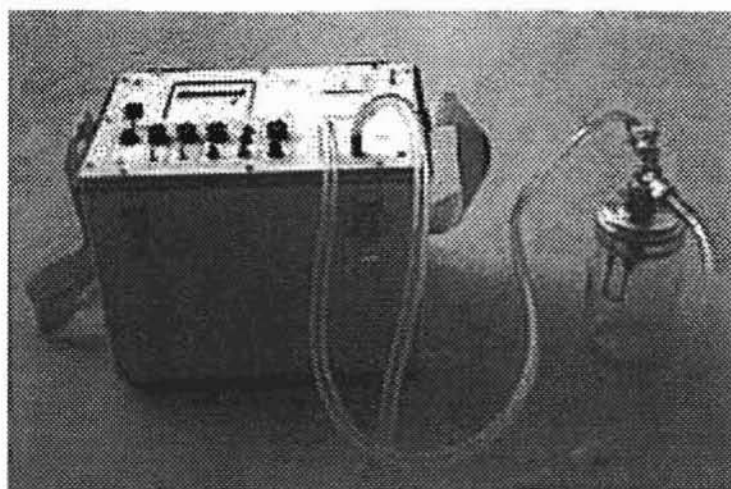


Photo 2 : Présentation du respiromètre

2-4-1-2 Diversité fonctionnelle catabolique

La méthode employée est celle décrite par Degens et Harris (1997). Elle est basée sur une série de mesures de dégagement de CO_2 de sols incubés avec l'apport de substrats organiques. La diversité de réaction des sols en présence des ces divers substrats correspond à une diversité microbienne.

Un échantillon de 1g de sol est placé dans un tube de 6 ml de contenance. Les sols sont préalablement tamisés à $400\mu\text{m}$. Deux ml de solution contenant le substrat testé est apporté , l'ensemble est agité à la main pendant 30 secondes. Avant fermeture du tube, l'atmosphère du tube est équilibrée en y insufflant de l'air ambiant dont la teneur en CO_2 est contrôlée et maintenue autour de 200 ppm. Chaque tube après cette opération est immédiatement fermé hermétiquement pour éviter les éventuelles fuites de gaz. Puis, chaque tube est agité 15 secondes suivant l'ordre dans lequel leur contenu a été soufflé, et ensuite passés à l'étuve pendant 4 heures pour incubation.

Au bout des 4 heures d'incubation, les échantillons sont sortis de l'étuve et placés au réfrigérateur. La concentration de CO_2 dans le tube est ensuite mesurée à l'aide du respiromètre à l'aide de deux aiguilles, l'une reliée à l'aspirateur et l'autre au côté refoulant, sans ouvrir les tubes (voir description précédente).

2-4-1-3 Substrats organiques utilisés

Le choix des substrats est basée sur les travaux de Degens et Harris (1997) qui, après avoir testé 83 substrats organiques, ont sélectionné 36 qui induisent une respiration perceptible et

MENTION ASSEZ-BIEN

traduisent une diversité microbienne. Les substrats testés sont au nombre de 34. Ils sont constitués de l'ensemble des composés chimiques organiques utilisés pour l'ensemble des différents tests de respirométrie. On les classe selon leur groupe chimique :

- 8 acides aminés : Glutamine, Arginine, Asparagine, acide Glutamique, Histidine, Lysine, Sérine, Tyrosine ;
- 3 hydrates de carbone : Glucose, Mannose, Saccharose ;
- 17 acides carboxyliques : Acide ascorbique, acide citrique, acide fumarique, acide ketoglutarique, acide malonique, acide succinique, acide quinique, acide tartarique, acide urique, acide oxalique, acide formique, acide gallique, acide malique, Citrate, acide hydroxibutyrique, acide ketobutyric, acide gluconique ;
- 1 polymère : cyclohexane ;
- 5 Amides : Methyl Glucamine, phénylalanine, succinamide, Glucosamine, Methyl Glucamine ;

2-4-2 Caractéristique chimique des sols

2-4-2-1 Dosage du carbone

La méthode utilisée est celle de Walkley-Black. Le sol dont la prise d'essai est inférieure à 10 g est soumis à une oxydation à froid par une solution normale de 10 ml de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en excès, en présence d'acide sulfurique. Le bichromate de potassium transforme le carbone du sol en CO_2 . La quantité de bichromate de potassium réduite est proportionnelle à la teneur en carbone. L'excès de bichromate est dosé par une solution de sel de Mohr $FeSO_4(NH_4)_6$ en présence de diphenylamine. On obtient alors la quantité de bichromate réduite par différence entre le volume de sel de Mohr utilisé pour un échantillon blanc et celui de l'échantillon analysé. L'oxydation du carbone n'étant pas complète, le résultat est corrigé par le facteur 1,33.

2-4-2-2 Dosage de l'azote

L'azote est dosé par la méthode Kjeldahl. Les échantillons de sol ont été soumis à une minéralisation Kjeldahl, avec l'acide H_2SO_4 et $C_7H_6O_3$ en présence de H_2O_2 , et du sélénium qui est utilisé comme catalyseur. Après cette minéralisation, la solution aqueuse est mélangée à du carbone actif. Les éléments N sont déterminés directement à l'auto analyseur.

2-4-2-3 Dosage de l'azote minérale

L'azote minéral est constitué par les ions NO_3^- et NH_4^+ qui sont des formes d'azote directement assimilables par les plantes. Sa détermination permet d'avoir une idée de la fertilité azotée des horizons prélevés. L'extraction de cette forme est faite par du KCl 1N, avec un rapport sol/solution égale à 1/5. Le tout est mis en agitation (1 heure), puis centrifugé et filtré. Le filtrat est ensuite passé à l'analyseur automatique pour analyse des ions NO_3^- et NH_4^+ .

2-4-2-4 Dosage du phosphore assimilable, du phosphore total

Le phosphore total est dosé par colorimétrie automatique. La méthode Bray I a été utilisée pour le dosage du phosphore assimilable à un pH 3,5 avec un rapport d'extraction de 1/7 (2g de sol pour 14ml de solution Bray 1 (NH_4F)) et un temps d'extraction d'une minute. L'acide chlorhydrique est utilisé pour extraire les formes de phosphore (P) solubles dans l'acide. Le fluorure d'ammonium dissout les phosphates de Fe et d'Al en formant un complexe entre ces ions et ceux des métaux en solution acide.

2-4-3 Essai de croissance en pot

En fonction des sol des différents traitements, l'objectif de ce test est d'observer la réaction d'une plante sur ces sols. La plante testée est la légumineuse *Crotalaria ochroleuca*. L'utilisation de cette plante permet d'obtenir plusieurs indicateurs tels que la croissance et le développement de la plante, mais également le nombre de nodules indiquant la présence de rhizobium fixateur d'azote atmosphérique. Le test de comportement biologique consiste à faire pousser cette plante dans des pots. La hauteur des plants et les biomasses aériennes et racinaires sont mesurées ; ainsi qu'un indicateur microbiologique a été mesuré: le nombre des nodules sur les racines de *Crotalaria ochroleuca*.

2-4-3-1 Méthodes

Pour l'essai en vase de végétation, les traitements correspondent aux différents sols sous les différentes herbacées. Chaque traitement comporte cinq (5) répétitions. Pour chaque répétition, les graines sont semées dans des pots contenant 100g de sol. La même densité de semis est observée dans chaque pot (5 graines). Le démariage des plants a été effectué le quatorzième jour après semis pour conserver un seul pied par pot.

La hauteur des plants a été mesurée à partir du 17ème jour, puis le 24ème, le 31ème, le 38ème et le 45ème jour. Une coupe unique est effectuée à la fin de l'essai, au bout de 60 jours

environ après le semis. La partie aérienne a été emballée dans du papier aluminium puis séchée à l'étuve à 105°C pendant au moins 24 heures. La biomasse aérienne a été estimée par pesée, avec une moyenne sur les cinq répétitions.

De même à la coupe, après dépotage, les racines sont isolées et séchées l'étuve à 105°C. La biomasse racinaire est obtenue par pesée des échantillons.

2-4-3-2 Comptage du nombre de nodules

Le nombre de nodules est directement compté sur la racine. La moyenne est ensuite obtenue sur les cinq répétitions.

2-4-4 Traitement des données

L'effet « plante » est testé par analyse de variance. L'hypothèse nulle testée est : « $H_0 =$ il n'y a pas de différence entre les sols prélevés sous les différentes herbacées ». L'effet bloc est pris en compte. Les moyennes sont comparées ensuite par le test de comparaison multiple de Newman-Keulhs ($\alpha = 5\%$).

La respiration induite par les différents organiques sera traitée par une analyse en composantes principales pour définir les groupes de substrats organiques corrélés entre eux. Les groupes de substrats ainsi déterminés sont ensuite corrélés aux parcelles expérimentales. On définit également la diversité catabolique fonctionnelle de chaque échantillon par trois indicateurs :

- ✓ la richesse catabolique (nombre de substrat ayant induit une respiration significative)
- ✓ l'indice de Shannon (**H**) qui prend en compte à la fois le nombre de substrat ayant provoqué une respiration significative et la quantité de CO₂ produite par chaque substrat.
- ✓ l'indice de Simpson-Yule (**D**) : est influencé par les espèces les plus abondantes et dominantes du milieu. Cet indice augmente avec l'abondance en espèces rares .

$$H = - \sum p_i \log_2 p_i \text{ avec } p_i = r_i / \sum r_i$$

$$D = 1 / \sum (p_i^2) \text{ avec } p_i = r_i / \sum r_i$$

avec r_i étant la réponse catabolique pour le **substrat i**

Les données ont été traitées à l'aide des logiciels Excel (Microsoft) et XLSTAT (ADDINSOFT).

CHAPITRE III IMPACT DES DIFFERENTES HERBACEES SUR LES ELEMENTS CHIMIQUES, LA BIOMASSE MICROBIENNE ET LA DIVERSITE MICROBIENNE

3-1 IMPACT DES DIFFERENTES HERBACEES SUR LA FERTILITE CHIMIQUE DU SOL APRES DEUX ANS D'EXPERIMENTATION

3-1-1 Carbone total, azote total et rapport C/N

La figure 6 présente les teneurs en carbone total du sol pour les différents traitements. La teneur moyenne en carbone total des sols de l'expérimentation est de 3,79 mg/g de sol. L'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative entre les traitements.

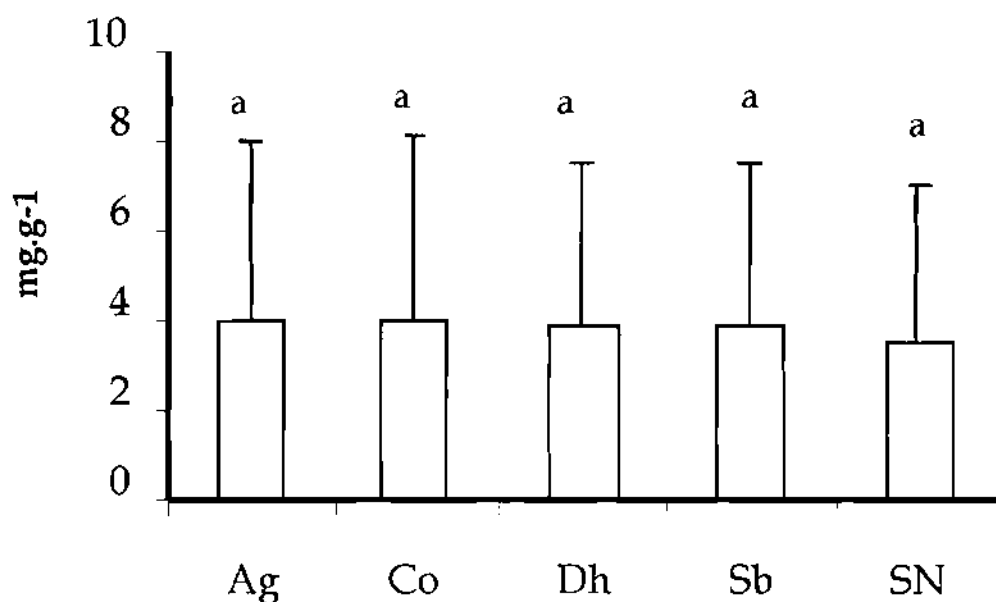


Figure 6 : Teneurs en carbone total du sol après deux années expérimentales.

Les barres d'erreurs représentent l'écartype de la moyenne (n=4). Co : *Crotalaria ochroleuca*, Ag: *Andropogon gayanus*, Dh: *Digitaria horizontalis*, Sb : *Sorghum bicolor*, SN: sol nu.

Les résultats sur l'azote total du sol sont illustrés au niveau de la figure 7. L'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative entre les différents traitements. La teneur moyenne est de 0,35 mg /g.

L'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative entre les traitements pour le rapport C/N (Figure 8). La valeur moyenne est de 12,4.

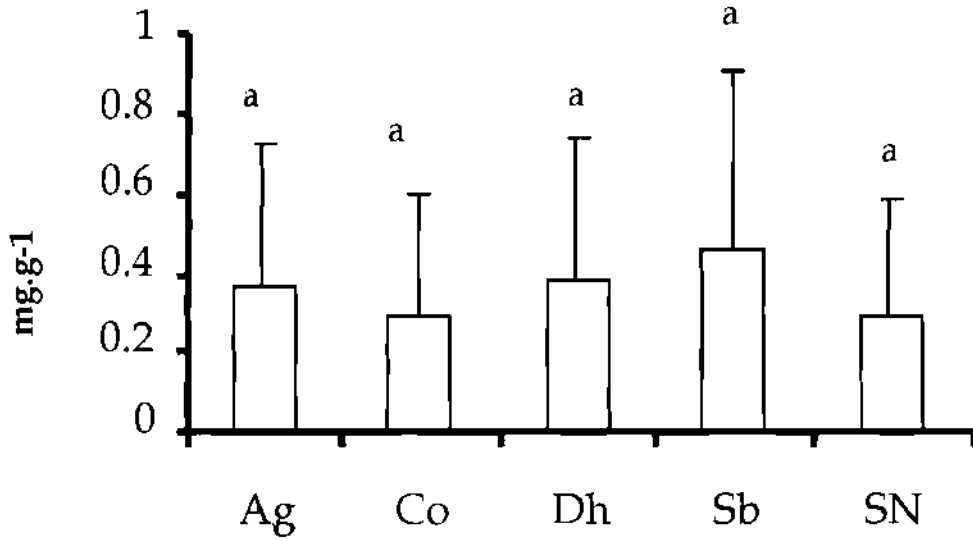


Figure 7 : Teneurs en azote total du sol après deux années expérimentales.

Les barres d'erreurs représentent l'écartype de la moyenne (n=4). Co : *Crotalaria ochroleuca*, Ag: *Andropogon gayanus*, Dh: *Digitaria horizontalis*, Sb : *Sorghum bicolor*, SN: sol nu

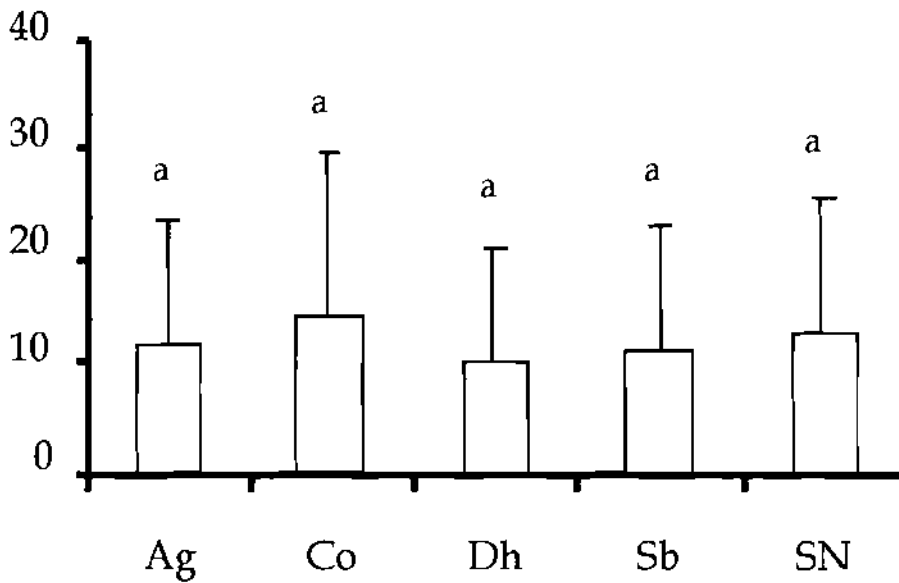


Figure 8 : Rapport Carbone/Azote du sol après deux années expérimentales.

Les barres d'erreurs représentent l'écartype de la moyenne (n=4). Co : *Crotalaria ochroleuca*, Ag: *Andropogon gayanus*, Dh: *Digitaria horizontalis*, Sb : *Sorghum bicolor*, SN: sol nu

3-1-2 Phosphore total et phosphore assimilable

Les moyennes en phosphore total et assimilable ne sont pas significativement différentes. La teneur moyenne est de 337,39 mg/g en P total et de 12,99 mg/g en P assimilable (figures 9 et 10).

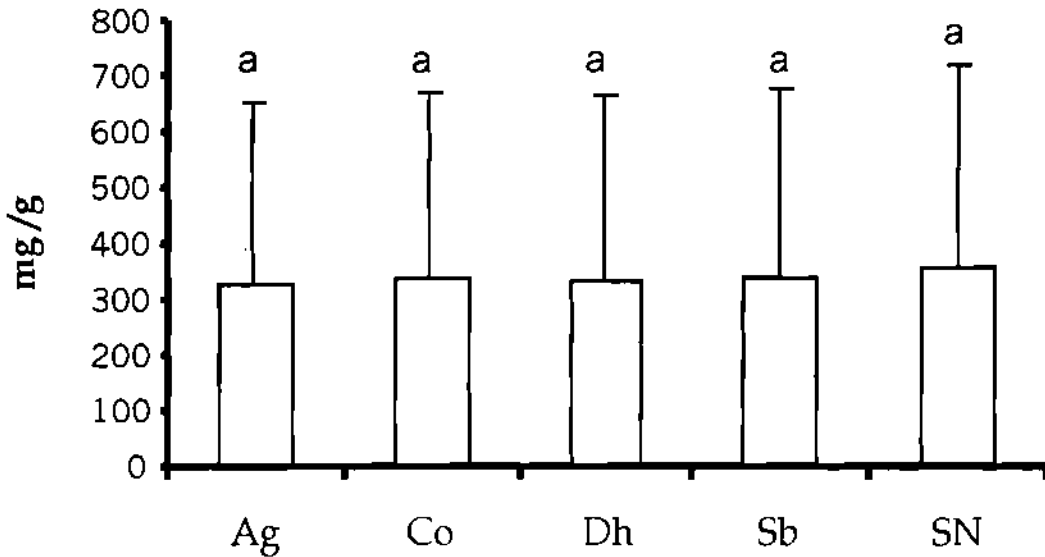


Figure 9 : Teneur en phosphore total du sol après deux années expérimentales.

Les barres d'erreurs représentent l'écartype de la moyenne (n=4). Co : *Crotalaria ochroleuca*, Ag: *Andropogon gayanus*, Dh: *Digitaria horizontalis*, Sb : *Sorghum bicolor*, SN: sol nu

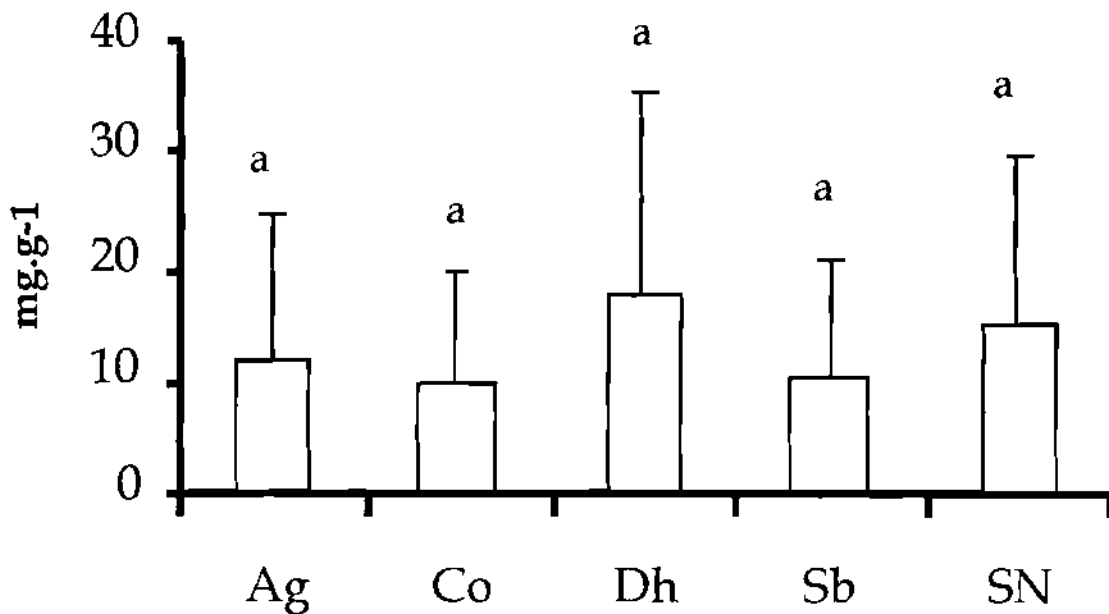


Figure 10 : Teneur en phosphore total du sol après deux années expérimentales.

Les barres d'erreurs représentent l'écartype de la moyenne (n=4). Co : *Crotalaria ochroleuca*, Ag: *Andropogon gayanus*, Dh: *Digitaria horizontalis*, Sb : *Sorghum bicolor*, SN: sol nu

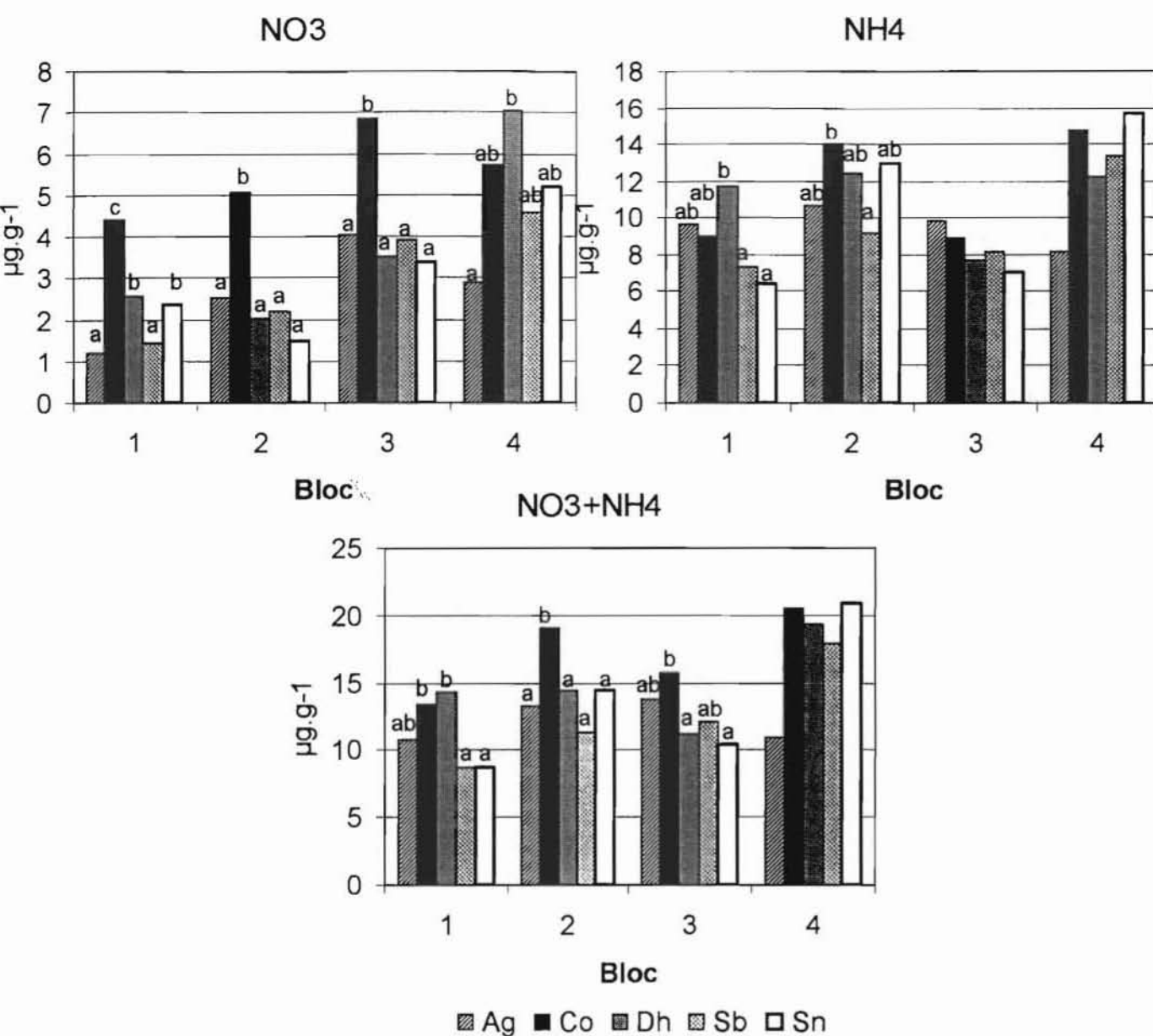


Figure 11 : Teneur en azote minéral $\text{NO}_3 + \text{NH}_4$, nitrate NO_3 , ammonium NH_4 dans les sols des différents traitements par bloc.

Co : *Crotalaria ochroleuca*, Ag : *Andropogon gayanus*, Dh : *Digitaria horizontalis*, Sb : *Sorghum bicolor*, SN : sol nu

3-1-3 Azote minérale

Pour les différents traitements, les teneurs en azote minérale varient respectivement de $2,7 \mu\text{g.g}^{-1}$ à $5,6 \mu\text{g.g}^{-1}$ pour le NO_3^- et de $9,4 \mu\text{g.g}^{-1}$ à $14,3 \mu\text{g.g}^{-1}$ pour le NH_4^+ . L'analyse de variance révèle une interaction entre les blocs et le traitement « plante ». La figure 11 présentent les résultats par bloc. Sur les 3 premiers blocs, les teneurs en nitrate sont significativement supérieures sur le traitement « Crotalaire » par rapport aux autres traitements. Le classement des moyennes des teneurs en ammonium sur les différents traitements ne se répète pas dans chaque bloc ; chaque bloc présente des différences entre traitement particulières. De

même que pour les nitrates, l'azote minéral total (NO_3+NH_4) est significativement supérieur sous « Crotalaire » par rapport au sol nu dans trois blocs sur quatre. Les autres traitements ne présentent pas de différences significatives par rapport au sol nu sur plus de deux blocs. Le bloc 4 se distingue par les résultats obtenus ce qui explique l'interaction significative entre traitement et bloc observée dans l'analyse de variance.

3-2 TEST DE CROISSANCE D'UNE PLANTE

Le test de croissance sur les sols ne permet pas de distinguer des différences significatives entre les différents traitements (figure 12). De même, les biomasses aériennes et racinaires après 45 j de croissance ne sont significativement différentes entre les traitements (figure 13 et 14). De même, le nombre de nodules n'est pas significativement différent entre traitements (tableau 1).

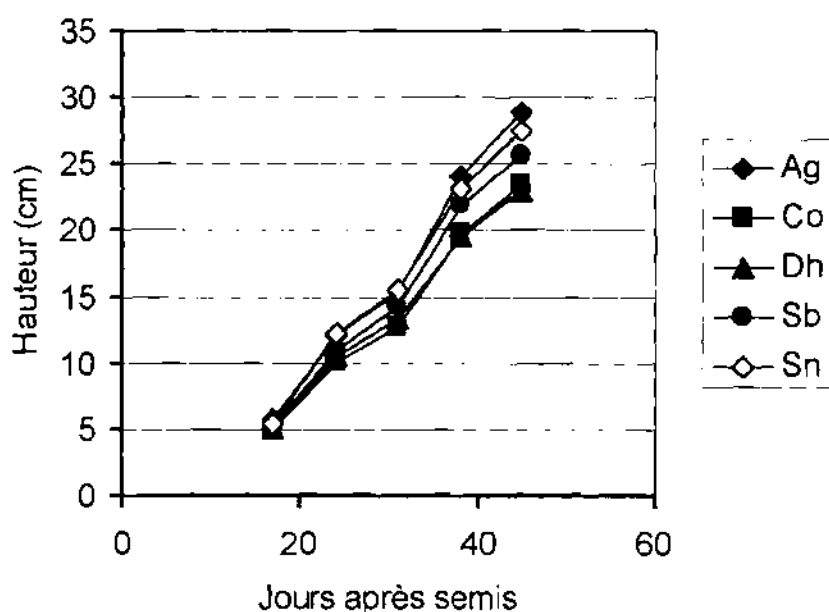


Figure 12 : Courbes des hauteurs de plant de *Crotalaria ochroleuca* sur les sols des différents traitements herbacées.

Co : *Crotalaria ochroleuca* ; Ag : *Andropogon gayanus* ; Dh : *Digitaria horizontalis* ;
Sb : *Sorghum bicolor* ; SN : sol nu.

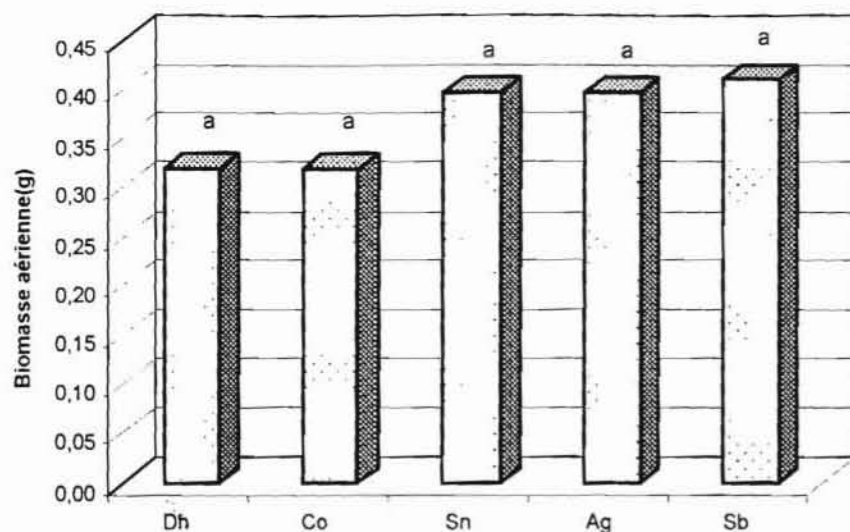


Figure 13 : Biomasse aérienne d'une plante test *Crotalaria ochroleuca* sur les différents sols prélevés sous herbacées.

Co : *Crotalaria ochroleuca* ; Ag : *Andropogon gayanus* ; Dh : *Digitaria horizontalis* ; Sb : *Sorghum bicolor* ; SN : sol nu.

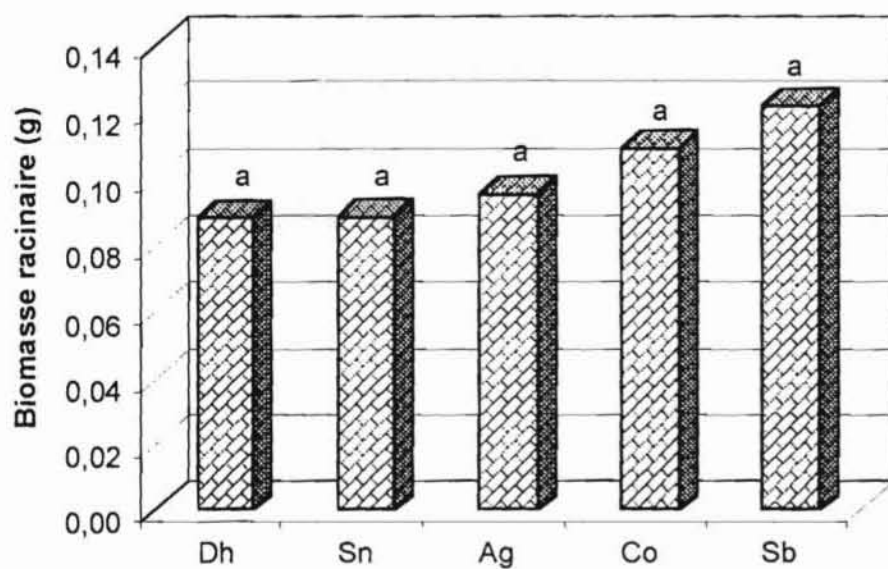


Figure 14 : Biomasse racinaire d'une plante test *Crotalaria ochroleuca* sur les différents sols prélevés sous herbacées.

Co : *Crotalaria ochroleuca* ; Ag : *Andropogon gayanus* ; Dh : *Digitaria horizontalis* ; Sb : *Sorghum bicolor* ; SN : sol nu.

Tableau 1: Nombre de nodule par système racinaire de *Crotalaria ochroleuca*.

Traitements	Moyenne nombre de nodules	Comparaison de moyenne (*)
Dh	68	a
Ag	61	a
Co	56	a
Sb	52	a
Sn	50	a

Co : *Crotalaria ochroleuca* ; Ag: *Andropogon gayanus* ; Dh: *Digitaria horizontalis* ; Sb : *Sorghum bicolor* ; SN: sol. Les traitements ayant la même lettre dans la colonne (*) ne sont pas significativement différents.

3-3 IMPACT DES HERBACEES SUR L'ACTIVITE MICROBIENNE

3-3-1 Choix de la dose de glucose à administrer pour des mesures SIR.

Les courbes de la figure 15 présentent les dégagements de CO₂ des sols sous différentes herbacées (Co, Dh, Ag, Sb) et du traitement témoin, le sol nu (SN), après ajout d'une gamme de dose de glucose (0µg.g⁻¹, 50µg.g⁻¹ et 100µg.g⁻¹). Le dégagement de CO₂ croît régulièrement au cours du temps avec l'apport de glucose alors qu'il reste constant pour les sols sans apport de glucose.

Le tableau 2 présente les dégagements moyens en CO₂ exprimés en µg/h, pour les trois doses de glucose apporté. L'analyse de variance pour cette variable, présentée dans le tableau 2, montre des différences significatives entre d'une part les doses 50 et 100µg glu.g⁻¹sol sec et d'autre part la dose 0µg.g⁻¹ sol sec. Cependant, aucune différence significative n'a été révélée entre les dose 50µg.g⁻¹ et 100µg.g⁻¹. La dose 50µg.g⁻¹ a été retenue pour la détermination de la SIR dans les paragraphes suivants.

Tableau 2 : Comparaison des différentes doses de glucose. Les traitements ayant la même lettre dans la colonne (*) ne sont pas significativement différents.

Dose glucose(µg glu.g-1)	Moyenne dégagement de CO2 µg-/h	Comparaison de moyenne(*)
0	1,83	A
50	6,00	B
100	6,59	B

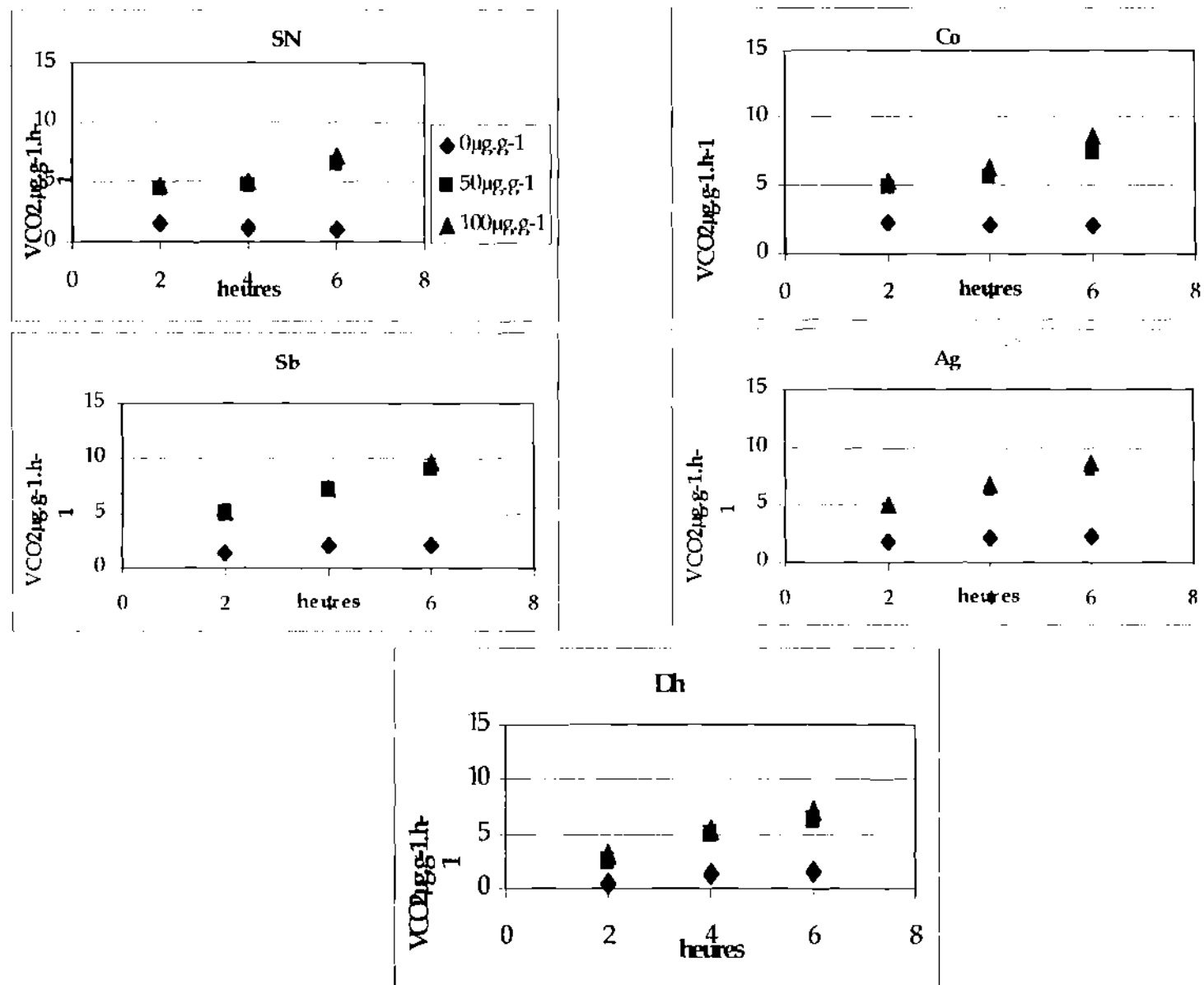


Figure 15 : Dégagement de CO₂ pour les trois doses de glucose administré

Co : *Crotalaria ochroleuca*, Ag: *Andropogon gayanus*, Dh: *Digitaria horizontalis*, Sb : *Sorghum bicolor*, SN: sol nu.

3-3-2 SIR sur les différents traitements herbacés

Les dégagements en CO₂ suite à l'ajout de la dose de 0 et 50µg de glucose/g de sol donnent les courbes présentées par la figure 16. Le tableau 3 donne les résultats de la SIR. L'analyse de variance (ANOVA) indique un effet significatif du traitement plante. Le test de comparaison de moyenne montre que la SIR est significativement inférieure sur le traitement SN par rapport aux autres traitements. Les quatre modalités plantes se classent en deux groupes d'une part Ag, Sb et Dh et d'autre part Sb, Dh et Co. Le traitement Co présente la SIR la plus élevée significativement supérieure au traitement Ag et SN.

Tableau 3 : SIR à 2 heures des différents traitements.

TRAITEMENTS	moyenne SIR µg.g ⁻¹ .h ⁻¹	COMPARAISON DE MOYENNE		
SN	55,7	a		
Ag	70,7	a	b	
Sb	91,7		b	c
Dh	91,9		b	c
Co	100,6			c

NB : Les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents.

Co : *Crotalaria ochroleuca*, Ag: *Andropogon gayanus*, Dh: *Digitaria horizontalis*, Sb : *Sorghum bicolor*, SN: sol nu

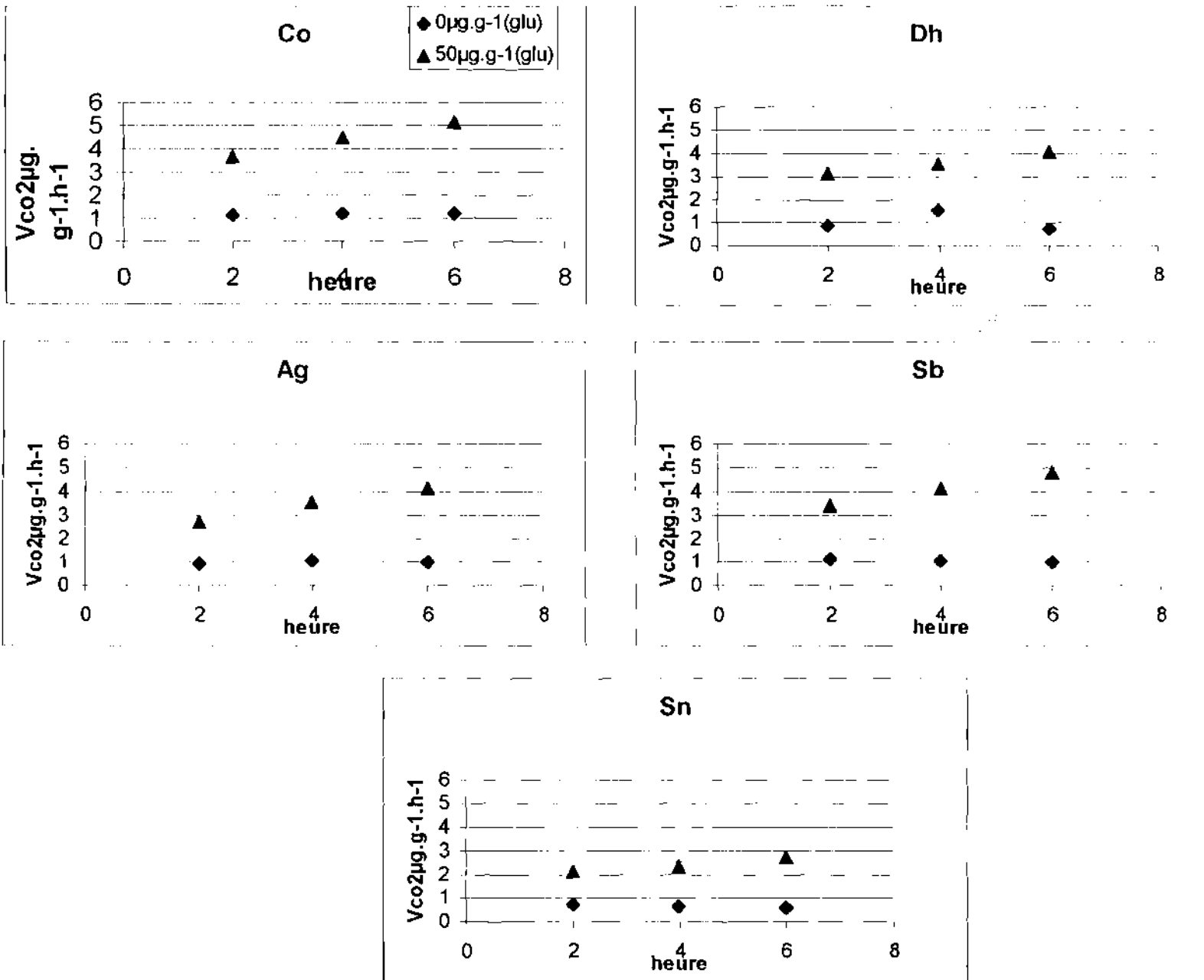


Figure 16 : Dégagement de CO₂ sur six heures des différents traitements.

Co : *Crotalaria ochroleuca*, Ag: *Andropogon gayanus*, Dh: *Digitaria horizontalis*, Sb : *Sorghum bicolor*, SN: sol nu

3-3-3 Estimation de la biomasse microbienne

La figure 17 présente la quantité de biomasse microbienne du sol (exprimé en $\mu\text{gC.g}^{-1}$ de sol) des différents traitements évalués selon la relation établit par Anderson et Domsch (1978) entre la biomasse microbienne BM et la réponse maximale initiale RMI :

$$\text{BM } (\mu\text{gC.g}^{-1} \text{ de sol}) = 40,04 \text{ RMI } (\mu\text{l de CO}_2.\text{g}^{-1} \text{ de sol.h}^{-1}) + 0,37$$

BM : Biomasse microbienne

RMI : Respiration maximale induite (par le substrat)

A l'image des analyses précédentes, les résultats montrent que la biomasse microbienne est plus importante sur le traitement « Co » que sur les autres traitements ; avec la plus faible biomasse mesurée sur le traitement « SN ».

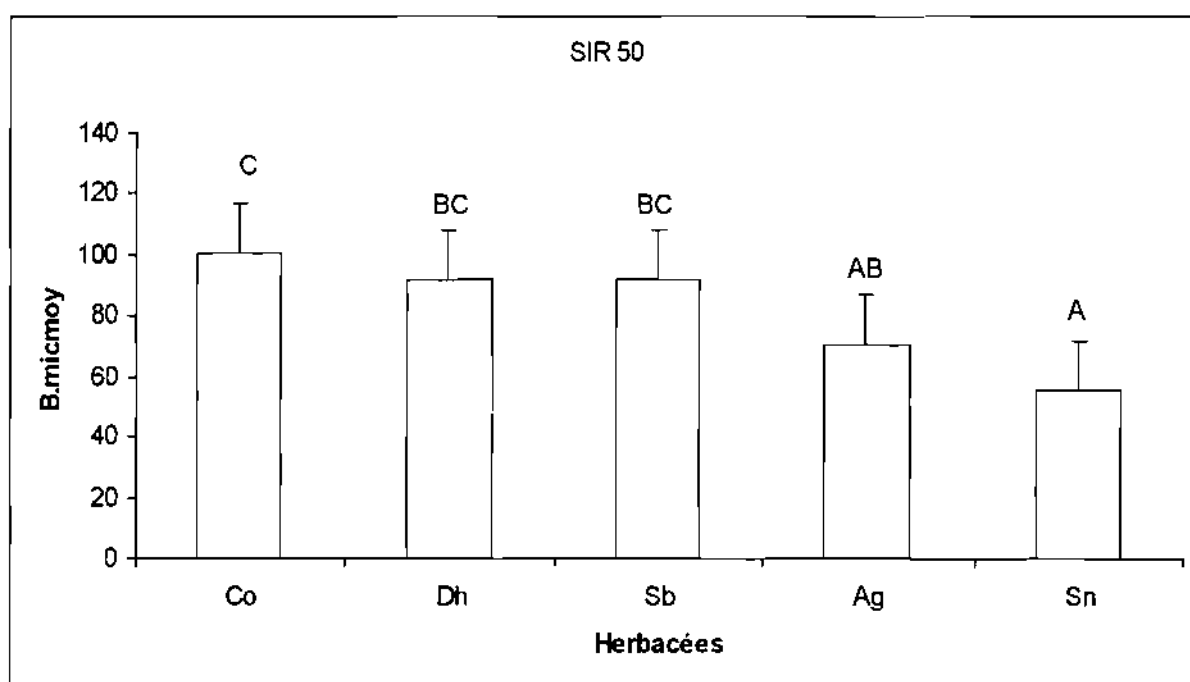


Figure 17 : Biomasse microbienne pour les différents traitements

NB : Co : *Crotalaria ochroleuca*, Ag: *Andropogon gayanus*, Dh: *Digitaria horizontalis*, Sb : *Sorghum bicolor*, SN: sol nu. Les histogrammes ayant la même lettre ne sont pas significativement différents. Les barres d'erreurs représentent l'écartype de la moyenne (n=4).

3-4 EFFETS DES DIFFERENTES HERBACEES SUR LA DIVERSITE FONCTIONNELLE CATABOLIQUE DES MICROORGANISMES

L'étude de la diversité fonctionnelle catabolique des microorganismes du sol sous l'influence de différentes herbacées a été réalisée à partir de la respiration induite par l'apport de 34 substrats organiques. On présentera dans un premier temps les résultats concernant le dégagement de CO₂ induit par chaque substrat puis on évaluera la richesses catabolique des différents sols étudiés.

3-4-1 Respiration moyenne induite par chaque substrat

Les courbes de la figure 19 présentent les dégagements en CO₂ induit par les différents sols, sous les différentes herbacées, pour les différents substrats apportés.

Pour les différents traitements, le substrat ayant induit la plus forte respiration est l'acide ketoglutarique avec le plus haut pic pour le traitement « Ag ».

L'analyse en composantes principales (figure 18) du tableau (annexe 2) des respirations induites par les substrats organiques (colonne) et les différentes parcelles (ligne) distingue ;

- d'une part sur l'axe 1 (première composante, 60% de variabilité expliquée), les échantillons qui ont fortement produit du CO₂ avec l'ajout de substrats tels que les acides carboxyliques ;
- d'autre part sur l'axe 2 (deuxième composante, 14% de variabilité expliquée) les échantillons qui ont fortement respiré en présence des molécules de carbohydrates (glucose et saccharose) ainsi qu'en présence d'acides aminés tels que la glutamine ou d'amides telles que la phénylalanine et la succinamide.

L'analyse de la carte des parcelles montre que seules les parcelles SN et Ag présentent des valeurs positives et élevées sur l'axe 1. Les sols sur ces parcelles provoquent une forte respiration en présence des acides carboxyliques. Les autres parcelles se situent majoritairement du côté négatif de cette première composante. Sur l'axe 2, les parcelles Co et Sn présentent des valeurs majoritairement négatives indiquant des respirations faibles en présence des carbohydrates et de quelques amides ou acides aminés.

MENTION ASSEZ-BIEN

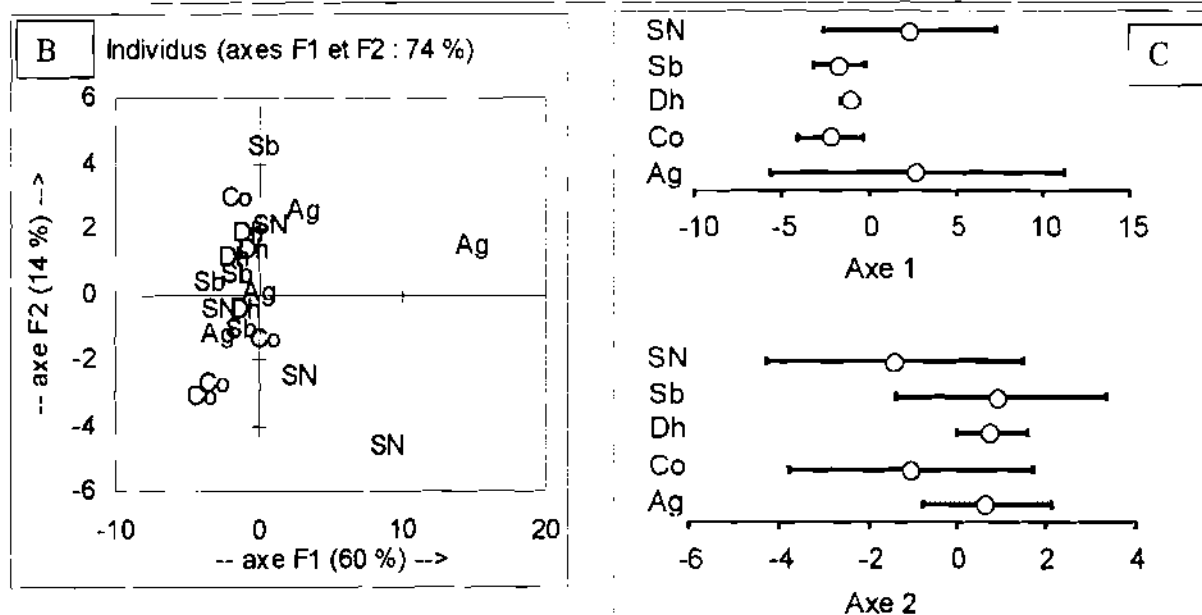
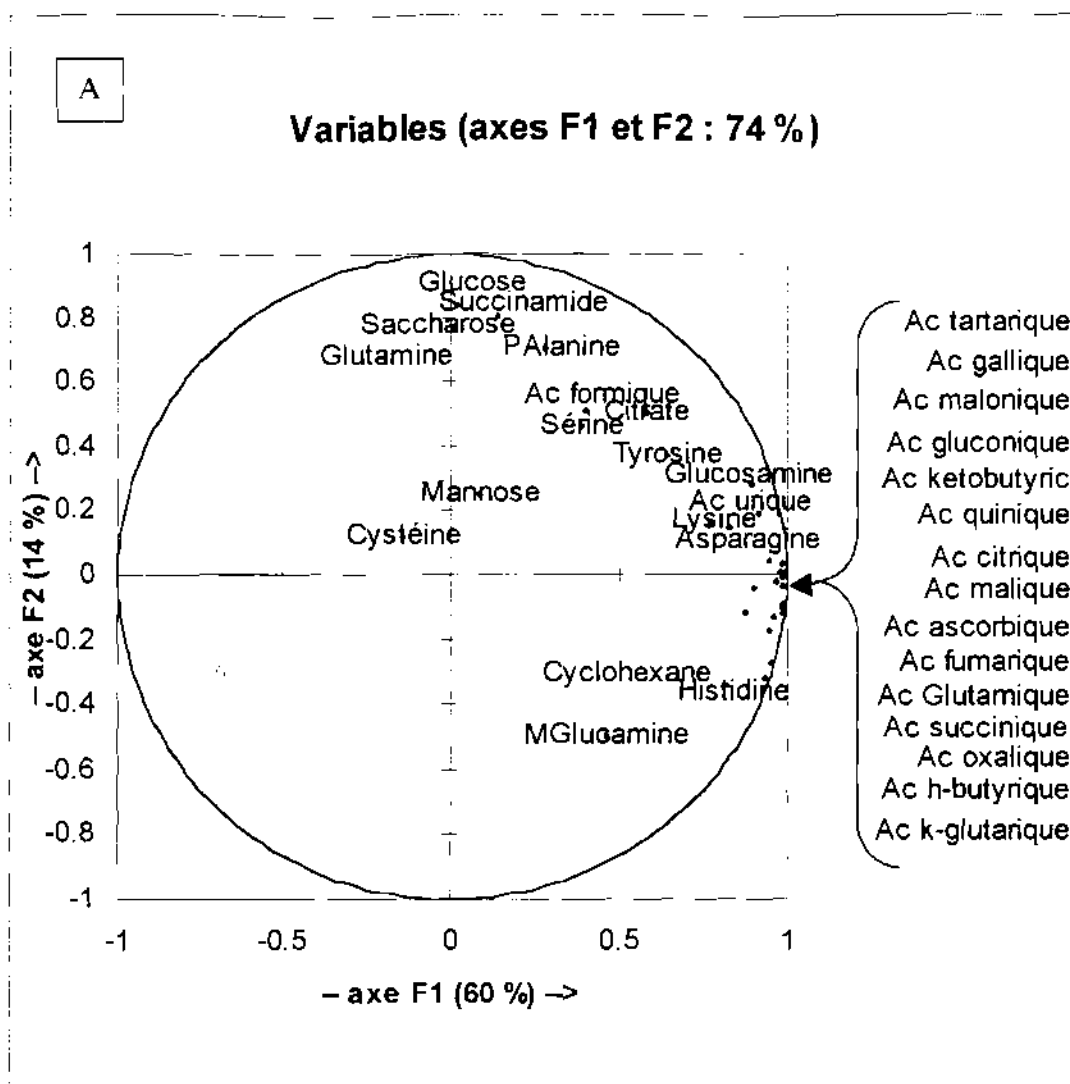


Figure 18 : Analyses en composantes principales du tableau parcelles (lignes) \times respiration induite par substrats organiques (colonne).

A Cercle de corrélation des variables (respiration induite par les substrat organique) des deux premières composantes principales. B Plan factoriel des parcelles sur les deux premières composantes principales. C Moyenne et ecartype des coordonnées sur les deux premiers axes de l'ACP des différents traitements. Co : *Crotalaria ochroleuca*, Ag: *Andropogon gayanus*, Dh: *Digitaria horizontalis*, Sb : *Sorghum bicolor*, SN: sol nu

Les courbes de la figure 20 présentent le dégagement en CO₂ pour les différents traitements après ajout des différents substrats. Les analyses de variance montrent que, pour les substrats arginine, glutamine, glucosamine, histidine, lysine, sérine, méthylglucamine, phénylalanine, succinamide, cystéine, tyrosine, saccharose, citrate et cyclohexane, aucune différence significative n'existe entre les valeurs moyennes de dégagement en CO₂ pour les différents traitements.

Les substrats glucose, asparagine, acide glutamique, mannose, acide ascorbique, acide citrique, acide fumarique, acide malonique, acide ketoglutarique, acide succinique, acide quinique, acide tartarique, acide urique, acide oxalique, acide formique, acide gallique, acide malique, acide hydroxibutyrique, acide ketobutyrique et l'acide gluconique, induisent des quantités de CO₂ dégagé significativement différentes entre les différentes parcelles d'herbacées. Les comparaisons de moyenne entre les différents traitements indiquent un regroupement des parcelles Ag et SN opposées aux trois autres parcelles Dh, Sb et Co.

Les substrats tels que l'arginine, histidine, lysine, méthylglucamine, cystéine et cyclohexane n'ont enregistré aucune différence de dégagement en CO₂ comparé au témoin (eau déminéralisée autoclavée) contrairement à l'ensemble des autres substrats.

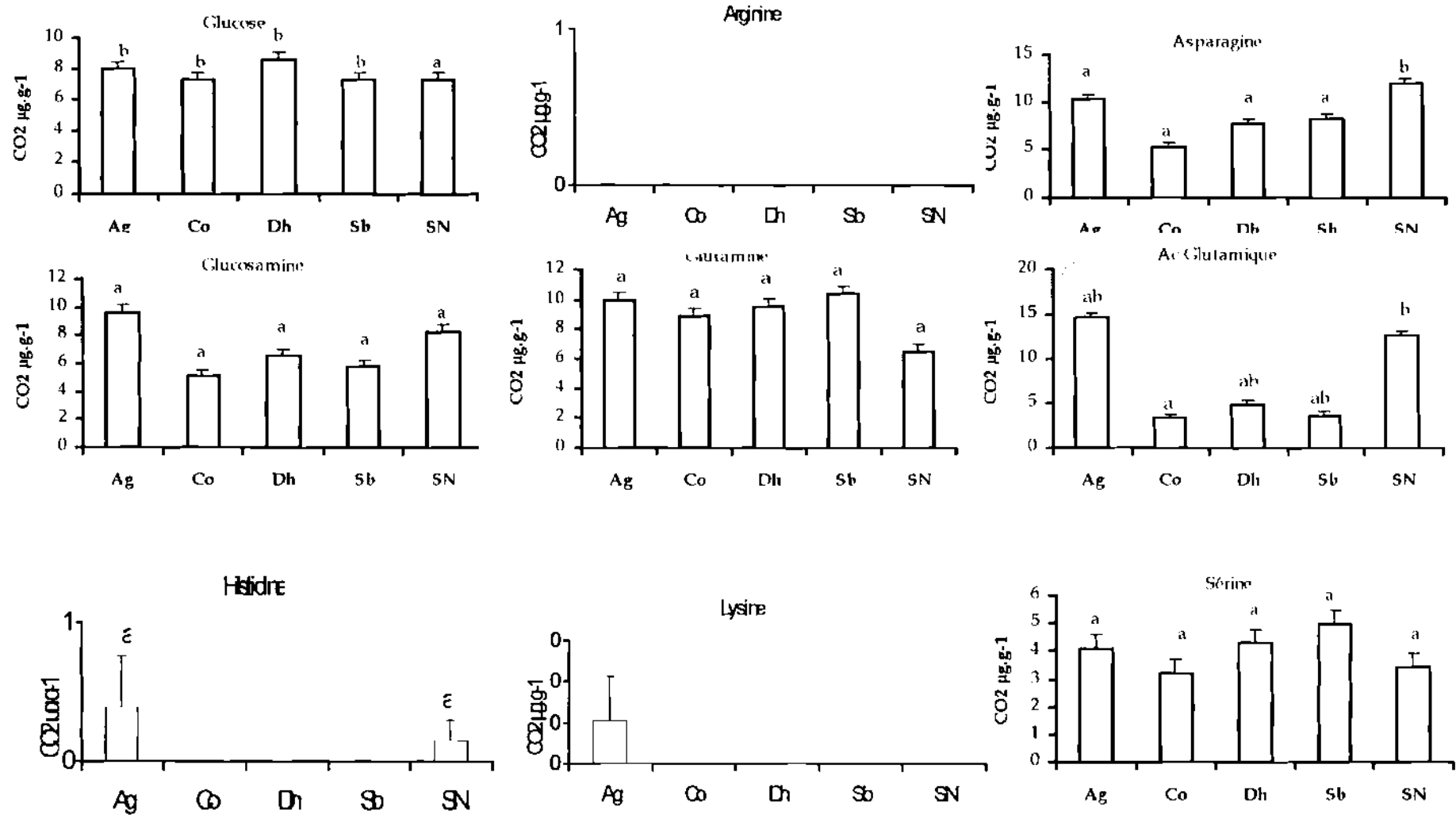


Figure 19-a : CO₂ dégagé en présence de substrats organiques sur des sols prélevés sous les différentes plantes herbacées.

Co : *Crotalaria ochroleuca*, Ag: *Andropogon gayanus*, Dh: *Digitaria horizontalis*, Sb : *Sorghum bicolor*, SN: sol nu. Les courbes portant-les même lettres ne sont pas significativement différentes.

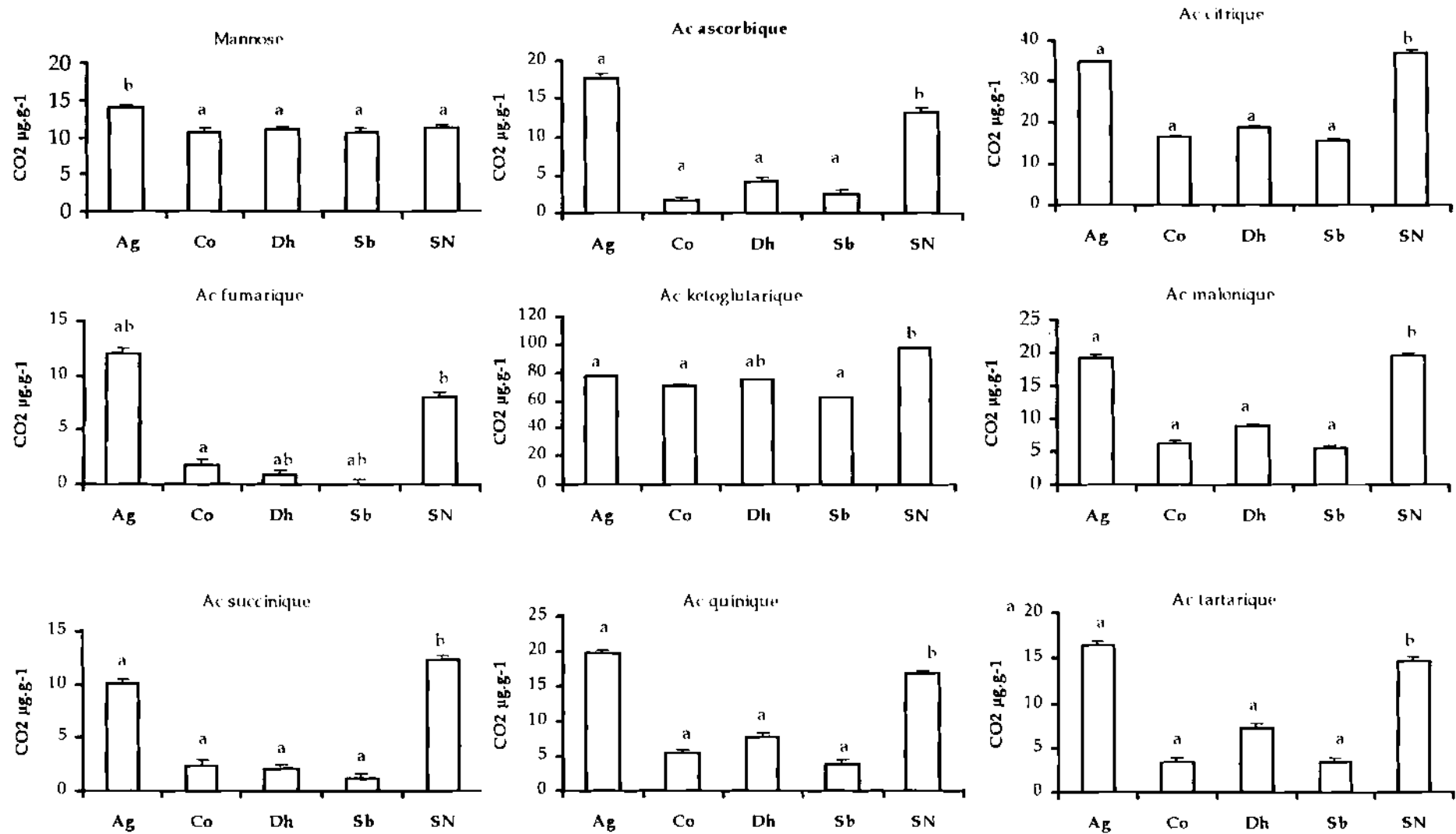


Figure 19-b : CO₂ dégagé en présence de substrats organiques sur des sols prélevés sous les différentes plantes herbacées.

Co :Crotalaria ochroleuca,Ag: Andropogon gayanus, Dh: Digitaria horizontalis, Sb : Sorghum bicolor, SN: sol nu. Les courbes portant-les même lettres ne sont pas significativement différentes.

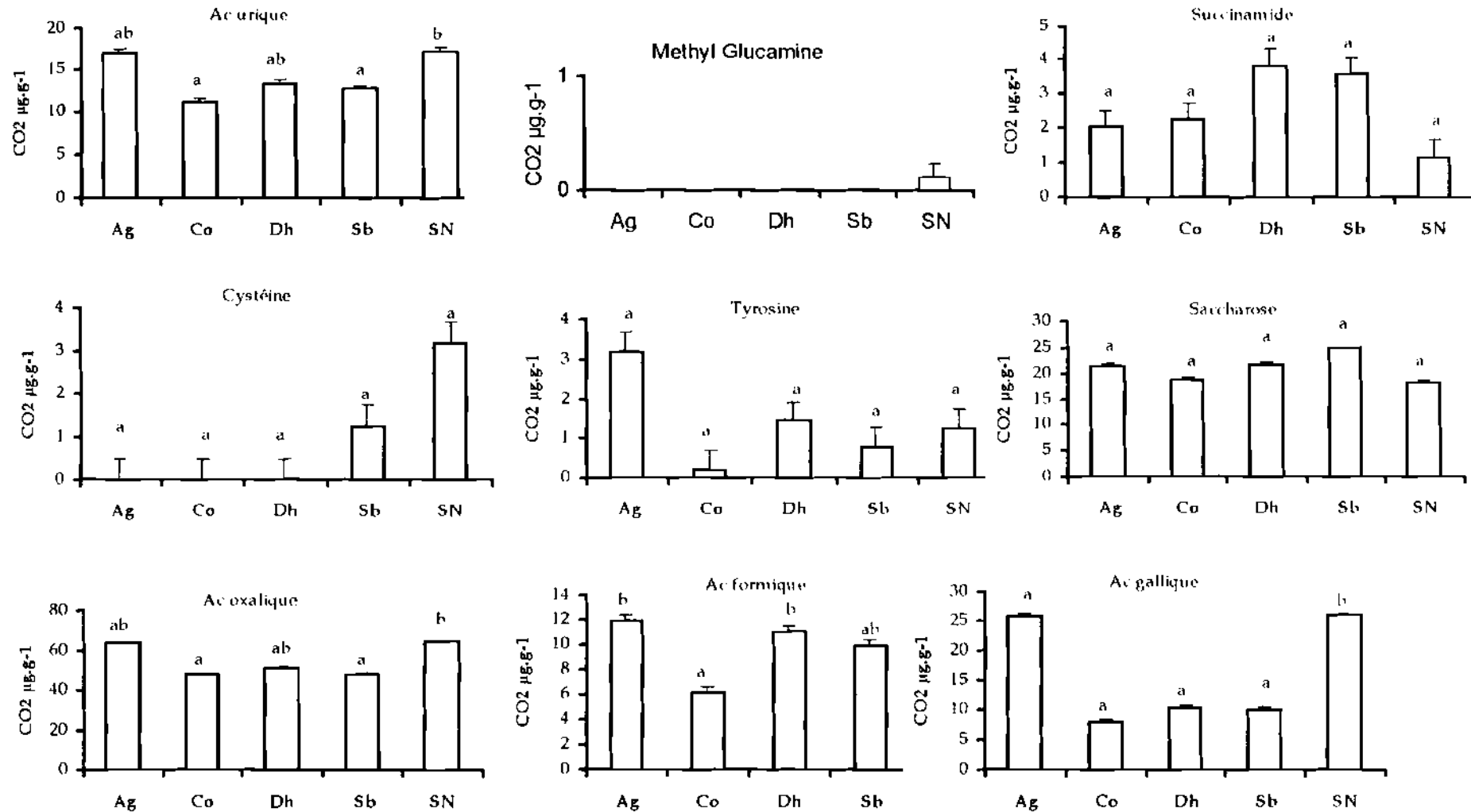


Figure 19-c : CO₂ dégagé en présence de substrats organiques sur des sols prélevés sous les différentes plantes herbacées.

Co : *Crotalaria ochroleuca*, Ag: *Andropogon gayanus*, Dh: *Digitaria horizontalis*, Sb : *Sorghum bicolor*, SN: sol nu. Les courbes portant-les même lettres ne sont pas significativement différentes.

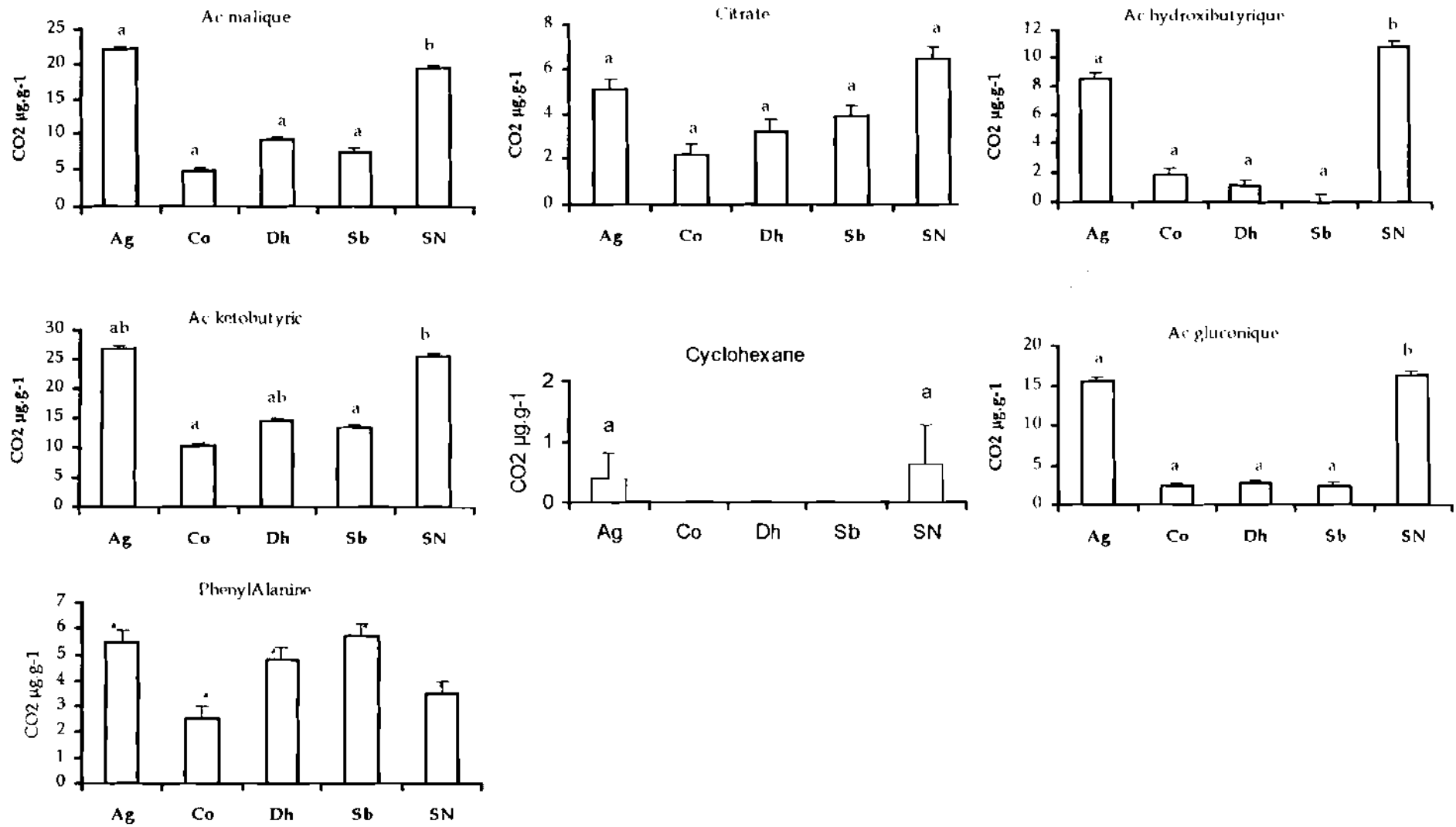


Figure 19-d : CO₂ dégagé en présence de substrats organiques sur des sols prélevés sous les différentes plantes herbacées.

Co :Crotalaria ochroleuca,Ag: Andropogon gayanus, Dh: Digitaria horizontalis, Sb : Sorghum bicolor, SN: sol nu. Les courbes portant-les même lettres ne sont pas significativement différentes.

3-4-2 Diversité catabolique

La diversité catabolique sera évaluée à travers d'une part la richesse catabolique et d'autre part les indices d'équitabilité de Simpson-Yule et de Shannon.

3-4-2-1 Richesse catabolique

La richesse catabolique est le nombre de substrats qui ont induit une respiration significativement supérieure à celle obtenue en absence de substrat. L'analyse de variance ne montre pas de différence significative entre les moyennes (Tableau 4). Une forte variabilité sur les parcelles de Co et Ag ne permet de décider d'une différence significative entre les traitements sur cet indicateur de diversité catabolique (figure 21).

Tableau 4 : Richesse catabolique des différents traitements

Traitement	Richesse Catabolique	
	Moyenne	Ecartype
Ag	23.0	4.4
Co	18.3	5.5
Dh	26.0	1.0
Sb	21.7	2.5
SN	28.7	1.2

NB : Co : *Crotalaria ochroleuca*, Ag: *Andropogon gayanus*, Dh: *Digitaria horizontalis*, Sb : *Sorghum bicolor*, SN: sol nu

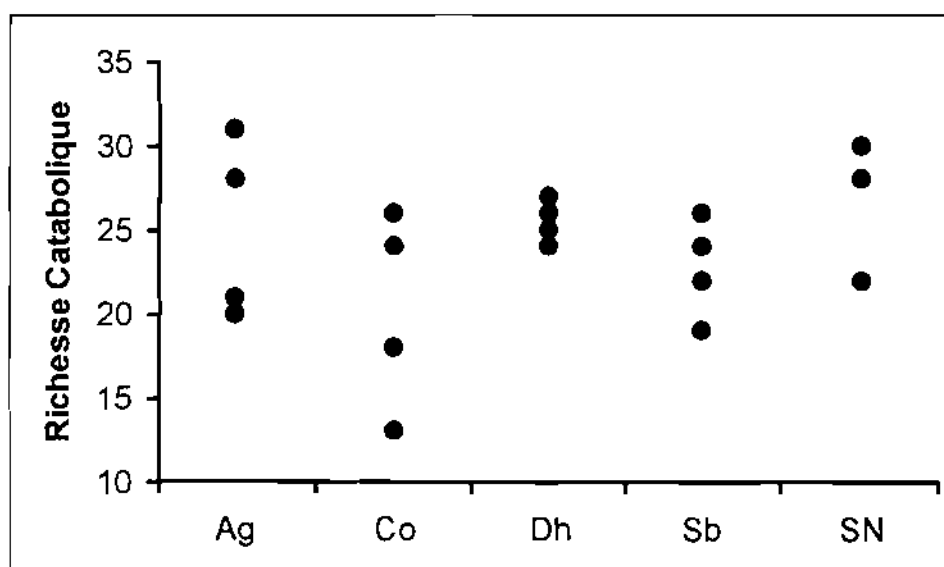


Figure 21 Richesse catabolique pour les différents traitements.

Chaque point représente une parcelle. Co : *Crotalaria ochroleuca*, Ag: *Andropogon gayanus*, Dh: *Digitaria horizontalis*, Sb : *Sorghum bicolor*, SN: sol nu

3-4-2-2 Indice de simpson-yule

Le tableau 5 présente les moyennes des indices de Simpson–yule (annexe 3), ainsi que les résultats de l'analyse de variance.

L'indice d'équitabilité de Simpson est plus élevée sur les parcelles SN significativement différent des parcelles Co et Sb. Les parcelles Dh et Ag se plaçant en situation intermédiaire sur cet indice (tableau 4).

Tableau 5 : Analyse de variance sur les indices de Simpson-Yule. Co : *Crotalaria ochroleuca*, Ag: *Andropogon gayanus*, Dh: *Digitaria horizontalis*, Sb : *Sorghum bicolor*, SN: sol nu

Traitements	Moyenne	Comparaison des moyennes*		
Co	6,64	A		
Sb	9,15	A	B	
Dh	10,13	A	B	C
Ag	10,15		B	C
SN	12,58			C

* Les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents

3-4-2-3 Indice de Shannon

L'indice de Shannon (annexe 3) présente les mêmes résultats avec la moyenne la plus faible pour les parcelles Co et significativement plus élevée pour les parcelles SN (tableau 6).

Tableau 6 : Analyse de variance sur les indices de Shannon. Co : *Crotalaria ochroleuca*, Ag: *Andropogon gayanus*, Dh: *Digitaria horizontalis*, Sb : *Sorghum bicolor*, SN: sol nu

Traitements	Moyenne	Comparaison des moyennes*		
Co	2,28	A		
Sb	2,59	A		B
Dh	2,66	A		B
Ag	2,76			B
SN	2,89			B

* Les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents

CHAPITRE IV DISCUSSION DES RESULTATS

4-1 IMPACT DES DIFFERENTES HERBACEES SUR LA FERTILITE CHIMIQUE DU SOL

Les teneurs en matières organiques des sols sur le site expérimental de Kamboinsé sont faibles dans leur ensemble. En revanche, les teneurs en P sont relativement élevées par rapport à de nombreux sols de la région.

Les résultats sur la matière organique et le phosphore ne montrent cependant pas, de différence significative entre les parcelles où une herbacée a été cultivée pendant deux années par rapport à un sol resté nu pendant la même période. L'augmentation du stock de matière organique et de phosphore dans les sols est liée aux quantités de biomasses restituées au sol. L'expérimentation menée à Komboinsé vise à montrer l'effet rhizosphérique des différentes herbacées. L'ensemble des biomasses aériennes produites a donc été exporté pour ne conserver que l'effet des racines. De plus, d'après le modèle exponentiel d'augmentation de la matière organique des sols de Nye et Greenland (1960), la remontée d'un sol en matière organique est déterminée non seulement pas les quantités apportées mais également par le niveau d'équilibre de ce sol. Plus on est proche de ce niveau plus il sera difficile d'observer une augmentation du carbone dans les sols. Ces sols ont une capacité de stockage très faible en matière organique correspondant à un seuil d'équilibre relativement bas ; ceci explique également la non observation d'une augmentation de matière organique. Le phosphore se trouvant essentiellement sous forme organique dans les sols tropicaux (Morel, 1989), la dynamique de cet élément est lié à celle des matières organiques du sol.

4-2 IMPACT DES HERBACEES SUR AZOTE MINERAL DES SOLS

Les nitrates dans un sol sont produits par la nitrification, processus biologique de transformation des ions ammonium eux même issus de la minéralisation des composés organiques du sol. Des processus inverses peuvent également intervenir comme la dénitrification modifiant le bilan net en nitrate. Dans les essais que nous avons suivis, les teneurs en ammonium sont supérieures aux teneurs en nitrate ce qui indiquerait de mauvaises conditions de nitrification (Morel, 1989). En effet, ces sols sont relativement argileux et peu profonds propice à des conditions anaérobies liées à un engorgement excessif pendant la saison pluvieuse. Cependant, la somme des nitrates et des ammonium a tendance à être supérieure dans les parcelles avec *Crotalaria oechroleuca*

(trois blocs sur quatre montrent une augmentation de l'azote minéral sur ce traitement). La présence de nombreux nodules indique que la crotalaire a pu à travers la symbiose fixer de l'azote atmosphérique. Cet azote se retrouve dans le sol à travers la minéralisation des exsudats racinaires et des tissus végétaux (racines) enrichis en azote, confirmant ainsi le rôle primordial des légumineuses dans le cycle de l'azote (Giller *et al.*, 1997).

Crotalaria ochroleuca est une espèce qui pousse tout droit et peut atteindre une hauteur de 1,8 mètres. Il est également reconnu pour ses fortes nodulations et par la couleur mauve de ses nodules, signe révélateur de leur pouvoir de fixation de l'azote. A la différence donc des autres herbacées, *Crotalaria ochroleuca* est une légumineuse vigoureuse fixatrice d'azote. Les travaux de Samba *et al.* (2002) sur diverses espèces de crotalaire, ont montré que l'espèce *ochroleuca* aurait accumulé une quantité plus importante d'azote que les autres espèces. Cette légumineuse de par sa capacité fixatrice de l'azote mettrait à la disposition des microorganismes une quantité suffisante d'azote, réduisant ainsi la concurrence pour cet élément entre les racines et les microorganismes. *Crotalaria ochroleuca* est une espèce hâtive qui peut accumuler 10 tonnes par hectare de matière sèche après 3 mois de mise en culture. Il est aussi utilisé comme un engrais vert. Gillet *et al.*, op.cit.) indiquent qu'une parcelle précédemment cultivée avec *Crotalaria ochroleuca* peut avoir un effet équivalent à l'apport de 90 kg d'azote à l'hectare. L'importance de la biomasse produite et son utilisation comme engrais vert, supposerait donc une bonne qualité (riche en azote) de la matière organique mise à la disposition des microorganismes.

4-3 IMPACT DES HERBACEES SUR L'ACTIVITE MICROBIENNE

Bon nombre d'études se sont attachées à définir des indicateurs microbiologiques de l'état de fertilité du sol, en raison du rôle évident du compartiment microbien dans les processus de transformation de la matière organique et de libération des nutriments (Dick, 1992 ; Dick et Gupta, 1994 cités par Chotte *et al.*, 2000). L'utilisation du potentiel respiratoire (SIR) pour estimer la biomasse microbienne dans les sols a été indirectement suggéré Drobnik (1960) et Novak (1973) cités par Anderson et Domsch (1978). Cependant aucune de ses études n'a offert une méthode directe de conversion de la réponse respiratoire en biomasse microbienne. Cette méthode reste cependant largement utilisée par de nombreux auteurs pour estimer la biomasse microbienne.

Nos résultats montrent que la plus forte respiration induite par le substrat, est mesurée sur le traitement supportant le crotalaire. La SIR mesurée pour ce traitement est significativement supérieure à celle des traitements « Ag » et « Sn ». Les biomasses microbiennes évaluées correspondent aux valeurs mesurées par différents auteurs en Afrique de l'Ouest (Chotte *et al.*, 2000).

Pour Hiang et Soudi (1995), l'importance et la distribution des microorganismes se font suivant la distribution de la matière organique. Ces auteurs montrent que c'est sous couvert végétal et en présence de matière organique facilement décomposable que l'on a dénombré les populations microbiennes les plus importantes. Aussi, au contact des racines de plantes et se nourrissant de leurs exsudats, les microorganismes sont plus nombreux que dans le sol avoisinant. Ceci expliquerait une plus faible biomasse microbienne dans le sol resté sans couverture végétale pendant deux années.

L'effet positif de *Crotalaria* sur la biomasse microbienne est à mettre en relation avec la qualité des substrats organiques fournis par les légumineuses que ce soit au niveau des exsudats racinaires ou des tissus morts issus de la plantes (Dommergues, 1995). L'azote étant un élément limitant de la croissance microbienne (Paul et Clark, 1996), l'apport de substrats organiques plus riches en azote peut expliquer une activité microbienne plus importante.

Andropogon gayanus semble avoir un effet dépressif sur la biomasse microbienne comparé aux autres cultures. L'importance de son système racinaire relativement aux autres espèces peut imposer une concurrence accrue sur les éléments nutritifs entre la plante et la biomasse microbienne (Abbadie *et al.*, 1992). Cette concurrence se ferait au dépend des microorganismes.

Autant la biomasse microbienne se différencie les unes des autres, il en est également pour la diversité des communautés microbiennes du sol.

4-4 EFFET DES DIFFERENTES HERBACEES SUR LA DIVERSITE FONCTIONNELLE CATABOLIQUE DES MICROORGANISMES

L'étude de la richesse catabolique a révélé qu'au moins 60% des 34 substrats organiques administrés au sol ont été dégradés. Le sol nu (Sn) se démarquant avec la plus forte richesse pour 27 substrats dégradés, soit 79% par rapport aux parcelles avec herbacées.

MENTION ASSEZ-BIEN

La diversité appréciée par l'indice de Shannon, nous permet de ranger la diversité catabolique des communautés microbiennes de la façon suivante : SN>Dh>Ag>Sb>Co. L'analyse statistique a également révélé une différence significative entre les traitements « SN » et « Dh » d'une part et le traitement « Co » d'autre part. Les deux premiers étant significativement supérieurs au traitement « Co ». Etant donné que l'indice de Shannon est plus influencé par les espèces rares, il semblerait alors que la différence de diversité entre les deux groupes de traitements est surtout due à une chute de diversité fonctionnelle au niveau des communautés microbiennes rares dans le sol ayant supporté le traitement « Co ». Dans l'ensemble, nos trois indices nous indiquent finalement la même chose, à savoir que Sn présente la grande diversité catabolique mais « Sb » et surtout « Co » la plus faible.

L'étude des indices d'équitabilité nous permet de renforcer cette hypothèse ou de confirmer nos résultats. En effet, selon l'indice de Simpson-Yule la diversité fonctionnelle catabolique des communautés microbiennes hétérotrophes se classe comme suit : SN>Ag>Dh>Sb>Co. La différence significative (Tableau 4) entre le traitement « SN » d'une part et les traitements « Sb » et « Co » d'autre part, laisse voir une incidence négative de ces herbacées sur la diversité microbienne des deux derniers traitements. L'indice de Simpson-Yule étant influencé par les espèces les plus abondantes et dominantes du milieu, nous permet donc de dire que les traitements « Sb » et « Co » auraient donc entraîné une chute de ces groupes fonctionnels d'espèces microbiennes.

Ces résultats confirment l'effet de la rhizosphère sur le fonctionnement microbien des sols (Hooper *et al.*, 2000). Les communautés microbiennes apparaissent moins diverses d'un point de vue catabolique sur les parcelles qui ont subi l'influence d'herbacées et plus particulièrement de légumineuses.

D'une manière générale, l'effet des différentes herbacées sur la diversité fonctionnelle des groupes microbiens autotrophes, selon nos résultats, est négatif. Selon, Hooper *et al.* (2000), l'interaction entre l'influence des plantes et la diversité microbienne peut-être positive, négative ou nulle ; d'où la complexité de la mise en place d'un mécanisme unique et claire dans l'estimation de la diversité microbienne, car plusieurs facteurs interviennent et divers niveaux de considérations sont à prendre en compte. Pour Borga *et al.* (1994), l'activité microbienne et la diversité fonctionnelle diffèrent dans les différentes rhizosphères dominées par les différentes plantes. Ces résultats nous permettent donc de dire que nos différentes herbacées en particulier

l'Andropogon et surtout le Crotalaire, ont une interaction négative avec la diversité microbienne du sol. Ceci semble indiquer que ces plantes modifient les équilibres entre les différents groupes microbiens. Des groupes microbiens dominants semblent apparaître. Ces groupes apparaissent différents en fonction des espèces : les parcelles avec Crotalaire (Co) se distinguent sur l'ACP des parcelles avec Andropogon (Ag). Les travaux de Melany *et al.* (2003) ont montré que les microorganismes sous prairie métabolisent moins facilement les carbohydrates que ceux de couverts forestiers ; mais dégraderaient plus aisément les acides aminés et les acides carboxyliques. Nos résultats corroborent ceux de Mélanly *et al.* (2003), où nos substrats sont différemment dégradés, avec une meilleure dégradabilité pour les acides carboxyliques. Il ressort donc que les groupes fonctionnels spécifiés à dégrader les acides carboxyliques sont de loin, moins affectés par nos différentes herbacées.

La différence dans la composition fonctionnelle microbienne proviendrait de la diversité du substrat carbone mis à la disposition de la microflore par les plantes (Grayton *et al.*, 1998 ; Broughton et Gross, 2000 ; Grayton *et al.*, 2001 ; Mélanly *et al.*, 2003). Selon ces auteurs, la diversité des espèces végétales influence directement la diversité du substrat carbone d'où une diversité microbienne. Pour Updegraff *et al.* (1995), les substrats contenant des acides solubles (cellulose) tendent à se métaboliser plus facilement que les acides insolubles (tannins, lignines). Lynch et Whipps (1990) stipulent que les microorganismes dans le sol sont limités dans leur diversité par le carbone, et que la matière organique a une grande influence sur les populations microbiennes. La variabilité des composés organiques libérés par les plantes est un facteur clé influençant la diversité des microorganismes dans la rhizosphère de différentes espèces végétales (Bowen et Rovira, 1991 ; Bolton *et al.*, 1992).

Les exsudats racinaires augmentent également la disponibilité des nutriments (Grayston *et al.*, 1996). Pour Curl et Truelove (1986), Bowen et Rovira (1991). Les différences de substrats exsudés par les espèces végétales affectent la composition rhizosphérique de la population microbienne. Grayston *et al.* (1994 a, b) ont montré qu'il existe des différences quantitatives et qualitatives au sein des microorganismes présents dans la rhizosphère de différentes espèces végétales. En effet, la légumineuse *Crotalaria ochroleuca* de par son pouvoir fixateur de l'azote atmosphérique exsuderait des substrats (différents de ceux exsudés par les autres herbacées) facilement dégradables par une minorité spécifique de microorganismes rhizosphériques.

Les espèces végétales ont une influence majeure sélective sur les communautés microbiennes rhizosphériques (Christie *et al.*, 1978 ; Miller *et al.*, 1989 ; Garland, 1996) et cela serait dû à la variation qualitative et quantitative en carbone que ces plantes libèrent, comme les rhizodépositions (Rovira, 1959; Grayston et Campbell, 1996 ; Grayston *et al.*, 1998).

La structure de la population microbienne et le potentiel métabolique ne sont pas influencés par le milieu (Grayston *et al.*, 1996). Ces auteurs ont montré que la communauté microbienne dans les rhizosphères de *Trifolium*, *Lolium*, *Holcus* et *Triticum* sur deux sols différents était influencée par les seules espèces végétales.

4-2 IMPACT DES HERBACEES SUR LE COMPORTEMENT EN VASE DE VEGETATION.

Les résultats sur la croissance du *Crotalaire* n'ont pas révélé de différence significative entre les sols des différents traitements. L'allure de croissance pour tous les traitements est quasiment le même. En effet, aussi bien que pour les premiers jours de mesures et les derniers jours de mesures, les hauteurs pour les plants de *Crotalaria ochroleuca* n'ont pas présenté de différence significative pour les différents traitements. Une observation ne permettait évidemment pas de faire des différences entre les différents traitements. Cela pourrait s'expliquer par les qualités intrinsèques de *Crotalaria ochroleuca* à fixer l'azote atmosphérique, assurant ainsi une croissance de la croissance de la plante, indépendamment du précédent culturale.

On peut toutefois dire que la modification des communautés microbiennes n'a pas eu d'incidence directe sur la croissance d'une plante. Il est cependant nécessaire de tester ces sols avec d'autres espèces. Par ailleurs, l'objectif pour la suite des travaux est de tester ces différents sols dont la communauté microbienne est différente sur certaines fonctions du système sol à savoir la minéralisation des matières organiques ou la solubilisation des minéraux tel que les phosphates naturels.

Conclusion générale

Les sols burkinabé connaissent le plus souvent une dégradation sans précédent, suite à une mauvaise restitution des résidus de culture et aussi à une surexploitation accrue. Ses conditions auxquelles ils sont soumis accélèrent la dégradation des propriétés physico-chimiques de ces sols occasionnant ainsi une baisse des rendements.

Les résultats de nos travaux n'ont pas révélé d'incidence de nos différents traitements sur les composantes organiques et chimiques du sol, comparativement au traitement témoin qu'est le sol nu (SN). En effet, pour les éléments dosés (carbone total, azote total, rapport C/N, phosphore total et phosphore assimilable), aucune différence significative n'a été observée par rapport au sol nu.

La principale cause serait due au fait qu'en deux ans de culture, il est difficile que ces herbacées aient une incidence sur le statut chimique du sol ; également, la quasi totale exportation (donc l'absence de restitution organique au sol), serait également une explication.

Pour ce qui est de la biologie du sol, la biomasse microbienne du sol mesurée par la SIR, est fortement influencée par le type de végétation supportée par le sol. Cette différence s'est traduite par une biomasse microbienne plus importante sous le traitement « Co » et la plus faible sur le traitement « Sn ». De même, les résultats sur l'appréciation de la diversité fonctionnelle des communautés microbiennes du sol sont significativement différents entre les différents traitements. Les différents indices (richesse catabolique, indice de Simpson-yule et indice de Shannon) utilisés pour apprécier cette diversité microbienne nous ont révélé une plus grande diversité microbienne sur le traitement sol nu, et une plus faible diversité microbienne sur le traitement « Sb » et surtout sur le traitement « Co ». Ces travaux nous permettent donc de comprendre que les pratiques culturales et le type de culture employé, influencent d'une manière ou d'une autre les communautés biologiques et microbiologiques des sols. Connaissant le rôle joué par la communauté vivante du sol pour l'agriculture, la prise en compte de cet impact permettrait de garantir une gestion durable de la fertilité de nos sols et d'asseoir donc une agriculture durable.

Ayant démontré l'impact spécifique des herbacées sur la diversité microbienne des sols, des recherches supplémentaires sont nécessaires et doivent consister :

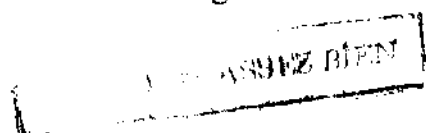
- à déterminer plus précisément les groupes microbiens dominants sous les différentes herbacées ;

- à évaluer l'impact des modifications sur les fonctions de minéralisation des matières organiques ainsi que sur les capacités de solubilisation des roches minérales comme le phosphate naturel.
- si possible, caractériser la nature des substrats libérés et mis à la disposition des organismes du sol, afin d'identifier les substrats affectant les différents groupes microbiens spécifiques.

Par ailleurs, l'objectif est d'améliorer ou de mettre au point des systèmes de culture dans lesquels sont utilisés des plantes améliorantes. Il convient donc de tester des rotations culturales avec différentes plantes telles que les légumineuses ou les graminées pérennes en y associant des amendements organiques ou minéraux, et d'estimer l'impact sur la production d'une plante cultivée.

BIBLIOGRAPHIE

- Abbadie A., Mariotti A. et Merraut J. C., 1992. Independence of savanna grasses from soil organic matter for their nitrogen supply. *Ecology* 73 (2), 608-613.
- Ahn P., 1977. soils factors affecting rainfed agriculture in semi arid regions, with spécial reference to the sahel zone of Africa. In : *Proceeding of an international symposium on rainfed agriculture in semi arid regions*. Riverside, California. (Ed. Glen H), pp128-165.
- Amboutta J.M.K., Moussa I.B et Ousmane S.D., 1999. Réhabilitation de la jachère dégradée par la technique du paillage et du zaï au sahel. In : *La jachère en Afrique tropicale*, Ch. Floret, R. Pontanier. Ed. John Libbey Eurotext, Paris 2000. pp. 751-759.
- Azotonde A. H., Feller C., Ganry F et Remy J. C., 1998. Le Macuna et la dégradation des propriétés d'un sol au sud Benin. *Agriculture et Développement* n°18:pp.55-62
- Bado B. V., 1989. Les contributions en azote des légumineuses et des amendements organiques : une évaluation quantitative par le ¹⁵N. séminaire de thèse de doctorat (phD). Département des Sols et Génie Agroalimentaire. Université de Laval.
- Benoît D et Pastor M., 1997. Manuel de technologie de conservation des eaux et sols au sahel. CILSS, PRECONS, Ouagadougou, 47p.
- Benoît D. et Pastor M, 1992. Manuel des techniques de conservation des eaux et des sols (CES) au Sahel . CILSS; PRECONS, 345 p.
- Bertrand R et Gigou J., 2000. La fertilité des sols tropicaux. Editions Maisonneuve et Loroze.397p.
- Bolton H., Frederickson J., K. and Eilliott L., F., 1992. Microbial ecology of the rhizosphère. In *Soil Microbial Ecology* (F. B. Metting, Ed.), Marcel Dekker, New York pp. 27-36.
- Bowen G. D. et Rovira A. D.,1991 : the rhizosphère, the hidden half of the hidden half. In : Y. Waisel A. E and U. Kafkafi (Editors), *Plants Roots- The hidden half*. Marcel-Dekker, New York, pp. 641-649
- Broughton L. C et Gross K. L., 2000 : Patterns of diversity in plant and soil microbial communities along a productivity gradient in a Michigan oldfield. *Oecologia* 125, 420-427.



- BU.NA.SOLS., 1985 : Etude pédologique de la zone AVV de Fara-Poura.Echelle 1/20000.89p.
- Casenave A. et Valentin C., 1989. Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration, collection didactique, ORSTOM, Paris, France, 230p.
- César J et Coulibaly Z., 1993. Conséquence de l'accroissement démographique sur la qualité de la jachère dans le nord de la Côte d'Ivoire. In : Floret et Serpantié (Eds.), La jachère en Afrique de l'Ouest. Atelier Internationa, Montpellier, France. ORSTOM, pp. 415-434.
- César J., Béchoua R., Olivier R et Coulibaly Z., 2000. Effet améliorant de parkia biglobosa dans les formations anthropiques de la région de Korhogo (RCI). In : La jachère en Afrique tropicale, Ch. Floret, R. Pontanier. Ed. John Libbey Eurotext, Paris 2000. pp : 649-656.
- Chotte J. L et Monrosier L. J., 2000. Habitats microbiens des sols furrugineux sableux en jachère (Sénégal).
- Christie P., Newman E. I., Campbell R., 1978 : The influence of neighbouring grassland plants on each others endomycorrhizas and roots surface microorganisms. Soil Biology & Biochemistry 10, 521-527.
- Curl E. A and Truelove B., 1986 : The rhizosphere. Sspringer, New York, 288p.
- De Ridder N et Van Keullen N., 1990. some aspects of the role of organic matter in sustainable intensified arable farming systems in the west-African semi-arid. Tropics (SAT).Fertiliser Research 26, 299-310.
- Delville L. P., 1996. Gérer les terres dans les pays du sahel. Diagnostique conseil aux paysans. Collection « le point sur », 397p.
- Dick R. P et Gupta V. V. S. R., 1994 : A conceptual model for the role of abiotic enzymes in microbial ecology : a potentiel analogue for soil quality, In Pankhurst et al. (éd., 1994) : pp. 167-168.
- Dick R. P., 1992 : A review : Long terms effects of agricultural system on soil biochemical and microbial parametters. Agriculture, Ecosystem and environnement, n°40 : pp. 25-36.
- Dommergues YR 1995. *Nitrogen fixation by trees in relation to soil nitrogen economy.* *Fertilizer Research* 42,215-230

- Dommergues Y et Mangenot F., 1970. Ecologie microbienne du sol. Edition Masson et Cie. 796 .p.
- Dommergues Y., 1956. Sixième congrès inter. Sci. Sol, Paris, C, 381-387.
- Duchaufour P., 1983. Pédogénèse et classification. Masson, Paris (FRA), 491 p.
- Dunfield., 2001. Diversité microbienne associée au Canola génétiquement modifié. In, Biotechnologie des plantes et sécurité environnementale, Extrait des présentations de la conférence de l' IAOT&B, Bulletin IBP, N° 3.
- Dupriez H et Leener Ph., 1987. Jardins et vergers d'Afrique. Dakar (SEN), 354 p.
- FAO, 1998. Current World Fertilizer Situation and Outlook 1996/1997- 2002/2003. Food and Agricultural Organisation, Rome.
- Feller C., 1994. La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1:1. recherche de compartiment organiques fonctionnels. Une approche granulométrique. Thèse de doctorat-es-Science naturelles. Edd. ORSTOM, 393p.
- Feller C., Fritsch E., Poss R., et Valentin C., 1991. Effet de la texture sur le stockage et la dynamique des matières organiques de quelques sols ferrugineux et ferralitiques (Afrique de l'Ouest en particulier). Cah. ORSTOM, ser. Pédol. Vol XXVI, n°1 : 25-36.
- Fournier A, Serpenté G., Delhoum J. P et Gattelier R., 2000. Rôle des jachère sur les écoulements de surface et de l'érosion en zone soudanienne du Burkina Faso. Application à l'aménagement des versants. In : La jachère en Afrique tropicale, Ch. Floret, R. Pontanier. Ed. John Libbey Eurotext, Paris 2000.199p+ annexes.
- Garland J. L., 1996 : Patterns of potential Csource utilisation by rhizosphere communities. Soil Biuology & Biochemistry 28, 223-230.
- Giller KE Cadisch G Ehalotis C Adams E Sakala WD & Mafongoya PL 1997. Building soil nitrogen capital in Africa. In: Replenishing Soil Fertility in Africa, eds RJ BureshPA Sanchez & F Calhoun, Soil Science Society of America Madison, Wisconsin pp 151-192
- Gorria M., 2002 : Mesure de la diversité fonctionnelle catabolique des communautés microbiennes hétérotrophes de sols tropicaux. Rapp. Stage.
- Grayston S. J and Campbell C. D., 1996 :Functional biodiversity of microbial communities in the rhizosphere of hybrid larch (*Larix eurolepis*) and Sitka spruce (*Picea sitchensis*). Tree physiology 16, 1031-1038.

- Grayston S. J. and Campbell C. D., 1996 : Functional biodiversity of microbial communities in the rhizosphere of Hybrid larch (*Larix eurolepis*) and Sitka spruce (*Picea sitchensis*) *Tree Physio.*, in press.
- Grayston S. J., Campbell C. D. and Vaughan D., 1994 a : Microbial diversity in the rhizospheres of different tree species. In : C.E. Pankhurst (Editor), *Soil Biota : Management in Sustainable Farming Systems*. CSIRO Press, Adelaide, Australia, pp. 155-157.
- Grayton S. J., Campbell C. D., Vaughan D and John D., 1994 b :The influence of tree root exudates on microbial diversity in the rhizosphere. Abstract of the 5th Int. Mycol. Congress, Vancouver, Canada, p. 76.
- Grayton S. J., Griffiths G. S., Mawdsley L. L., Campbell C. D., Burdgett R. D., 2001 : Accounting for variability in soil microbial communities of temperate uplands grassland ecosystems. *Soil Biology & Biochemistry* 33, 533-551.
- Grayton S. J., Wang S., Campbell C. D., Edwards A. C., 1998 : Selective influence of plant species on microbial diversity in the rhizosphere. *Soil Biology & Biochemistry* 30, 369-378.
- Greeland D. J., 1986. Effects of organic matter on the properties of some red soils.(Ed. Institute of Soil Science), rapport du symposium international sur Red soils, Academia Sinica, Taipei.
- Greenland D. J., et Nye P. H., 1959. Increase in the carbon and nitrogen contents of tropical soils under natural fallows. *Journal of soil science* 10 (2), 284-299.
- Grimaldi L., Sarrazin M., Chavel A et al., 1993. Effet de la déforestation et des cultures sur les sols argileux d'Amazonie brésilienne. *Cahiers d'agriculture* 2: 36-47.
- Gros A., 1967. Engrais : Guide pratique de la fertilisation. 6^{ième} édition revue et complétée. Paris. Maison Rusteque. 436p.
- Hien V., 1990. Pratiques culturales et évolution de la teneur en azote organique utilisable par les cultures dans un sol ferrallitique du Burkina Faso. Thèse de l'INPL.135p.
- Hoefsloot H., Van Der pol F., Roelevelled I., 1993: Jachères améliorées. Option pour le développement des systèmes de production en Afrique de l'Ouest. Bulletin 333. Institut Royal des Tropiques. Amsterdam Kit développement agricole. 86p.

- Hooper et al., 2000 : Interactions between aboveground and belowground biodiversity in terrestrial ecosystems : patterns mechanisms and feedbacks. *BioScience* 50, 1049-1061.
- Jones M. J et Wild A., 1975. Soils of the west-Africa savanna: The maintenance and improvement of their fertility. Technical Communications, vol 55. CAB (Commonwealth Agricultural Bureaux) Farnham Royal, 246p.
- Jones M. J, 1973. The organic matter content of the savanna soils of West -Africa. *Journal of soils science* 24 (1), 42-53.
- Knosel D., 1959. Z pfl Ernähr. Dung. *Bodenk.*, 85, 56-66
- Latham M., 1997. Crop residues as strategic resources in mixed farming systems in crop residues in sustainable mixed crop. *Livestock farming systems*. pp:181-192.
- Lynch J. M et Whipps J. M., 1990 : Substrate flow in the rhizosphere. *Plant Soil*, 129 : 1-12
- Manley R. et Masse D., 1998. Dynamique du carbone dans le cycle culture-jachère en Afrique de l'Ouest », in Floret et Pontanier (éd., 1998) : pp. 90-104.
- Manley R., 2000. Dynamique de la matière organique à l'échelle d'un terroir agro-pastoral de savane ouest-africaine (sud-sénégal). Thèse de Doct.. ENGREF, Montpellier. 226p.
- Melany C.F., Kristin F. R. et Yavitt J. B. Microbial activity and functional composition among northern peatland ecosystems. *Cornel University*. pp. 591-602.
- Miétton M., 1986. Méthode et efficacité de lutte contre l'érosion hydrique au Burkina Faso. *Cahiers ORSTOM, sér.Pédol.*; vol.XVII, n°2: pp 181-196.
- Miller H. J., Henken G., Van Veen J. A., 1989 : Variation and composition of bacterial populations in the rhizosphere of maize, wheat and grass cultivars. *Canadian Journal of Microbiology* 35, 656-660.
- Milleville P., Grouzis M., Razanaka S. et Razafindrandimby J., 2000. Systèmes de culture sur abattis-brûlis et déterminisme de l'abandon cultural dans une zone semi-aride du Sud-Ouest de Madagascar. In : Floret et Serpantié (Eds.), *La jachère en Afrique de l'Ouest*. Atelier Internationa, Montpellier, France. ORSTOM, pp. 59-72.
- Morel R., 1989: Les sols cultivés. Techniques et documentations, Lavoisier, 337p.

- Morin J., 1993. Soil crusting and seeding in west Africa and possible approaches to improved management in soil tillage in Africa: needs and challenges FAO. Soil Bulletin N°69: pp.95-128.
- Mustin M., 1987. le compost. Gestion de la matière organique. Ed. François Dubusc Paris, 954 p.
- Myers R.J.K., Palm C.A., Cuevas E., Gunatilleke I.U.N., Brossard M., 1994. The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In: Woomer P.L., Swift M.J. (Eds.), The Biological Management of Tropical Soil Fertility. Wiley-Sayce Publication, pp. 81-116.
- Ngaye T., 2000. Influence des techniques de conservation des eaux et des sols sur les propriétés hydrodynamiques des sols et des performances du sorgho en zone soudano-sahélienne : cas des cordons pierreux et des bandes végétatives. Mémoire de fin d'études, UPB, 69p.
- Novak B., 1973 : Ausnutzung biochemischer Teste in der Bodenmikrobiologie. V. Beurteilung der Stabilität der organischen Bodensubstanz. Zentbl. Bakt. Abt. II 128, 499-514.
- Nye P. H et Greenland D. J., 1960. The soil under shifting cultivation., Vol 51. Technical Communication, Farnham Royal, 156p.
- Ouattara B., Serpantié G., Ouattara K., Hien V. et Bilgo A., 2000 :Etats structuraux des sols cultivés et des jachères en zone cotonnière du Burkina Faso. In : Floret et Serpantié (Eds.), La jachère en Afrique de l'Ouest. Atelier Internationa, Montpellier, France. ORSTOM pp :164-170.
- Paul E. A et Clark F. E., 1996. Soil microbiology and biochemistry. Academic Press, San Diego, USA. 340p.
- Peltier R., 1993. Les jachères à composantes ligneuses. Caractérisation, productivité, gestion. In Floret et Serpantié (Eds.), La jachère en Afrique de l'Ouest. Atelier International, Montpellier, France. ORSTOM, 67-87.
- Perry D.A., Amaranthus M.P., Borchers J.G., Borchers S.L., Brainerd R.E., 1989. Bootstrapping in ecosystems. Bioscience 39 (4),230-237.
- Pichot J., 1975. Rôle de la matière organique dans la fertilité du sol. L'agronomie Tropicale 30, pp.170-175.

- Pichot J., Sedogo P. M., Poulain J. F., Arrivets J., 1981. Evolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de fumures minérales et organiques. *Agron. Trop.* 36 (2) : 122-133.
- Piéri C., 1989. Fertilité des savanes. Bilan de trente ans de recherches et de développement agricole au sud du Sahara, Ministère de la coopération ; CIRAD, Paris, 444p.
- Roose E., 1979. Dynamique actuelle de deux sols ferrugineux tropicaux indurés sous sorgho et sous savane soudano-sahélienne : Saria, Haute Volta. Synthèse des campagnes 1971-1974, ORSTOM Adiopodoumé (Côte d'Ivoire), 123p.
- Roose E., 1993. Capacité des jachères à restaurer la fertilité des solspauvres en zone soudano-sahélienne d'Afrique occidentale. In Floret et Serpantié (éd., 1993) :pp233-244.
- Samba R. T., Sylla S. N., Neyra M., Gueye M., Dreyfus B et Ndoye L., 2002. Biological nitrogen fixation in *Crotalaria* species estimated using the ^{15}N isotope dilution method. In. *African Journal of Biotechnology* Vol. 1 (1), pp. 17-22.
- Sebilotte M., 1993. La jachère. Eléments pour une théorie. In Floret et Serpantié. Eds. La jachère en Afrique de l'Ouest. Paris ORSTOM. Colloques et Séminaires : 89-111.
- Sédogo M. P., 1981. Contribution à la valorisation des résidus de culture en sols ferrugineux et sous climat semi-aride (matière organique du sol et nutrition azotée des cultures). Thèse docteur ingénieur, sciences agronomiques, INPL. 195 p.
- Serpantié G & Somé N. A., 1998. Effets des jachères longues à Andropogonées sur la structure du sol et recherche sur son raccourcissement. Premiers résultats d'essais à Bondoukuy. In Actes du 2^e Frsit, 1998, Ouaga, CNRST.
- Siband P., 1974. Evolution des caractères et de la fertilité d'un sol rouge de Casamance. *L'Agronomie Tropicale* 29 (12), pp.1228-1248.
- Soltner D, 1986. Les bases de la production végétale. Tome 1. le sol 14^{ième} édition : collection sciences et technique, 414p.
- Somé N.A, 1996. Les systèmes écologiques post-cultureux de la zone soudanienne (Burkina-Faso). Structure spatio-temporelle des communautés végétales et évolution des caractères pédologiques. Thèse de Doct. Uni. Pierre et Marie Curie, 212 p.
- Tayeb A. C. H et Persoon A, 1995. Agronomie moderne. Bases physiologique et agronomique de la production végétale. Torino- Hatier, 544p.

- UNDP, 1999. Human Development report. United Nation Development Programme, New York, 262p.
- Vancura V et Hovadik A., 1965 : *Pl-Soil*, 22, 21-22.
- Vlaar J. C., 1992. Les techniques de conservation des eaux et des sols dans les pays du Sahel. Centre-inter-africain d'études hydrauliques (CIEH), Ouagadougou. Université agronomique de Wageningen (UAW), Wageningen, 99 p.
- Yamefack M et Nounamou L., 2000. Dynamique et durée optimale des jachères agricoles au sud cameroun. Dans Floret et Pontanier (éd., 2000). In : Floret et Serpantié (Eds.), *La jachère en Afrique de l'Ouest*. Atelier Internationa, Montpellier, France. ORSTOM, pp. 128-135.
- Young, A., 1976. *Tropical soil and soil survey*. Cambridge University Press.
- Young, A., 1995. *L'agroforesterie pour la conservation du sol*. CTA, Wageningen, 194p
- Zougmore R., Kambou F. N., Ouattara K. et Guillobez S., 1998. L'association culture sorgho niébé pour prévenir le ruissellement et l'érosion dans le sahel au Burkina Faso. In *Plantes de couverture en Afrique de l'Ouest; une contribution à l'agriculgture durable*, Buckles et al. Ed., 1998): pp.217-283.
- Zoungrana I., 1993. Les jachères nord soudanienne du Burkina Faso: analyse de la reconstitution de la végétation herbacée. In Floret et Pontanier. Éd. *La jachère en Afrique de l'Ouest*. Paris ORSTOM. Colloques et Séminaires: 351-357.

Annexes

ANNEXE 1 : ANALYSE CHIMIQUE DES ECHANTILLONS DE SOLS SOUS LES DIFFERENTES HERBACEES

N° parcelles	Bloc	Plantes	C-total (g/kg)	MO (%)	N-total (g-N)	C/N	P-total (mg)	P-bray (mg-p/kg)
9	1	Ag	4.21	0.7	0.377	11.2	300.1	15.8
12	2	Ag	3.57	0.6	0.515	6.9	256.1	6.8
20	3	Ag	3.66	0.6	0.267	13.7	394.4	10.4
36	4	Ag	4.28	0.7	0.29	14.8	348.8	15.8
1	1	Co	4.41	0.8	0.452	9.8	350.5	6.5
11	2	Co	3.29	0.6	0.22	14.9	256.1	6.8
24	3	Co	4.05	0.7	0.22	18.4	392.5	12.2
35	4	Co	4.4	0.8	0.285	15.4	343.6	14
2	1	Dh	3.37	0.6	0.383	8.8	304.6	10.4
17	2	Dh	3.6	0.6	0.288	12.5	392.5	14
19	3	Dh	4.02	0.7	0.445	9	571.5	35.5
30	4	Dh	4.01	0.7	0.372	10.8	59.4	10.4
4	1	Sb	4.12	0.7	0.427	9.7	303.1	12.2
13	2	Sb	3.72	0.6	0.311	12	347	6.8
25	3	Sb	3.57	0.6	0.176	20.3	348.8	12.2
34	4	Sb	3.57	0.6	0.901	4	347	10.4
3	1	SN	3.41	0.6	0.404	8.4	303.1	14
18	2	SN	3.71	0.6	0.288	12.9	438	15.8
27	3	SN	3.53	0.6	0.243	14.5	347	19.3
31	4	SN	3.23	0.6	0.218	14.8	343.6	10.4

Annexe 2 a : Respiration induites par les différents traitements en présence des différents substrats, comparée au témoin (eau déminéralisée autoclavée)

BLOC	2	Répétition	n°Tube	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				Glucose	Arginine	Asparagine	Glucosamine	Glutamine	Ac Glutamique	Histidine	Lysine	Sérine	Mannose
1	Ag	1	47	8,37	0,00	11,28	9,01	11,97	13,12	0,00	0,00	3,01	12,90
2	Ag	2	49	7,50	0,00	5,18	3,79	10,23	5,28	0,00	0,00	1,27	16,48
3	Ag	3	54	7,50	0,00	5,28	0,25	8,48	0,00	0,00	0,00	3,01	13,87
4	Ag	4	62	8,37	0,00	19,11	25,55	9,36	40,11	1,53	0,21	9,10	12,23
1	Co	1	43	13,59	0,00	6,92	7,17	13,71	1,80	0,00	0,00	8,23	12,08
2	Co	2	48	4,01	0,00	0,00	3,79	8,48	0,00	0,00	0,00	2,14	8,60
3	Co	3	55	4,88	0,00	6,15	2,04	5,87	1,80	0,00	0,00	1,27	9,52
4	Co	4	61	6,63	0,00	7,79	7,27	7,61	9,64	0,00	0,00	1,27	12,08
1	Dh	1	44	11,85	0,00	12,15	5,43	11,10	7,90	0,00	0,00	1,27	12,13
2	Dh	2	51	8,32	0,00	7,79	4,61	9,31	0,88	0,00	0,00	2,09	10,34
3	Dh	3	53	7,50	0,00	6,15	8,91	9,36	10,51	0,00	0,00	4,75	8,65
4	Dh	4	58	6,63	0,00	5,18	7,27	8,48	0,06	0,00	0,00	9,10	12,33
1	Sb	1	46	4,88	0,00	6,92	3,69	11,10	2,67	0,00	0,00	1,27	9,37
2	Sb	2	50	5,75	0,00	6,92	2,04	12,84	4,41	0,00	0,00	5,62	9,52
3	Sb	3	56	6,63	0,00	6,92	7,27	8,48	7,03	0,00	0,00	2,14	12,13
4	Sb	4	60	11,85	0,00	12,15	9,88	9,36	0,00	0,00	0,00	10,85	11,46
1	SN	1	45	10,11	0,00	13,89	11,52	11,10	5,28	0,00	0,00	2,14	10,39
2	SN	2	52	6,63	0,00	16,60	6,30	4,13	17,47	0,00	0,00	3,88	8,65
3	SN	3	57	4,01	0,00	16,50	11,62	5,00	27,92	0,61	0,00	4,75	12,13
4	SN	4	59	8,37	0,00	0,83	3,79	5,87	0,00	0,00	0,00	3,01	13,15

Annexe 2 b : Respiration induites par les différents traitements en présence des différents substrats, comparée au témoin (eau déminéralisée autoclavée)

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Ac ascorbique	Ac citrique	Ac fumarique	Ac ketoglutarique	Ac malonique	Ac succinique	Ac quinique	Ac tartarique	Ac urique	Methyl Glucamine	PhenylAlanine	Succinamide
8,08	31,02	5,22	101,77	18,38	7,99	17,88	14,72	19,53	0,00	7,64	2,94
0,00	13,60	0,00	31,24	3,63	0,00	1,33	2,38	12,61	0,00	4,16	0,00
0,00	12,73	0,00	47,79	1,02	0,00	2,21	0,00	10,87	0,00	2,42	0,33
62,98	81,47	42,71	129,63	54,08	32,32	57,40	48,58	24,80	0,00	7,64	4,73
0,00	18,83	0,00	73,03	6,24	0,00	7,38	2,53	13,48	0,00	5,03	7,30
0,00	10,12	0,00	62,59	0,00	0,00	0,00	0,00	6,52	0,00	0,00	0,00
0,00	12,73	0,00	67,81	1,02	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,33
6,39	23,08	7,01	80,87	17,56	9,68	14,49	11,14	14,35	0,00	4,98	1,25
3,78	19,70	0,00	72,16	9,73	0,00	7,38	6,89	12,61	0,00	6,77	2,99
8,08	22,26	2,56	87,79	13,98	1,80	11,73	11,09	16,05	0,00	6,72	2,89
3,78	17,96	0,87	76,52	8,86	6,25	6,56	5,92	11,74	0,00	1,55	4,68
1,17	14,47	0,00	63,46	2,76	0,00	5,69	5,05	12,61	0,00	4,11	4,68
3,73	10,99	0,00	50,40	2,76	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	5,03	0,33
0,00	13,55	0,00	54,75	1,89	0,00	0,00	0,00	10,87	0,00	4,16	3,76
0,00	17,96	0,00	66,94	7,99	4,51	8,30	5,92	13,48	0,00	8,52	3,76
6,39	19,70	0,00	78,26	8,86	0,11	7,43	7,66	16,10	0,00	5,03	6,42
9,00	26,66	0,87	85,22	14,95	4,51	13,47	11,24	16,10	0,00	6,77	2,99
15,97	34,50	8,71	106,12	21,05	14,96	19,62	18,11	18,71	0,00	2,42	0,33
28,16	71,94	22,64	148,78	38,46	29,76	30,94	28,55	21,32	0,45	1,55	0,00
0,00	15,34	0,00	49,53	3,63	0,00	3,08	0,69	12,61	0,00	3,24	1,20

Annexe 2 c : Respiration induites par les différents traitements en présence des différents substrats, comparée au témoin (eau déminéralisée autoclavée)

23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Cystéine	Tyrosine	Saccharose	Ac oxalique	Ac formique	Ac gallique	Ac malique	Citrate	Ac hydroxybutyrique	Ac ketobutyric	Cyclohexane	Ac gluconique
0,00	5,11	24,90	71,65	15,14	19,84	20,34	4,70	3,12	28,12	0,00	11,96
0,00	2,50	21,37	45,53	9,87	8,52	3,80	0,00	0,00	7,27	0,00	0,00
0,00	0,00	17,94	38,57	9,91	4,16	4,72	1,22	0,00	7,27	0,00	0,00
0,00	5,11	21,42	97,72	12,48	70,34	59,57	14,38	30,83	64,74	1,66	50,22
0,00	0,76	20,55	49,02	7,25	7,65	3,85	6,44	0,00	8,14	0,00	2,38
0,00	0,00	15,33	35,09	2,03	0,00	0,00	2,17	0,00	4,66	0,00	0,00
0,00	0,00	18,81	42,87	6,38	4,16	2,11	0,00	0,00	8,14	0,00	0,00
0,00	0,00	20,50	63,77	9,04	19,84	13,43	0,00	7,38	20,28	0,00	6,69
0,00	0,81	22,34	55,11	8,99	12,00	9,07	7,31	0,00	17,72	0,00	4,95
0,00	0,71	27,47	49,84	15,04	12,82	9,84	0,00	1,23	19,36	0,00	5,87
0,00	3,42	18,81	55,11	7,30	8,52	11,63	0,00	3,07	13,37	0,00	0,00
0,00	0,76	17,94	44,61	12,53	7,65	6,46	5,62	0,00	7,27	0,00	0,00
0,00	0,76	20,50	44,61	8,17	7,65	5,59	1,22	0,00	6,40	0,00	0,00
0,00	0,00	20,55	42,05	9,04	5,91	4,67	0,00	0,00	9,01	0,00	0,00
0,00	0,76	20,55	44,61	8,99	13,74	9,94	0,00	0,00	18,54	0,00	2,33
4,94	1,63	37,96	60,29	13,35	12,87	9,94	14,38	0,00	19,46	0,00	7,46
0,00	2,55	24,85	55,06	10,74	16,35	14,30	12,54	0,36	18,59	0,00	9,35
0,00	0,81	10,97	75,14	12,53	25,06	24,69	0,40	11,78	27,30	0,00	18,01
0,00	1,63	17,07	82,05	9,04	53,79	30,84	8,23	30,93	47,32	2,58	38,03
12,68	0,00	19,68	43,74	8,17	8,52	7,33	4,80	0,00	8,96	0,00	0,00

ANNEXE 3 : Indices de Simpson_Yule et de Shannon des 20 traitements

N° Parcelles	BLOC	PLANTE	Répétition	indice de SIMPSON-YULE	Indice de SHANNON(H)
5	1	Ag	1	12.17	2.91
7	2	Ag	2	10.21	2.63
12	3	Ag	3	8.07	2.43
20	4	Ag	4	17.52	3.05
1	1	Co	1	9.39	2.68
6	2	Co	2	4.77	1.97
13	3	Co	3	5.75	2.18
19	4	Co	4	11.46	2.84
2	1	Dh	1	10.73	2.78
9	2	Dh	2	10.14	2.75
11	3	Dh	3	9.52	2.74
16	4	Dh	4	9.32	2.66
4	1	Sb	1	8.31	2.52
8	2	Sb	2	8.42	2.50
14	3	Sb	3	10.73	2.76
18	4	Sb	4	11.66	2.83
3	1	SN	1	12.26	2.90
10	2	SN	2	11.91	2.85
15	3	SN	3	13.59	2.92

MENTION ASSEZ-BIEN