

**THESE DE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE PIERRE ET MARIE
CURIE
spécialité
ÉCOLOGIE**

**présentée par
Irène Marie Cécile
MBOUKOU-KIMBATSA**

**pour obtenir le titre de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS VI P. ET M. CURIE
SPÉCIALITÉ : ÉCOLOGIE**

TITRE

**LES MACROINVERTÉBRÉS DU SOL DANS DIFFÉRENTS SYSTÈMES
D'AGRICULTURE AU CONGO : CAS PARTICULIER DE DEUX
SYSTEMES TRADITIONNELS (ÉCOBUAGE ET BRÛLIS) DANS LA
VALLÉE DU NIARI**

Soutenue le 05 Juin 1997 devant le jury composé de :

P. LAVELLE	Président
C. ROULAND	Rapporteur
R. SCHAEFER	Rapporteur
F. REVERSAT	Examineur
B. DENIS	Examineur
S. MARTIN	Examineur

Fonds Documentaire ORSTOM
Cote : A * 16 0 10 Ex : 1

A Victor l'élue de mon coeur, qui m'a poussé dans cette belle aventure,

A Lolo, que j'ai été obligée d'abandonner pour réaliser ce travail,

*A Maurice, qui m'a fait découvrir la pratique des "maalas" (écobuage) et sans
qui le travail sur le terrain n'aurait pu être mené à bien,*

A ma maman chérie qui m'a tout donné,

*A mes frères, soeurs, neveux, nièces, oncles, tantes, et grands oncles pour
votre soutien,*

*A la famille Ndouane, pour m'avoir permis de "faire des trous"
dans leurs champs*

A ma belle famille, dont le soutien moral n'a jamais failli,

A Dominique une vraie amie, merci pour tout,

A la mémoire de mon père, de mes grands parents et de mes soeurs.

A tous mes ami (e)s,

Ce travail vous est tous dédié.

RESUME

La pratique d'écobuage, appelée "maala" en langue locale Bembé, est l'un des nombreux systèmes de culture traditionnels pratiqués dans la Vallée du Niari, dans le Sud-Ouest du Congo en Afrique centrale. Ce système consiste à former des buttes de sol, ou de longs billons, dans lesquels les herbes enfouies sont brûlées par étouffement. Cette technique est pratiquée sur des sols ferrallitiques, argileux, désaturés et acides.

On a mesuré dans ce travail l'incidence de cette pratique sur les peuplements de macroinvertébrés en général, et les vers de terre en particulier, et l'influence que ces derniers peuvent avoir sur la structure micromorphologique, les propriétés physico-chimiques de ces sols et la production agricole.

La densité du peuplement de macroinvertébrés du sol dans les divers types d'utilisation traditionnelle du sol de la région varie de 456 à 1907 ind/m²; la biomasse de 16 à 75 g/m². La densité des vers de terre varie de 68 à 738 ind/m² et la biomasse de 16 à 50 g/m².

L'enfouissement des débris végétaux permet une recolonisation du milieu par les peuplements de macroinvertébrés, et surtout les vers de terre.

Les transformations provoquées par l'élévation de la température se manifestent par une coagulation des particules argileuses qui est à l'origine de la formation d'agrégats très cohérents et très peu dispersables avec les méthodes classiques. On observe une augmentation des sables grossiers (pseudosables) et une diminution du taux d'argile granulométrique.

L'activité des vers de terre a pour effet visible un certain tassement de ces sols très aérés en profondeur ce qui influe favorablement sur leur capacité à retenir l'eau.

La fraction organique s'appauvrit tandis que l'apport d'éléments minéraux, contenus dans les cendres, provoque une augmentation du pH, des cations échangeables et une saturation du complexe adsorbant. La disponibilité du phosphore augmente également.

Les rendements agricoles sur les cultures de maïs (9,4 T/ha), d'arachide (1,3 T/ha) et de manioc (3,5 T/ha) obtenus dans la parcelle écobuée sont supérieurs à ceux de la parcelle sur brûlis.

La pratique de l'écobuage (*maala*), relativement élaborée, reste la plus performante dans le Sud-Congo.

Mots clés: Afrique centrale, Congo, Vallée du Niari, écobuage (maalas), sol ferrallitique, peuplements, macroinvertébrés, vers de terre, micromorphologie, propriétés physico-chimiques, production agricole.

ABSTRACT

The practice of denshering, called « maala » in the local Bembe language ranges among the numerous systems of traditional farming usually practiced in the Central African Niary Valley in South-Western Congo. This system consists in forming soil mounds or long ridges within which grasses are buried and burnt by suffocation. This technique is practiced on clayed and desaturated ferrallitic soils.

All along the present research the impact of such a mode on the settling of macroinvertebrates in general and of earthworms in particular has been measured as well as the influence the latter may hold on the micromorphologic structure, on these soils physico-chemical properties and on their agricultural production.

Density of the macroinvertebrate population in the different types of traditional landuse ranges from 456 to 1907 ind./m², and biomass from 16 to 75 g/m². The density of earthworms varies from 68 to 738 ind./m² and their biomass from 16 to 50 g/m².

The burying of plant debris allows a recolonization of the environment by the macroinvertebrate population, and that mainly by earthworms.

The transformations resulting from a temperature increase become obvious by the coagulation of clay particles, which is at the origin of the formation of very coherent aggregates, very little dispersable by way of classical methods. One observes an increase in coarse sands (pseudosands) and a decrease in the rate of granulometric clay.

The visible consequence of the earthworms activity is a certain packing of these soils, very well aerated in depth, which bears positive effects on their water-holding capacity.

The organic fraction decreases where as the mineral elements contained in the ashes induce an increase in pH and exchangeable cations, as well as a saturation of the absorbing complex. Phosphorus availability also increases.

The agricultural yield of the corn (9369 kg/ha), peanut (1312 kg/ha) and cassava (3528 kg/ha) cultures is superior in the denshered patch, compared to the patches of burn-baited land.

The practice of denshering (maala), relatively elaborate, remains the most performing in South Congo.

Key words: Central Africa - Congo - Niari Valley - Denshering (écobuage, maalas) - Ferrallitic - Soil - Soil macrofauna - Earthworms - Micromorphology - Soil physical and chemical properties - crop yield.

SOMMAIRE

Résumé et Abstract

Avant propos et remerciements 7

Introduction 10

Première Partie

LA MACROFAUNE DU SOL DANS LES ZONES TROPICALES

(RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES)

CADRE GEOGRAPHIQUE

CHAPITRE I: LES SOLS TROPICAUX ET LA MACROFAUNE

I - LES SOLS TROPICAUX 15

I - 1/ Les sols ferrallitiques 16

I - 2/ Les facteurs biologiques du sol 16

I -3/ La faune du sol et l'environnement écologique 17

II - LA MACROFAUNE DANS LE SOL 20

II - 1/Les invertébrés dans les sols 20

II - 2/Les principaux groupes d'invertébrés 21

II - 2 - 1/Les vers de terre 21

II - 2 - 2/Les termites 29

II - 2 - 3/Les fourmis 33

II - 2 - 4/Les autres (myriapodes, coléoptères, diptères, arachnides,

isopodes)

CHAPITRE II: CADRE GEOGRAPHIQUE

I - LE KOUILOU (JAMET, 1975) 37

I - 1/ Climat 38

I - 2/ Géomorphologie 38

I - 3/ Sol 39

I - 4/ Végétation 39

II - LA BOUENZA - LA VALLÉE DU NIARI	39
II - 1/ Climat	40
II - 2/ Géomorphologie	41
II - 3/ Sol	42
II - 4/ Végétation	43
II - 5/ Faune du sol	43

Deuxième partie

MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE III : MATERIELS

I - LOCALISATION ET CARACTÉRISATION DES SITES D'ETUDES	44
I- 1/Choix et description des sites dans le Kouilou	44
I- 3/Localisation et choix des sites dans la Vallée du Niari (Bouenza)	47

CHAPITRE IV : METHODES

I - / Echantillonnage de la macrofaune du sol	52
- Méthode TSBF "Tropical Soil Biology and Fertility"	
-Principe de la méthode	
II - / Caractérisation analytique des sols	53
- Méthode du cylindre (analyse physique)	
- Micromorphologie	
- Méthode respirométrique (activité biologique)	
III - / Mesure du carbone, de l'azote, du phosphore total et du phosphore assimilable	
IV - / Mesure de la production agricole	55

Troisième partie

CARACTERISATION DES SYSTEMES CULTURAUX SUR LA MACROFAUNE DU SOL ET LES PEUPEMENTS DE VERS DE TERRE DANS LE SUD-OUEST CONGOLAIS

CHAPITRE V : CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES CULTURAUX AU CONGO

I - L'agriculture sur brûlis	57
I - 1/ Calendrier cultural et façonnement des parcelles	59
I - 2/ Exploitation des parcelles	59
II - L'écobuage (Maalas)	60
II -1/ Calendrier cultural et façonnement des parcelles	60
II - 2/ Exploitation des parcelles	62

CHAPITRE VI: PEUPEMENT EN INVERTÉBRÉS DU SOL DE DIVERS ÉCOSYSTÈMES

I - LES PEUPEMENTS DE MACROINVERTEBRES	65
A / ANALYSES EN COMPOSANTES PRINCIPALES	65
B / LES PEUPEMENTS FORESTIERS	70
C / LES PEUPEMENTS DE SAVANES	74
D / LES PEUPEMENTS SOUS CULTURES	75
E / LES PEUPEMENTS SOUS JACHERES	78
II - DISTRIBUTION VERTICALE DES MACROINVERTÉBRÉS DANS LE SOL	79
III - IDENTIFICATION DES DIFFÉRENTES ESPÈCES OU FAMILLE DES PRINCIPAUX GROUPES	80
IV - DISCUSSION ET CONCLUSIONS	80

Quatrième partie

CARACTÈRES DES SOLS DANS LES SYSTEMES ET RENDEMENTS DES PRINCIPALES CULTURES DANS :

Le "Maalas" et le Brûlis

CHAPITRE VII : PROPRIETES PHYSIQUES ET CARACTERISATION MICROMORPHOLOGIQUE

I - PROPRIETES PHYSIQUES	91
1/ Analyse granulométrique	
2/ Densités apparente et réelle des sols	
II - CARACTÉRISATION MICROMORPHOLOGIQUE	94

CHAPITRE VIII: LA MATIERE ORGANIQUE ET L'ACTIVITE BIOLOGIQUE

I - LA MATIERE ORGANIQUE	110
II - L'ACTIVITE BIOLOGIQUE	112
II - 1/ Minéralisation du carbone	
II - 2/ Minéralisation de l'azote	

CHAPITRE IX: LES PROPRIETES CHIMIQUES

I/ Acidité (pH)	117
II/ Phosphore	118
III/ Complexe absorbant	120

CHAPITRE X: RENDEMENTS DES PRINCIPALES CULTURES

I - ARACHIDE	122
II - MAÏS	123
III - MANIOC	124

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Avant- propos et Remerciements

Ce mémoire, qui traite de l'influence des pratiques agricoles sur les peuplements de macroinvertébrés dans le Sud-Ouest du Congo fait appel à trois disciplines majeures : la Zoologie, la Pédologie, et l'Agronomie.

Les conceptions modernes relatives à la formation et à l'évolution des sols tiennent de plus en plus compte du rôle joué par les organismes vivants. Une nouvelle discipline est en plein expansion : l'écologie.

Il y a encore quelques années, l'accent était surtout sur l'activité microbienne jusqu'à ce que quelques précurseurs aient engagé des études sur la faune du sol, en particulier sur son rôle mécanique, physique et chimique dans les sols. La composition et l'activité des populations d'organismes qui vivent dans le sol dépendent des propriétés spécifiques du sol; mais ces organismes exercent, en retour, une action importante qui influence la nature et l'évolution des composés organiques du sol, ainsi que certaines propriétés physiques. Il paraît ainsi indispensable de mener conjointement l'étude physico-chimique et celle des organismes qui y vivent pour comprendre les mécanismes de fonctionnement du sol.

Ainsi, dans l'ensemble des systèmes sol-végétation, les interactions entre les pratiques agricoles et la faune du sol deviennent un sujet de préoccupation pour les agronomes et les biologistes du sol.

L'agronome de la zone tropicale, dans le souci de résoudre le problème de la baisse rapide de la fertilité des sols et de l'amélioration des rendements agricoles, doit intégrer les apports d'un nombre croissant de disciplines différentes: pédologie, bactériologie, mycologie, phyto-physiologie, botanique, zoologie, écologie. Les techniques propres à ces disciplines constituent pour lui les outils nécessaires à la mise en évidence des interactions impliquées tout au long des chaînes d'évènements naturels, complexes et interdépendants qu'il a décrypté.

C'est ainsi que, agronome de formation, j'ai été amenée à travailler avec différents spécialistes, auxquels je tiens, au terme de ce travail, à exprimer toute ma gratitude et ma reconnaissance.

Je tiens à souligner que ces recherches ont pu être menées à bien, d'une part, grâce aux financements accordés par le Ministère de la Coopération Française et au Grand Programme MACROFAUNA financé par la Communauté Européenne et d'autre part grâce aux aides de l'Institut de Recherche Scientifique en Coopération (ORSTOM) et du Laboratoire d'Ecologie des Sols Tropicaux.

Mes remerciements vont tout particulièrement à Monsieur le Professeur Patrick LAVELLE de l'Université Paris VI-P. et M. CURIE, qui m'a toujours fait confiance et auprès duquel j'ai rencontré une constante disponibilité. Il a su mettre à ma disposition tous les moyens nécessaires pour mener à bien ces travaux; son esprit critique particulièrement avisé m'a permis de bien m'intégrer dans le monde de la recherche. Tout au long de ce travail, il m'a encadrée avec dynamisme et bonne humeur ; l'étendue de sa culture scientifique et ses compétences en Ecologie Tropicale ont constitué un précieux soutien à ces recherches. Son expérience de chercheur lui a permis de me communiquer son enthousiasme d'homme de sciences. Son côté humain, son grand coeur m'ont beaucoup aidé à terminer ce travail dans des conditions moins pénibles. Je lui témoigne ici toute ma gratitude et ma reconnaissance. Il me fait, en outre, l'honneur de présider le jury de cette thèse.

A Monsieur Bernard DENIS, Agro-pédologue de l'ORSTOM, j'exprime ma gratitude la plus profonde. Lui avec qui j'avais discuté pour la première fois de cette étude m'a encouragé à la faire. C'est grâce

à lui que j'ai fait connaissance avec le Laboratoire d'Ecologie des Sols Tropicaux qui venait de s'installer à l'ORSTOM au centre de Bondy et de son Directeur le Prof. P. LAVELLE. Il a su placer dans un cadre idoine et à leur véritable échelle les problèmes agro-pédologiques que j'abordais. Qu'il sache combien je lui suis reconnaissante. Je le remercie également de me faire l'honneur de participer à ce jury.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance et mon amitié à Madame "Corinne" comme mes compatriotes de la forêt du Mayombe l'appellent, de son vrai nom Corinne ROULAND, Professeur à l'Université Paris XII et Directeur du Laboratoire de Zoologie et d'Ecophysiologie des invertébrés. Qu'elle soit ici remerciée, ainsi que toute son équipe, pour son encadrement et son accueil chaleureux lors de ma première mission sur le terrain, et aussi pour l'intérêt qu'elle a porté à mes travaux. Je la remercie infiniment encore une fois pour avoir accepté de juger ce travail.

Une grande partie de ce travail n'aurait pu être réalisée sans l'appui scientifique, méthodologique et moral de Roger SCHAEFER-BARTH, Directeur de recherche au CNRS, qui m'a révélé l'intérêt de la respirométrie microbienne appliquée à l'écologie du sol. Je lui suis très très reconnaissante d'avoir accepté d'assumer la tâche de rapporteur.

Je remercie vivement Madame France BERNARD-REVERSAT, Directeur de recherche à l'ORSTOM qui m'a permis d'élargir le champ de cette étude par l'obtention de données supplémentaires et pour son aide scientifique. Je la remercie également de me faire l'honneur de juger ce travail.

A Monsieur Serge MARTIN, chercheur à l'INRA, j'adresse un merci pour son soutien moral. Je le remercie d'avoir accepté de faire partie du jury.

Je tiens également à exprimer mes remerciements à :

- Messieurs ZICSI et CZUSDI, chercheurs au Laboratoire d'étude taxinomique à Budapest en Hongrie, pour la détermination des espèces des vers de terre trouvés au Congo.
- Monsieur Vincent ESCHENBRENNER, chercheur à l'ORSTOM, pour son apport scientifique dans l'étude micromorphologique du sol.
- Monsieur Armand CHAUVEL, Directeur de recherche à l'ORSTOM, pour ses conseils.
- Messieurs Alain BRAUMAN et Christian HARTMAN, chercheurs, qui m'avaient reçu dans leur Laboratoire à l'ORSTOM au centre de Brazzaville.
- Tous les chercheurs du Centre de Recherche Agronomique de Loudima (CRAL) en les personnes de M. Blaise NYETE, M. Paul NGOMA, M. NGOMA-NBOUGOU et tous les autres.
- La Direction et les ouvriers de la Société Agricole et de Raffinage Industrielle de sucre (SARIS-Congo), pour m'avoir permis de travailler dans leur exploitation.
- La Direction de l'Unité Agroforestière Industrielle du Congo (UAIC), pour m'avoir permis de "faire des trous" dans leurs plantations.
- Les membres de l'équipe de l'ORSTOM du Centre de Pointe-Noire pour la gentillesse avec laquelle ils m'ont accueilli et en particulier, M. Le RU, M., Mr. P.M. LOUBANA. Je n'oublie pas Jean, Jean-Jacques, Martin, William, Antoine et Innocent pour les journées passées ensemble sous les Eucalyptus.
- Mes fidèles collaborateurs du terrain durant ces quatre années en les personnes de : Patrick, Peguy, Douassi, Natacha, Ella, Jeanne et tous les autres que je garde en mémoire.

- Mesdames Edith DRIFFORT, Annick EUNG et Nicole ZERBIB, pour leur aide dans le traitement des photos.
- Messieurs Claude LATTAUD, George REVERSAT et Madame Marie France RIANDEY, tous trois Chercheurs au Laboratoire d'Ecologie des Sols Tropicaux à l'ORSTOM, Centre de Bondy, pour leur soutien moral.
- Monsieur Gérard BELIER, responsable du laboratoire d'hydrophysique au centre ORSTOM de Bondy, pour son matériel de terrain qu'il a bien voulu me prêter et pour ses précieux conseils
Enfin, je ne saurais oublier :
 - La grande famille de "vers de terre" du Laboratoire d'Ecologie des Sols Tropicaux composée d'un métissage formidable. On y trouve les représentants d'une bonne partie du globe. Bref, j'essaierai de les nommer les uns après les autres. Mais ceux qui ne trouveront pas leur nom n'en sont pas oubliés pour autant .
 - L'équipe des jeunes chercheurs du Laboratoire qui m'a encouragé et soutenu. Merci à Cécile, Fabienne, Lydie, Eleusa, Gladys, Katell et Lucero pour leur perpétuels encouragements; Jean-Pierre pour "ses taquineries intempestives" et le sympathique chantage qu'il me faisait à propos du traitement des données statistiques, qu'il maîtrise pas mal; Laurent R. pour sa disponibilité et son amitié ; Jérôme pour notre complicité africaine Laurent D., Thibaud, Emmanuel, les deux Guillaume, et le reste pour leur présence. Joslyne, Danielle, Aurore, Anne, Christiane, et Sylvain, pour leur sympathie.
 - L'équipe du Laboratoire d'Analyses des Sols à l'ORSTOM de Monsieur SONDAG, pour leur aide lors des analyses des échantillons de sol : Marguerite, Monique, Isabelle, Danielle, Huguette et X, pour leur gentillesse. DE LA RIVIERE J. et Stéphane. X, pour leur aide technique.
 - La Direction, les chercheurs, techniciens et autres personnels de l'ORSTOM du Centre de Bondy, pour leurs apports divers.
Que tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, m'ont aidée et soutenue aux titres les plus divers trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

**INTRODUCTION
GENERALE**

Les sols ferrallitiques argileux du Niari (Congo), comme tous les autres sols des régions tropicales humides, connaissent une baisse de la fertilité et des rendements quelques années après leur première mise en culture (BARTHES & al.; 1992).

Cette dégradation est plus marquée et plus rapide dans les systèmes intensifs. Dans la vallée du Niari, l'introduction au cours des années 1940 de l'agriculture intensive utilisant la fertilisation et la mécanisation du travail du sol se voulait être une alternative au système paysan autochtone et un puissant moyen de mise en valeur de cette région. Mais cette monoculture intensive et mécanisée a été très vite confrontée à une très rapide évolution du sol. Celle-ci est marquée, après deux ans, par une très forte baisse des rendements des cultures, particulièrement de l'arachide, et une dégradation spectaculaire de l'ensemble des propriétés du sol (structure et porosité, circulation de l'eau, caractéristiques physico-chimiques, matière organique, activité biologique) et ne paraît pas réversible rapidement (notamment pour les propriétés physiques).

La fragilité de ces sols a contraint les populations autochtones à faire une agriculture itinérante, extensive et basée sur le brûlis de la végétation et de longues jachères pour tenter de reconstituer la fertilité du milieu. Cette défriche-brûlis itinérante, qui a été pendant longtemps écologiquement remarquable, s'avère de plus en plus inadaptée, d'une part aux impératifs de développement d'une économie de marché efficace d'autre part à une société congolaise en pleine mutation profonde pour de nombreuses raisons (faible productivité du travail, pénibilité d'un travail manuel, fixation des villages et appropriation de plus en plus nette des terres, exode rural massif des jeunes vers les villes). Du fait d'un besoin d'autosuffisance alimentaire, on assiste à une forte pression sur les terres cultivables entraînant une réduction du temps de jachère. Dans le sud du Congo, les paysans témoignent que celle-ci a diminué de plus de la moitié en 10 ans, passant de 20 ans en moyenne à 6 à 10 ans, accentuant alors la baisse de la fertilité.

Les thèmes de "rentabilité de l'agriculture et développement rural", de "planification et gestion des ressources naturelles" ont été à la une de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement à Rio de Janeiro en 1992.

En vue du maintien de la productivité des sols dans les régions tropicales, des solutions alternatives aux techniques actuelles de gestion doivent être trouvées. Parmi les stratégies pour le développement rentable des ressources naturelles développées par la Commission Mondiale pour l'Environnement et le Développement (1987), la réorientation des technologies et la gestion des risques ont été déclarées comme impératives.

L'utilisation de fertilisants, de pesticides et d'herbicides, souvent indispensables, s'avère problématique pour des questions financières et écologiques. Plusieurs voies de recherche permettant de pérenniser les cultures à faibles niveaux d'intrants sont actuellement développées (US National Research Council, 1989) parmi lesquelles l'intégration des processus naturels tels que le recyclage efficace des nutriments, la fixation de l'azote, le

contrôle biologique naturel des parasites dans la conduite de cultures, une meilleure utilisation des potentiels biologiques et génétiques des plantes et des espèces animales.

Le programme TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) lancé en 1984 sous le patronage du programme MAB (Man And Biosphère) de l'UNESCO et de la "Décennie des Tropiques" (à l'initiative de l'IUBS) a pour objectif de développer des techniques appropriées et innovatrices pour le maintien de la fertilité des sols tropicaux par l'utilisation de processus biologiques et des ressources organiques.

Les politiques d'autosuffisance alimentaire et d'exploitation des sols dits "pauvres" lancées par le gouvernement congolais au début des années 70 ont favorisé le développement des systèmes d'agriculture intensive mécanisée à forts intrants (Mantsouba-Bouenza et U.A.I.C-Kouilou).

Plusieurs études ont cependant montré que les systèmes à forts intrants dans les régions tropicales n'étaient pas rentables pour des raisons d'ordre socio-économique, pédologique et écologique. La recherche se tourne maintenant vers les systèmes d'exploitation traditionnels en essayant de lever le principal obstacle s'opposant au maintien à long terme de ce type d'agriculture, c'est à dire la baisse de la fertilité du sol qui intervient lorsqu'on cultive trop longtemps au même endroit (LAVELLE & al., 1992)

Parmi de nombreux facteurs déterminant cette diminution de la qualité des sols (érosion, exportation...), le dérèglement de l'activité biologique du sol et particulièrement de la macrofaune joue un rôle très important.

Ces organismes maintiennent par leurs activités les propriétés physiques et chimiques du sol et stimulent les cycles des nutriments et la croissance des plantes. On a déjà montré dans de nombreux sites tropicaux que l'on peut utiliser la macrofaune comme indicateur de la qualité d'un sol (LAVELLE, 1988; LAVELLE et al., 1992).

Les recherches menées de 1990 à 1996 dans le programme MACROFAUNA (Programme STD₂ et STD₃ de la CEE) ont montré que la faune, et en particulier les vers de terre, était une ressource que l'on peut gérer pour obtenir une meilleure production et la conservation de la qualité des sols (LAVELLE ed. 1996, rapport CEE).

Notre étude qui s'inscrit dans cette problématique, avait pour objectifs:

- de caractériser les peuplements de macro-invertébrés dans des sols du Sud-Ouest du Congo (la région de la Bouenza-vallée du Niari et la région du Kouilou) soumis à différents types d'utilisation.
- d'identifier les systèmes qui conservent au mieux les peuplements naturels
- de démontrer que l'action de cette faune permet une utilisation plus productive et plus durable du sol.

Une attention particulière a été portée à la pratique de l'écobuage, ou "maalas", très originale.

La vallée du Niari, principale région agricole (70% des sols cultivables) du Congo, est très exploitée. Elle a fait l'objet de nombreux travaux de recherche pédologique mais aucune

étude testant l'impact des pratiques agricoles sur la macrofaune du sol n'avait encore été réalisée. Dans cette région traditionnellement vouée à l'agriculture, on assiste à une baisse de la production agricole causée par l'appauvrissement des sols. Elle a pour origine la réduction des temps de jachère en milieu paysan et l'utilisation des intrants en milieux mécanisés.

a

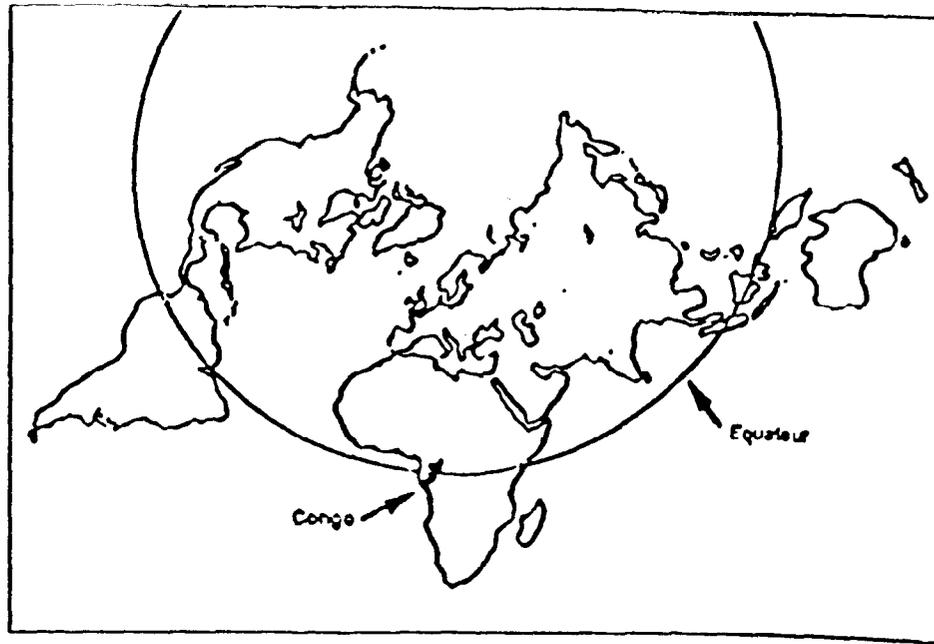


Figure 1 a: Situation de la zone d'étude par rapport au monde et à l'Afrique

b

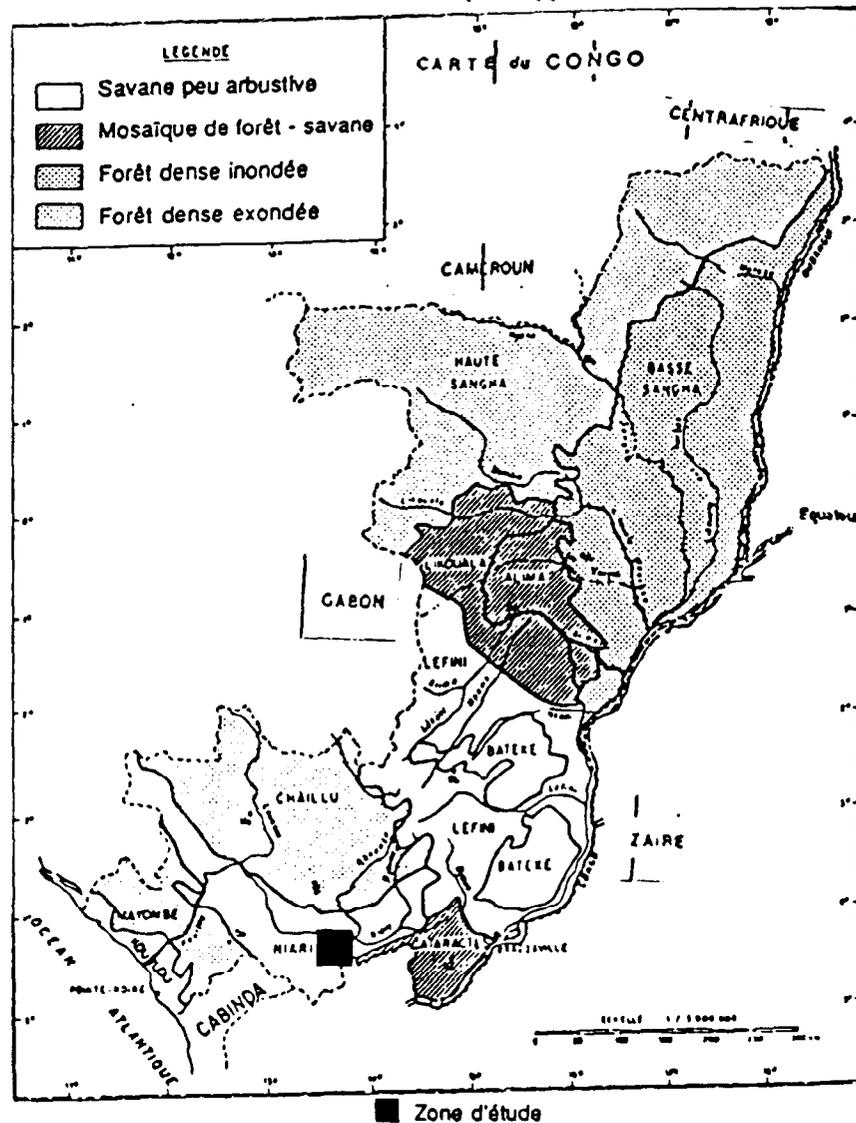


Figure 1 b: Principaux types de végétation au Congo
(Source: VENNETIER, 1961)

Figure 1 : Zone d'étude. a - Situation globale; b - Principaux types de végétation au Congo [D'après Vennetier, 1966]

L'étude a été réalisée dans 35 sites différents (les forêts naturelles et plantées, les savanes naturelles, les différentes pratiques agricoles et les jachères).

Dans chaque site, la macrofaune est caractérisée de façon quantitative et la comparaison des résultats permet d'émettre des hypothèses sur l'impact que peuvent avoir les différents systèmes d'exploitation de la forêt et de la savane sur les peuplements d'invertébrés du sol en général et de population de vers de terre en particulier.

Ce travail a été réalisé grâce à la collaboration des institutions suivantes : le Centre de Recherche Agricole de Loudima (CRAL), le Centre ORSTOM de Brazzaville, le Laboratoire d'Ecophysiologie des invertébrés de l'Université Paris XII et le Laboratoire d'Ecologie des Sols Tropicaux au Centre ORSTOM de Bondy et l'Université Paris VI Pierre et Marie CURIE. La détermination des espèces de vers de terre a été faite dans le Laboratoire d'étude taxinomique du Dr. ZICSI à Budapest en Hongrie, celle des termites au Laboratoire d'Ecophysiologie des invertébrés Université Paris XII, des Myriapodes et des Coléoptères au Muséum Nationale d'Histoire Naturelle de Paris.

PREMIERE PARTIE

**LA MACROFAUNE DU SOL
DANS LES ZONES TROPICALES**
(Rappels bibliographiques
cadre géographique)

La présentation d'une part des peuplements de macroinvertébrés et de leurs différents rôles dans les sols tropicaux et d'autre part de la région d'étude -vallée du Niari fait l'objet de cette partie du mémoire qui comporte deux chapitres.

Le premier présente les rappels bibliographiques sur les sols tropicaux (sols ferrallitiques, facteurs biologiques du sol et la faune du sol et l'environnement écologique), et le rôle des macroinvertébrés dans le sol (peuplements dans le sol et fonction des principaux groupes d'invertébrés).

Le deuxième présente les milieux d'étude (climat, géomorphologie, sol et végétation).

CHAPITRE I

RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES

I - LES SOLS TROPICAUX

I -1/ Les sols ferrallitiques (DUCHAUFOR 1970-1983)

La phase terminale de l'évolution des sols sous climat chaud et humide correspond à la classe des sols ferrallitiques fortement désaturée. Ces sols peuvent atteindre parfois plusieurs mètres d'épaisseur. La totalité des minéraux primaires, sauf le quartz, a subi une hydrolyse totale en milieu neutre ou peu acide exempt de matière organique, libérant leurs constituants essentiels : oxydes de fer et d'aluminium, silice et bases (LENEUF 1959 ; ROBERT 1983 ; PEDRO 1976).

Au terme de cette transformation, les minéraux primaires, y compris les minéraux micacés, ont disparu et la composition minéralogique se réduit à quatre constituants : quartz, kaolinite, gibbsite, oxydes ferriques (hématite ou goéthite).

Le profil d'un sol ferrallitique peut se décomposer de la base vers le sommet, en trois parties principales :

- La zone profonde d'altération : altérite, encore peu argileuse, à pH voisin de 7 où progresse l'altération dite "géochimique" ;

- La zone moyenne, dite zone tachetée, souvent épaisse de plusieurs mètres, lieu d'une néoformation importante de kaolinite ;

- Les horizons supérieurs qui forment un profil "imbriqué" de type A (B) ou AB. L'horizon B provient de la redistribution des argiles et des hydroxydes. Une pédogenèse acide de type acidolyse et complexolyse domine et l'altération est qualifiée de "biochimique".

I -2/ Les facteurs biologiques du sol

Les microorganismes, les végétaux supérieurs, les animaux du sol et les hommes constituent les agents biologiques du sol.

Ils ont une action très importante sur l'environnement édaphique. Ils sont les transformateurs de l'énergie chimique potentielle accumulée dans la matière organique et permettent à cette dernière d'évoluer. D'autres utilisent en partie cette énergie à des transports qui modifient le sol.

1/ Les micro-organismes de la microflore sont des transformateurs des substances chimiques présentes dans le sol. Ils interviennent dans de nombreux cycles d'éléments importants tels que l'azote, le carbone, le fer, le soufre.(BOULLARD 1967 ; DOMMERGUES 1968 ; DOMMERGUES et MANGENOT 1970 ; DUVIGNEAUD 1974).

2/ Les végétaux (MEYER et MALDAGUE 1957 ; ATHIAS et al. 1974 ; BACHELIER 1978 ; LAVELLE 1994).:

- absorbent les éléments minéraux,
- synthétisent la matière organique qu'ils restituent sous forme de litière,
- recyclent les éléments minéraux, particulièrement en apportant en surface ce qui est absorbé dans les horizons sous jacents,
- agissent mécaniquement par leurs racines sur le sol et la roche mère.

3/ L'homme intervient en modifiant la matière organique par prélèvements ou apports.

I-3/ La faune du sol et l'environnement écologique

La faune du sol comprend des espèces qui passent le cycle complet de leur vie dans le sol, comme les annélides, les acariens, les collemboles (espèces géobiontes) et d'autres qui n'y passent qu'une partie de leur existence, comme les larves de diptères (espèces géophiles).

Selon leur localisation dans le sol, cette faune du sol est désignée sous des vocables différents. C'est ainsi que : l'épiédaphon désigne les populations animales demeurant à la surface du sol, l'hémiédaphon celles qui existent dans la litière et l'horizon organique, et l'énédaphon celles qui vivent dans la profondeur du sol et présentent généralement de nombreux caractères adaptatifs.

La plus grande partie de la faune du sol se localise là où se situe le potentiel énergétique des apports végétaux, les animaux fouisseurs pouvant toutefois s'en éloigner quand les circonstances l'exigent. ATHIAS, et al. (1974) ont constaté dans la savane de Côte d'Ivoire une diminution progressive des animaux jusqu'à 50 cm de profondeur. MEYER et MALDAGUE (1957) ont remarqué que, dans les sols du Zaïre, 80 % de la faune du sol étaient situés dans l'horizon de fragmentation de la litière, d'une épaisseur moyenne de 2,5 cm.

Les sols travaillés présentent une faune plus pauvre et qui se retrouve plus profondément répartie que dans les sols de prairie ou les sols de forêt. Délaissant les espaces nus, cette faune tend à se concentrer à proximité des plantes cultivées et de leurs racines (BULLOCK, 1964).

On peut aussi, d'après la taille des individus, diviser la faune du sol en un certain nombre de groupes (LAVELLE, 1988 ; LAVELLE & al. 1992; STORK & EGGLETON, 1992) :

La microfaune regroupe les animaux ayant une taille inférieure à 0,2 mm. Ils vivent dans l'eau contenue dans le sol. Ce sont les protozoaires, les nématodes et les rotifères du sol.

La mésofaune comprend des organismes dont la taille est comprise entre 0,2 et 2 mm, vivant dans la litière, les crevasses et les pores du sol. On y trouve les acariens, les collemboles, les enchytraeidae, les petits diplopodes et beaucoup de petites larves d'insectes.

Enfin la macrofaune représente tous les invertébrés d'une taille supérieure à 2 mm. Les taxons les plus importants sont les vers de terre, les termites (isoptères), les fourmis (hyménoptères), les coléoptères, les diplopodes (myriapodes), les diptères, les isopodes et les mollusques. Ils sont présents dans la litière mais peuvent également se déplacer ou vivre dans les couches plus profondes du sol dans lesquelles ils construisent alors des terriers et des galeries.

Ces macroinvertébrés peuvent également être regroupés en trois groupes écologiques en fonction de la source de nourriture qu'ils utilisent (BOUCHÉ, 1977 ; LAVELLE, 1983) :

- Les épigés qui vivent et se nourrissent dans la litière notamment de champignons et de cadavres d'autres invertébrés en décomposition. Ils fragmentent, dispersent et digèrent partiellement les débris végétaux arrivant au sol.
- Les anéciques (vers de terre) vivent dans le sol et se nourrissent de litière qu'ils viennent prélever à la surface. Dans le sol, ils logent dans des galeries ou des nids (fourmilières, termitières). Leur principale action est le morcellement et le transport de la litière depuis la surface vers des horizons plus profonds du sol ou des nids dans lesquels ils concentrent nutriments et matière organique.
- Les endogés se nourrissent et vivent dans le sol. La plupart se nourrissent de la matière organique du sol (géophages) ou de racines mortes. Ils se divisent en deux sous-groupes suivant la richesse relative du sol qu'ils ingèrent. Ce sont : les polyhumiques quand le sol ingéré est plus riche en matière organique que la moyenne des 15 premiers centimètres et les oligohumiques quand le sol ingéré est moins riche que la moyenne des 15 premiers centimètres.

Chaque groupe taxinomique peut ainsi contenir des éléments appartenant aux différentes catégories écologiques (tableau 1). Ces différentes faunes participent de diverses manières à la genèse et la dynamique des sols.

Dans certains sols la faune s'avère être un facteur essentiel de genèse et de dynamique. On pourrait les nommer "sols à faune" (sols à vers tropicaux et la plupart des sols à termites

d'Afrique), de la même façon que les sols salins sont des "sols chimiques" et les sols hydromorphes des "sols physiques".

Unités taxonomiques	Catégorie écologique
Vers de terre	Epigés/Anéciques/Endogés
Termites	Anéciques/Endogés
Fourmis	Epigés/Anéciques
Coléoptères	Epigés/Endogés
Arachnides	Epigés
Myriapodes	Epigés
Autres	Variés

Tableau 1 : Cathégorie écologique de la faune du sol

II - LA MACROFAUNE DANS LE SOL

II-1/ Les invertébrés dans les sols

Sous les tropiques, l'action du climat entraîne une décomposition rapide de la litière apportée au sol (feuilles, bois...) et des racines mortes.

Les nutriments ainsi libérés par la minéralisation sont alors assimilés et stockés dans les plantes ou la biomasse microbienne. Les éléments les plus stables de la matière organique résistent à la minéralisation, s'accumulent dans le sol et y constituent une fraction colloïdale qui permet le maintien de la structure du sol, une bonne rétention de l'eau et des cations et constitue une réserve de nutriments potentiellement utilisables par les plantes (SWIFT et al., 1987).

Les microorganismes remplissent de multiples rôles dans les sols. Ils sont à l'origine de nombreux processus chimiques intervenant dans le cycle de la matière organique et sont capables de libérer des nutriments à partir de sa fraction colloïdale. Le principal rôle des macroorganismes est de réguler l'activité microbienne en leur fournissant des conditions d'environnement favorables : ils fragmentent les débris de plantes, les mélangent au sol et mettent ainsi les microorganismes au contact de nouveaux substrats nutritifs.

Ils peuvent également leur fournir une source de matière organique directement assimilable (exsudats racinaires, mucus de vers de terre), stimulant ainsi leur activité par un "priming effect" au sens de JENKINSON (1971; CHARTROLIN, 1984 ; LAVELLE et al. 1993).

La biomasse bactérienne augmente et, avec elle, le taux de minéralisation et la libération de nutriments assimilables par les plantes. Les systèmes de régulation biologique permettent donc de mobiliser des nutriments bloqués dans les formes stables de la matière organique du sol et de synchroniser cette libération avec les besoins nutritifs des végétaux supérieurs (WOOMER et SWIFT, 1994).

LAVELLE & al., 1992, distinguent plusieurs systèmes de régulation biologique dont les 4 principaux sont :

- Le système litière/racines superficielles dans lequel la microflore est dominée par les champignons et la macrofaune par les transformateurs de litière, arthropodes et vers de terre épigés;
- Le système rhizosphère qui est la zone d'interactions mutualistes entre les racines, la microflore et la microfaune;
- Le système drilosphère qui est la zone du sol influencée par les vers de terre (endogés et anéciques);
- Le système termitosphère qui est la zone du sol sous l'influence des termites.

Dans l'aire tropicale, l'importance de chaque groupe taxinomique de macroinvertébrés est variable suivant les situations, mais les termites, les vers de terre, les fourmis, les coléoptères et les myriapodes sont les principaux régulateurs biologiques dans le cycle de la matière organique.

II-2 Les principaux groupes de macroinvertébrés et les sols

1/ LES VERS DE TERRE

Les galeries, les chambres et les déjections des vers de terre ont une grande influence sur les propriétés physiques et chimiques du sol, sur le cycle de la matière organique et sur la croissance des plantes.

11) - Influence du sol et de la mise en culture sur les vers de terre

111)- Influence de l'acidité

Il existe des espèces acidophiles, et basophiles et des espèces ubiquistes ou indifférentes. D'une manière générale, les vers de terre semblent peu affectés par le pH. En fait les vers tropicaux sont plus tolérants à l'acidité que les *Lombricidae* des régions tempérées. Leur optimum se situe entre pH 5 et 6 contre 6 à 7 en région tempérées (LAVELLE, et al., 1995).

Les sols alcalins de pH supérieur à 10 sont défavorables aux vers (BHATTI, 1962). Un pH de 9, 1 est cependant très bien supporté par les vers des sols égyptiens.

112) - Influence de la texture

En Nouvelle-Zélande YEATES (1976) a constaté qu'un pâturage irrigué avec des eaux d'épandage renfermait jusqu'à plus de 1000 vers au mètre carré représentant une biomasse de 300 g et assurant une incorporation satisfaisante de la matière organique au sol ; la parcelle non irriguée renfermait moitié moins de vers de terre en densité et en biomasse. Dans une situation analogue de la Martinique (un pâturage sur un vertisol), BAROIS et al.(1988) ont mesuré une biomasse record de près de 4 tonnes de vers de terre en poids frais par hectare.

Dans une rotation culturale, l'abondance des vers varie avec la phase de rotation; mais si cette rotation inclut un pâturage, ils sont généralement bien plus nombreux après, même si leur diversité s'en trouve éventuellement diminuée.

Les cultures sont d'autant plus favorables aux vers que les résidus au sol de ces cultures sont plus importants (CURRY, 1976 ; PONOMAREVA, 1950 ; BARLEY, 1959 ; EVANS et GUILD, 1948 ; HOPP, 1947)

12) L'action des vers de terre sur certaines caractéristiques du sol

De nombreux travaux, ont été consacrés à l'action des vers de terre sur le sol. Nous allons en énumérer quelques uns dans ce paragraphe.

121) Morphologie et propriétés physiques

Dans les régions tropicales les déjections de vers endogés participent fortement à la macroagrégation du sol (LAVELLE, 1986 ; LAVELLE & al., 1992).(Figure 2: LAVELLE, 1995)

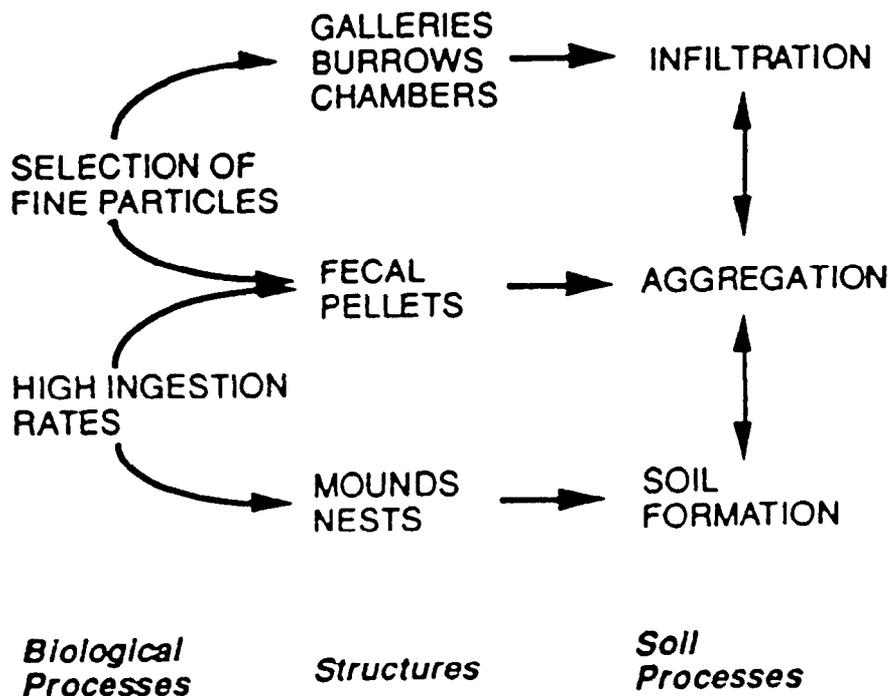


Figure 2 : Effets des macroinvertébrés sur la structure du sol

Les vers de terre ingèrent de grandes quantités de sol par jour (5 à 30 fois leur propre poids).

Etudiant l'action d'une population de *Millsonia anomala*, *Acanthodrilidae* d'une quinzaine de centimètres de long vivant dans les savanes de Côte d'Ivoire, LAVELLE (1975) estime qu'en une année une population de 21 de ces vers au m² ingère 50kg de terre, soit l'équivalent d'une couche continue de 4 à 5cm de sol.

LAVELLE (1978) évalue à 1000 tonnes de terre par hectare et par an la quantité de terre qui transite dans les tubes digestifs des vers de terre dans les sols sous savane à Lamto en Côte d'Ivoire. Cependant seulement 1 à 2 tonnes de matière organique par hectare seraient minéralisées, annuellement par ces vers, en raison de la pauvreté organique des sols et de la faible capacité d'assimilation des vers.

BARLEY (1959a), dans des terrains agricoles d'Australie, a aussi observé que les vers présents (*Eisenia rosa* et *Allolobophora caliginosa*) ingèrent annuellement 3 à 4kg de sol au m², alors que seulement 0,2 à 0,3 Kg en sont rejetés en surface, déterminant un horizon de remontée de 0,2 mm par an.

Au cours du transit intestinal, ce sol est mélangé à la matière organique ingérée et au mucus intestinal, déstructuré et finalement restructuré sous une forme plus stable (BAROIS, 1987).

La plus grande partie de l'énergie que tirent de leur digestion les vers de terre est utilisée pour leur activité musculaire; le rôle mécanique de ces animaux est donc primordial pour les sols.

Les déjections sont des agrégats denses, compactés et cimentés par des mucopolysaccharides, poreux, de texture fine, avec un cortex (particules minérales et mucus) résistant à l'infiltration de l'eau et de l'air. Ces agrégats sont donc plus stables que ceux formés dans les sols dépourvus de vers et peuvent rester stables plusieurs années (SATCHELL, 1971 ; LAVELLE, 1978 ; LAVELLE & al., 1992 ; BLANCHART, 1992 ; STORK & EGGLETON, 1992 ; BAROIS & al., 1993 ; ZHANG & SCHRADER, 1993 ; BLANCHART & al. 1993).

Une part des déjections est déposée en surface sous forme de turricules et, inversement, de la matière organique ingérée en surface est enfouie par les vers. Il résulte de cette activité un brassage du sol favorisant la formation de complexes organominéraux stables (WALWORK, 1976 ; TOUTAIN, 1987).

L'activité des vers (galeries, chambres, déjections...) améliore la structure et de ce fait les propriétés physiques du sol : la porosité, la conductibilité hydraulique, la capacité de rétention en eau. La réserve utile en eau et son infiltration sont augmentées, la texture des horizons de surface devient plus fine (SATCHELL, 1971 ; WALWORK, 1976 ; LAVELLE, 1983 b, 1988 b).

Certains auteurs démontrent que les galeries de vers de terre forment dans les sols à bonne stabilité un réseau préférentiel d'activité biologique. Chimiquement plus riches, elles

forment des voies de pénétration préférentielles pour les racines, qui descendent d'autant plus aisément par ces galeries que celles-ci ont été faites par des vers qui creusent plus profondément (les anéciques). Les plantes venant à être récoltées, leurs racines se nécrosent et sont absorbées par la faune ; les galeries tendent alors à se rouvrir.

122) Texture

Les rejets des vers de terre sont habituellement d'une texture plus fine que celle des sols ; ils sont plus limoneux et plus argileux. La texture des rejets varie fortement selon les espèces et leur taille. NEY (1955), étudiant les rejets de surface d'*Hippopera nigeria* dans des sols du Ghana, a observé que dans les rejets de ce ver n'existait pas de particules ayant un diamètre compris plus gros que 0,2 et 0,5 mm et ne s'y trouvait qu'une faible proportion de grains entre 0,2 et 0,5 mm, alors que le sol environnant était constitué essentiellement de sables grossiers.

TRAN-VINH-AN (1973), étudiant l'action d'*Hyperiodrilus africanus* dans un sol sableux de la région de Kinshasa (Zaïre), a aussi trouvé que les rejets de ce ver possédaient une texture plus fine que celle du sol; la fraction 0,2-0,5 mm y était notamment beaucoup moins importante.

BAROIS et al.(1996), montrent pour un ensemble d'une dizaine d'espèces tropicales que la sélection des particules fines, inexistante quand le sol est argileux, augmente avec la teneur en sables.(figure x rapport Macrofauna chapitre III).

123) structure et la stabilité structurale

Les vers de terre contribuent à l'édification de la structure grumeleuse des sols à mull, et changent aussi parfois la structure naturelle de certains sols.

Dans certains sols non travaillés, tels des sols de pâturages permanents, des sols de parcs ou des sols de landes, les vers peuvent, par leurs rejets, finir par déterminer une stratification de l'horizon supérieur (GUILD, 1955). Cet horizon supérieur repose souvent sur un lit de cailloux qui progressivement s'est trouvé enfoui sous les rejets. EVANS (1948) a calculé qu'au bout de 70 ans des champs argileux non cultivés peuvent ainsi posséder un lit de cailloux enfoui à 10 ou 12 cm de profondeur. Un rejet de 2 à 4 mm par an suffit pour cela.

D'autres auteurs ont observé l'action importante des vers de terre dans les chernozems; la structure prismatique devient, sous leur action, rapidement grumeleuse à nuciforme. La descente des matériaux de surface dans les horizons B et C assure une distribution plus homogène des matières organiques et de l'azote. Les remontées de matériaux de l'horizon d'accumulation B vers la surface ou la profondeur uniformisent les teneurs en argile. De tout ceci, il résulte, pour les chernozems colonisés par les vers, non seulement une morphologie toute particulière, mais aussi une capacité d'échange de bases globalement plus forte.

Les sols travaillés par les vers de terre s'avèrent plus stables que les autres et les rejets des vers renferment des agrégats plus gros et plus stables que ceux des sols parentaux. Les

agrégats les plus stables sont cependant ceux qui se trouvent dans l'intestin même des vers (DAWSON, 1947). JEANSON (1960b), MONNIER et JEANSON (1965) ont montré que les Lombriciens accentuent dans les sols la décomposition des débris végétaux et facilitent la fixation de certains produits de cette décomposition sur la fraction minérale du sol.

Les vers augmentent la stabilité structurale des sols riches en matière organique, d'une part en favorisant la synthèse de mucus bactériens, de gommés polysaccharides et de composés préhumiques ; d'autre part en mélangeant intimement ces composés à la fraction minérale des sols et en y ajoutant parfois des sécrétions calcaires qui contribuent à la floculation des composés argilo-humiques.

L'activité biologique des vers de terre accroît grandement la porosité des sols qui de 30 à 40% peut passer à 60-70%. Si dans ces sols le volume d'eau retenue est d'environ 40%, 20 à 30% restent alors disponibles pour l'air.

BLANCHART (1992), montre que les turricules sont des agrégats instables au début qui deviennent stables par la suite après un cycle "dessiccation-réhumectation". Les effets sont contrastés entre les espèces "compactantes" et "décompactantes"

Dans les sols argileux, les vers par leurs galeries peuvent finalement enlever à ces sols leur caractère compact; grâce à l'existence de leur galeries dans les pâturages, à condition que leurs peuplements compte des proportions équilibrées d'espèces compactantes et décompactantes. Ils contrecarrent l'action tassante du bétail. Dans les pâturages de l'Amazonie centrale, c'est le contraire.

Les vers de terre, par leurs galeries et leurs rejets, augmentent à long terme le volume du sol et accroissent grandement sa macroporosité. Ils y déterminent aussi une augmentation de la microporosité, à la fois par leur action directe sur la structure et, plus indirectement, par leurs excréments. Ceci favorise en effet le développement de la micro et de la mésofaune qui, par leurs activités, influent sur la microporosité (MARINISSEN et VAN DEN BOSCH, 1992 ; LORANGÉ, 1995).

124)- Acidité

Les turricules des vers sont généralement plus proches de la neutralité que le sol non ingéré. Il est des cas où la neutralisation des sols acides serait due en partie à l'altération des cristaux de calcite excrétés par les glandes de Morren, mais plus généralement les causes de cette neutralisation doivent être recherchées dans l'ensemble des sécrétions intestinales des vers (SATCHELL, 1958 ; LAVELLE, FRAGOSO et CHAUVEL, 1995) et dans l'ammonification des matières azotées normalement bien représentées au sein de leurs excréta. Les rejets de vers qui, dans les sols tropicaux, correspondent en début de saison sèche uniquement à l'enfouissement de ces animaux, sont d'ailleurs pauvres en matières organiques et de pH voisin de celui du sol. Inversement, NAWAB KHAN et

KARIMULLAH (1964) ont observé au Pakistan que dans des sols alcalins les rejets des vers de terre étaient plus acides que le sol non ingéré.

125) Matières organiques et nutriments

Time	HOURS	DAYS/WEEKS	MONTHS	YEARS/DECADES
Structure	GUT CONTENT	FRESH CASTS	AGEING CASTS	SOIL PROFILE
				
Effect on SOM	ASSIMILATION COMMINUTION	NUTRIENT RELEASE	PHYSICAL PROTECTION	ACCELERATION OF TURNOVER

Figure 3 : Effets des vers de terre sur la matière organique du sol [D'après Lavelle, 1994]

La faune des sols influence quantitativement et qualitativement l'humification des débris végétaux, au sein d'équilibres pédologiques déterminés. Certains animaux ne font qu'accroître l'activité biologique globale de ces équilibres en accélérant les processus naturels d'humification ou de déshumification. Ce sont les invertébrés qui ne laissent pas de structures biogéniques dans le sol; ex: les microprédateurs. D'autres, au contraire comme les transformateurs de litière dans leurs boulettes fécales organiques fragiles et les ingénieurs de l'écosystème dans leurs structures organominérales résistantes, déclenchent des processus de protection physique de la matière organique (MARTIN, 1991).

Les vers de terre interviennent spécifiquement dans la dynamique de la matière organique de trois façons :

En augmentant la minéralisation et l'humification dans leur tube digestif.

Des résultats tirés de diverses études sur la biologie des vers de terre endogés *Pontoscolex corethrurus* (LAVELLE, 1986 ; BAROIS & al., 1987 ; LAVELLE, 1988b; TRIGO & LAVELLE, 1993) montrent que, dans leur tube digestif, certains vers de terre ajoutent à la terre qu'ils absorbent 5 à 40 % du poids sec de cette terre en matière hydrosoluble (mucus intestinal) et plus de 110% d'eau, procurant ainsi à la microflore une source d'énergie carbonée facilement assimilable et des conditions de vie optimales. Il en résulte une augmentation de l'activité microbienne et une levée des blocages des processus de transformation de la matière organique (minéralisation et humification).

La libération des nutriments assimilables lors de la digestion peut atteindre 19 % et à cela s'ajoute le fait que certaines espèces possèdent dans leur intestin des bactéries fixatrices d'azote (BAROIS & al., 1987 ; BINET & TREHEN, 1990 ; SCHEU, 1990 ; LAVELLE & al., 1992).

Ces différents paramètres peuvent varier pour d'autres espèces.

En protégeant la matière organique dans les turricules des vers de terre (JOSHI et KELKAR, 1952; MARTIN, 1991).

Cette matière organique se trouve en effet protégée physiquement, de façon efficace et durable, contre l'action des microorganismes (LAVELLE & MARTIN, 1992 ; MARINISSEN et VAN DEN BOSCH, 1992 ; MARINISSEN et VAN DEN BOSCH, 1992 ; BLANCHART & al., 1993).

BARLEY et JENNINGS (1959), élevant de jeunes *Allolobophora caliginosa* dans un sol renfermant une litière finement broyée, ont observé qu'environ 6,4 % de l'azote organique ingéré par les vers était excrété par eux sous forme assimilable. ZICSI, HARGITAI et POBOZSNY (1971, cités par BACHELIER 1978), ont vérifié cette assimilabilité accrue de l'azote dans les rejets de *Lumbricus polyphemus* Fitz.

RAW (1961) estime que, dans un verger anglais, les vers lorsqu'ils sont actifs excrètent chaque jour 28 à 42 mg d'azote au mètre carré. En six mois, la quantité d'azote excrété, sous forme d'ammonium, d'urée, d'acide urique ou autres composés facilement minéralisables, peut être alors égale à celle retirée du sol par une culture de foin, c'est-à-dire de l'ordre de 56 Kg à l'hectare. Les vers de terre stimuleraient aussi la fixation de l'azote atmosphérique, que ce soit la fixation symbiotique des *Rhizobium*, ou la fixation non symbiotique et aérobie des *Azotobacter* (BAROIS et al., 1987).

126) Microflore libre

L'influence des vers de terre sur l'activité microbienne ne s'arrête pas à leur tube digestif. Il existe de nombreuses relations entre microorganismes et vers de terre : compétition, prédation, dispersion (LAVELLE, 1983b ; BROWN, 1995). Ils ont une action régulatrice sur les populations de microorganismes du sol et sur le niveau de minéralisation de la matière organique.

Ils influencent la microflore libre en modifiant les conditions physicochimiques du sol (augmentation du pH, de l'aération, de la quantité de nutriments) en facilitant la fragmentation et l'incorporation de la litière dans le sol (LAVELLE, 1988 ; LAVELLE & al., 1989) et en leur fournissant une quantité appréciable de matière organique riche en azote et facilement assimilable (mucus, urine, cadavre) (SATCHELL, 1971 ; SCHEU, 1991).

Ils peuvent également aider au développement de la mésofaune du sol qui joue elle même un rôle important dans la fragmentation de la litière. Cela facilite l'action des microorganismes sur la matière organique (STORK & EGGLETON, 1992 ; BROWN, 1995 ; LORANGÉ, 1995).

127) Sur la fertilité des sols et sur la croissance des végétaux

De nombreux auteurs ont montré que les vers de terre améliorent généralement certaines caractéristiques des sols et, par voie de conséquence, ont une influence bénéfique sur la croissance des plantes cultivées.

ROUSSEL (1910), un des premiers, a souligné l'importance de la nitrification des vers morts dans la fertilité des sols.

PASHANASI & al.(1992) ont montré que l'introduction de vers de terre a permis une augmentation de 40 % de la production pour un maïs en premier cycle, et plus de 80 % pour un riz en deuxième cycle (Yurimaguas, Pérou).

GILOT -VILLENAVE (1994) a obtenu une augmentation de la production de tubercules d'igname pouvant atteindre 60 % et de rendement en maïs-grain de 18 % en présence du ver géophage *Millsonia anomala Omodeo* dans les systèmes cultivés en moyenne Côte d'Ivoire.

HOPP et SLATER (1948, 1949) ont observé un effet bénéfique des vers sur la productivité de sols à structure défavorable. Cet effet bénéfique des vers a été du non seulement à leur action sur les caractéristiques chimiques, telles par exemple la teneur en azote ou l'assimilabilité plus ou moins grande de certains éléments, mais aussi à leur action sur les caractéristiques structurales.

SATCHELL (1971) montre que l'amélioration des propriétés physiques des sols, dans lesquels les vers de terre ont une action bénéfique sur l'aération et la rétention en eau, favorise la croissance racinaire.

L'influence favorable des vers de terre sur les sols se traduit dans les pâturages par une amélioration de la flore. *Allolobophora caliginosa*, en colonisant les pâturages de Nouvelle-Zélande, y a ainsi favorisé l'implantation du ray-grass aux dépens de l'*Agrostis* local, herbe de qualité nettement inférieure (SEARS, 1953).

L'effet des vers sur la dynamique de la matière organique provoque des phases intenses de libération de nutriments assimilables par les plantes (N, P, et autres) (LAVELLE & al., 1992; STORK & EGGLETON, 1992). Les vers de terre peuvent être aussi les vecteurs de germes fixateurs d'azote ou de spores mycorhiziennes susceptibles de créer des symbioses avec certains végétaux (REDELL & SPAIN, 1991 ; OUDRAOGO, 1995). On trouve parfois, dans les déjections des vers, des micro-organismes capables de synthétiser des substances chimiques ayant les propriétés de pseudohormones (TOMATI & al., 1988, cité par DECAËNS, 1993).

2/ LES TERMITES

Les termites, insectes sociaux occupant une place importante dans les sols tropicaux, semblent constituer le groupe animal prépondérant. Ce sont des insectes dont les genres diffèrent par les habitats, les exigences climatiques, le régime alimentaire et les aptitudes à bâtir.

Ils consomment une grande part de la production végétale, principalement de matériel cellulosique pris en surface (litière, semences, feces d'animaux supérieurs, bois mort, humus du sol ou plantes vivantes) (WALWORK, 1976 ; LAVELLE & al., 1992).

Dans la forêt de la cuvette Zaïroise MALDAGUE (1964) estime que les termites consomment 6 à 7 t. de matière organique par an et hectare, correspondant à environ 50 % de la matière végétale tombée au sol et LEPAGE (1979), travaillant dans les savanes sahéliennes du Ferlo septentrional du Sénégal, confirme que les termites, abondants dans les dépressions humides, prélèvent 49 % de l'herbe produite, mais seulement 5,4 % en savane sahélienne où l'occupation du sol par ces insectes est sporadique.

LEE et WOOD (1971b) réduisent cette consommation à 35 % pour les espèces australiennes étudiées. Leur système de digestion est très efficace (54 à 93 % de la nourriture ingérée est assimilée) et il met en jeu un grand nombre de protozoaires, de bactéries et, dans certains cas, de champignons symbiotiques (*Termitomyces sp.*) (LEE & WOOD, 1971 ; GARNIER-SILLAM & al., 1988).

La libération des nutriments dans les feces n'est pas aussi importante que chez les vers de terre (WALWORK, 1976).

Les termites incorporent aux structures de leurs nids une certaine quantité de feces (variable suivant les espèces) qui sont des microagrégats organominéraux stables (GARNIER-SILLAM, 1989). Le taux de matière organique dans les termitières est le plus souvent supérieur à celui des sols environnants, particulièrement lorsque l'on est en présence de structures en carton (LEE & WOOD, 1971 ; WOOD & SANDS, 1978). Du fait de la présence de ces déjections, le taux de nutriments Ca, K, P dans les nids est généralement supérieur à celui du sol.

- Sur la morphologie

L'action des termites sur la morphologie des sols est connue par les remontées spectaculaires de matériaux qu'effectuent certaines espèces, les enrichissements chimiques qui en découlent et les recouvrements auxquels ils ont pu donner lieu. Dès la fin du siècle dernier, des travaux signalent l'importance du rôle des termites dans l'ameublissement des horizons superficiels (DRUMMOND 1889 ; PASSARGE 1904).

Tous les auteurs s'accordent en effet à reconnaître que les matériaux des grosses termitières épigées proviennent pour l'essentiel des horizons profonds du sol. (GRASSE 1950 ; GRASSE et NOIROT, 1957a ; HARRIS 1954 ; LEVEQUE, 1975 ; ALONI, 1975 ;

ROOSE, 1976). Les lits de cailloux (*Stone - line*), communs en Afrique, sont trouvés à des profondeurs variables. Certains auteurs pensent que le processus de formation de ces lits est dû à des remontées biologiques, effectuées en particulier par les termites. (LEVEQUE, 1969; COLLINET, 1969; GRAS, 1970; RAUNET, 1979; BACHELIER et LAPLANTE, 1954).

LEE et WOOD (1979a) ont calculé qu'en Australie l'érosion des nids permettait la formation d'un horizon superficiel de 10 cm sur une période comprise entre 250 à 1250 ans, selon les régions et les espèces de termites. De son côté, BOYER (1975a) estime que les énormes termitières de *B. bellicosus rex* (hauteur = 1,90 m, diamètre = 30 m) dont la densité peut atteindre 10 termitières par hectare, peut déterminer un recouvrement de 37 à 40 cm en 10 ans. AKAMIGBO (1984), estime que les termites de type *Nasutitermes* au Nigéria, déplacent 3,7 tonnes de matériel terreux par hectare.

- Sur les caractéristiques physiques

Certains auteurs estiment qu'un accroissement de la macroporosité résulte généralement du travail des termites, mais que la microporosité s'en trouve diminuée. (SPEARS UECKERT et WHIGHAM, 1975 ; GARNIER-SILLAM, 1987 ; GARNIER-SILLAM & al., 1991).

Les termites *Odontotermitinae* construisent à fleur de terre de vastes placages beaucoup moins perméables que la surface lisse du sol (GRASSE et NOIROU, 1959a). Les grosses termitières épigées des *Macrotermitinae* sont pratiquement imperméables en dépit de la forte pression d'érosion. A l'opposé, les nids à excroissances en cratère (exoécie) de certains *Protermes* et *Odontotermes* favorisent l'évacuation en profondeur des eaux de pluie. (WATSON, 1969).

L'intérieur des termitières s'avère beaucoup plus humide que les sols environnants, grâce aux apports naturels et aux remontées d'eau effectués par les termites (GRASSE et NOIROU, 1948 ; BOYER, 1973 et 1975b). Lors de la saison sèche, l'eau emprisonnée sous forme de nappe d'engorgement, s'évapore lentement au niveau d'une frange capillaire, due à la microporosité des matériaux.

Les éléments tenus en dissolution précipitent alors sur place en enrichissant la termitière et le sol avoisinant.

Pour ce qui est de la stabilité structurale des matériaux de termitières, il semble bien exister une corrélation entre la proportion de matières organiques incluses dans ces matériaux et leur résistance à la dispersion (GARNIER-SILLAM & al., 1972 ; BOYER, 1975b).

LEPRUN et ROY (1976, 1977) constatent une répartition édaphique des termitières de deux espèces de *Macrotermes*, en fonction de la nature du sol : sols ferrallitiques à kaolinite et sols ferrugineux à montmorillonite et attapulgite.

De par leur fonction de constructeurs, ils affectent la granulométrie des matériaux de construction de leur nids, mais aussi celle du sol avoisinant, qui leur sert de lieu de prélèvement.

- Sur les caractéristiques chimiques

(ROBINSON, 1958 ; NYE, 1955 ; GRASSE et JOLY, 1941 ; GARNIER-SILLAM, et al., 1985a ; GARNIER-SILLAM et al., 1989).

L'enrichissement chimique des nids est la conséquence des remontées de matériaux fins et de l'incorporation des fèces. Le broyage et les triturations par les ouvriers de matériaux (argile) plus ou moins altérés, prélevés en profondeur, peut aussi contribuer à la libération de certains éléments chimiques (Fe, Al, Ca, P, Mg...).

L'incidence des grandes termitières épigées sur les caractéristiques chimiques des sols est plus importante que celle des termitières souterraines ou faiblement épigées. Ces dernières sont caractérisées par l'origine plus superficielle des matériaux.

Une étude des termitières de *Bellicositermes bellicosus rex* et de *Thoracotermes sp* (termite humivore) en République Centrafricaine par BOYER (1956 a), a montré qu'il y avait moins de matière organique dans ces termitières que dans les sols voisins. Toutefois, les teneurs en carbone et en azote demeurent plus faibles dans les termitières de *Bellicositermes bellicosus rex* que dans celles de *Thoracotermes sp.* (humivores forestiers); ce phénomène est peut être dû à l'incorporation des matières stercorales aux boulettes de construction par les ouvriers.

Une autre étude, menée par STOOPS (1964), montre une augmentation considérable de la matière organique dans les termitières de *Cubitermes sankurensis* et *C. sp.*. Par contre, les *Cubitermes* édifient principalement leurs termitières avec leurs excréments et très peu de salive.

D'après les observations de MALDAGUE (1970) au Zaïre, les matériaux des grandes constructions de *Macrotermitinae* (*Macrotermes*), tout en offrant une texture plus fine, ont des taux de carbone et d'azote nettement inférieurs à ceux des sols voisins et présentent un rapport C/N peu modifié. Par contre, les termitières d'*Amitermes evuncifer* (termitières mi-hypogées-mi-épigées construites en carton stercoral), de *Nasutitermes ueleensis* et de *Cubitermes fungifaber* (termitières maçonnées à partir de matériaux fins malaxés avec des sucs salivaires) sont enrichies en carbone et en azote.

D'après LEE et WOOD (1971a), les termites australiens se nourrissant d'herbes ont des termitières à rapport C/N de 0,8 à 2 fois plus élevé que les autres termites se nourrissant de bois mort. Ces auteurs ont montré que les nids en carton stercoral renfermaient jusqu'à 16,5% de composés polyphénoliques et une forte proportion de composés de nature humique ou préhumique. La lignine en demeure un constituant premier. Ces nids en carton sont très résistants à la décomposition microbienne et, résistent en laboratoire à l'attaque de l'eau oxygénée.

- Sur la capacité totale d'échange, les bases échangeables et le pH

La capacité d'échange (T) et la somme des bases échangeables (S), dans les matériaux des termitières épigées sont plus élevés que dans le sol environnant; cela est dû à une plus grande teneur en éléments argileux. Mais comme l'accroissement de la somme des cations échangeables y est habituellement supérieur à l'augmentation de la capacité de fixation, le rapport S/T s'y trouve normalement plus élevé que dans le sol. (STOOPS, 1964; BOYER, 1969; LEE et WOOD 1971b).

Le pH du sol en place est soit peu modifié, soit plus généralement amené à une valeur proche de la neutralité (BOYER, 1956a; GOODLAND, 1965).

La grande richesse chimique des termitières, leur pH généralement moins acide que celui du sol, et la fréquence des remaniements avec apports de salive qui s'y manifestent, paraissent freiner les processus de ferrallitisation; le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ est souvent plus élevé dans les termitières que dans le sol voisin, mais de la silice libre peut aussi y être apportée par les eaux, alors que les entraînements s'y trouvent pratiquement supprimés.

3/ LES FOURMIS

Comme les termites, les fourmis (*Hyménoptères*) sont des insectes sociaux et leurs colonies ont des effets similaires bien que moins spectaculaires sur les sols et les plantes (STORK & EGGLETON, 1992). Elles construisent des nids avec de nombreuses galeries et chambres souterraines et, dans certains cas, un monticule épigé. Ces constructions jouent le même rôle que les termitières sur les propriétés physiques et chimiques du sol et sur la croissance des végétaux.

Ce sont des espèces pionnières que l'on rencontre aussi bien sur les dépôts récents de rivières que sur les terres dénudées ou les tourbières (GASPAR, 1966a).

Leur action sur le sol est moins étudiée que celle des termites. Elles n'édifient pas des nids aussi volumineux que les grosses termitières épigées. Ces insectes creusent abondamment le sol, et s'ils contribuent à remonter en surface les matériaux des horizons sous-jacents, ils ne les utilisent pas, à quelques exceptions près, pour leurs constructions. Elles sélectionnent, pour la construction des nids, des particules fines provenant des horizons profonds du sol.

Les galeries et les chambres diminuent la densité et augmentent la porosité, l'aération, la rétention d'eau et la perméabilité des sols (PETAL, 1974). Les fourmis jouent un rôle important dans de nombreux sols du continent américain, et il est intéressant de constater que du Nord de l'Argentine aux U.S.A., les fourmis *Atta* et *Acromyrmex* cultivent au sein de leur nids, comme certains termites africains, des champignons sur des meules de débris végétaux coupés et imbibés de salive, ou éventuellement de liquide excrémental. Dans le cas des *Atta*, les champignons cultivés appartiennent au genre *Rhizites* (alors qu'il s'agit des

genres *Termitomyceates* chez les termites africains). A la différence des termites ces fourmis utilisent du matériel foliaire vert.

L'activité des fourmis est fonction de la lumière et des pluies. Elles ont un régime alimentaire très variable suivant les espèces: carnassier, phytophage ou omnivore. Elles contribuent à enrichir le sol en apportant dans leurs nids de grandes quantités de matière organique qui est activement dégradée par de nombreuses bactéries et, dans certains cas, par des champignons symbiotiques.

La minéralisation est intense dans les fourmilières; l'humification y est par contre très faible. Les nutriments libérés (N, P, Ca, Mg, Na) s'accumulent dans le nid et le pH est proche de la neutralité (PETAL, 1974). Les fourmis contribuent également à l'aération des sols et facilitent la pénétration des eaux de pluie.

De nombreux animaux sont associés à ces fourmilières et certains contribuent à l'évolution des matières organiques enfouies, d'autres y trouvent refuge. Les déchets de certaines fourmis (*Atta*) forment des dépotoirs qui possèdent une faune caractéristique (carabes, blattes, larves de coléoptères...) et servent d'engrais aux populations de plantes locales. Certaines fourmis (champignonistes) ne nuisent généralement pas aux cultures et leur action sur la fertilité des sols s'avère le plus souvent positive (WEBER, 1966). Au Mexique, dans la région du lac Tapala, les *Atta* s'avèrent cependant prédatrices des champs de tabac et des vergers tout comme dans les pâturages sud-américains, où les fourmis ont souvent une action néfaste sur les graminées.

KLAUS & DELASCIO (1991) ont observé, dans les savanes du Vénézuéla, un développement plus facile de la végétation arborée en présence de fourmis et de termites. Ce phénomène semble lié à plusieurs facteurs : augmentation de la disponibilité en nutriments, augmentation des chances de croissance des plantes cultivées, résistance aux aléas climatiques et augmentation du drainage.

4/ LES MYRIAPODES, COLÉOPTÈRES, ARACHNIDES, DIPTÈRES, ISOPODES, MOLLUSQUES

Le rôle des autres groupes de la macrofaune dans le sol est moins connu que celui des trois cités précédemment.

LES MYRIAPODES

D'après différents auteurs, les diplopodes sous forêt tempérée consomment annuellement entre 7 et 10 % de la litière et 4 à 16 % seulement de cette litière ingérée est assimilée par l'animal ; de grandes variations existent toutefois en fonction de l'espèce et de la qualité du matériel ingéré (EDWARDS, 1974). Les diplopodes, comme les vers, mélangent les débris végétaux avec le sol au cours de leur nutrition, mais BORNEBUSCH

(1950) a fait remarquer que les déjections des myriapodes renferment généralement trois fois moins de matières minérales que les déjections des Lombricides. Ils participent alors peu au mélange des débris organiques avec le sol minéral.

Les diplopodes réduisent la litière à des fragments d'environ 100 microns de côté. Ces fragments peuvent ensuite être repris par les Collemboles, des Oribates ou Enchytréides qui les réduisent à une taille encore inférieure.

-L'action des myriapodes sur la physique et la chimie des sols dépend essentiellement de leur activité fousseuse et de leur action favorable sur l'humification des débris végétaux. En même temps qu'ils aident à la décomposition de la litière et favorisent les processus d'humification, les diplopodes des steppes russes favorisent aussi l'accumulation du calcaire dans les Chernozems; cela est probablement dû à l'évaporation plus facile des solutions du sol au sein des galeries.

LES COLÉOPTÈRES

De nombreux coléoptères demeurent dans les sols et peuvent souvent servir d'indicateurs au pédobiologiste. D'après COIFFAIT (1960), les sols favorables au développement des coléoptères endogés seraient des sols ayant une teneur élevée en éléments fins (argiles et limons) susceptibles d'y maintenir une humidité favorable.

L'action des coléoptères dans le sol se traduit principalement par leur influence sur son équilibre biologique. En effet, 80 % des coléoptères sont phytophages (phyllophages, xylophages, rhizophages, germinivores, seminivores, etc.) et peuvent être "nuisibles" aux plantations et cultures. Les autres sont pour la plupart des prédateurs, souvent aussi bien à l'état larvaire qu'à l'état adulte. Les larves de coléoptères sont, après les larves de diptères, les plus nombreuses du sol.

LES DIPTÈRES

Les larves de diptères constituent, avec les larves de coléoptères, la majorité des larves d'insectes de la litière.

La plupart des larves de diptères se nourrit de débris végétaux; aussi les horizons les plus riches en ces larves sont-ils les horizons de décomposition de la litière et, à un degré moindre, les horizons humifères. Elles manifestent des préférences alimentaires certaines : racines, bois mort en décomposition, mycélium de champignons, champignons, fumier, boulettes fécales, etc. Beaucoup de larves de Diptères sont aussi carnivores, d'autres sont parasites.

Les larves de diptères influencent fortement la décomposition des débris végétaux, d'autant plus qu'elle peuvent mélanger activement ces débris avec la partie minérale du sol, souvent même plus efficacement que les enchytréides.

D'après GHILAROV (1963), le rôle des larves de diptères serait très important dans la pédogenèse sous toundra et taïga, biomes dans lesquels, l'été, les Diptères pullulent effectivement.

Dans un pâturage polonais, OLECHOWICZ (1976) a constaté que les larves de diptères consomment, durant la saison de pâturage, 16 % du fumier de mouton et en assimilent le dixième, dont les trois quarts servent à la respiration; 7 Kcal seulement sur les 278 Kcal ingérées au mètre carré servent à l'édification des larves.

Les résultats de l'influence qu'exercent les diverses larves de diptères sur la dégradation des débris végétaux, et notamment leur humification, demandent de nouvelles études. L'importance de ces larves dans le sol est sous-estimée car, si leur action est limitée dans le temps et dans l'espace, elle est par contre très importante; en quelques jours, un pullulement de ces larves modifie une litière plus profondément que ne le ferait, en de nombreux mois, un peuplement normal de microarthropodes.

LES ARACHNIDES

Quatre sous-classes sont importantes dans les sols mais deux seulement (*Araneida* et *Phalangida*) font partie de la macrofaune; les deux autres (*Acari* et *Chelonethida*) entrent dans la mésofaune. Les *Araneida* sont des prédateurs actifs et leur distribution est directement liée au microclimat et à la diversité des habitats. Les *Phalangida* sont surtout présents dans les forêts et se nourrissent de petits insectes, de larves et de petits myriapodes (WALWORK, 1976).

LES ISOPODES

Les isopodes représentent la classe des crustacés vivants dans le sol. Leur cuticule perméable les rend sensibles à la dessiccation. Ils vivent donc dans les lieux humides où ils se nourrissent de matière végétale en décomposition et, comme les diplopodes, jouent un rôle dans la fragmentation et la dispersion de la litière. Ils peuvent également être les vecteurs de mycorrhizes symbiotiques des arbres (RAW, 1961 ; STORK & EGGLETON, 1992).

CHAPITRE II CADRE GEOGRAPHIQUE

I - LE KOUILOU (JAMET, 1975)

Le Kouilou est situé au sud du Congo, et s'étend de la grande chaîne du Mayombe jusqu'à l'océan Atlantique.

La zone d'étude est le secteur de reboisement situé à l'Est de la ville de Pointe-Noire, de part et d'autre de la route Brazzaville-Pointe-Noire. Débutant à 5 kilomètres de la ville, le bloc principal s'étend sur 7 à 9 kilomètres, prolongé par des parcelles d'essais échelonnées le long de la route sur une trentaine de kilomètres.

Les plantations de l'U.A.I.C. (Unité d'Afforestation Industrielle du Congo) dans lesquelles s'est effectuée cette étude, couvrent près de 48000 hectares; elles ont été installées dans la savane qui constitue l'arrière-pays de Pointe-Noire.

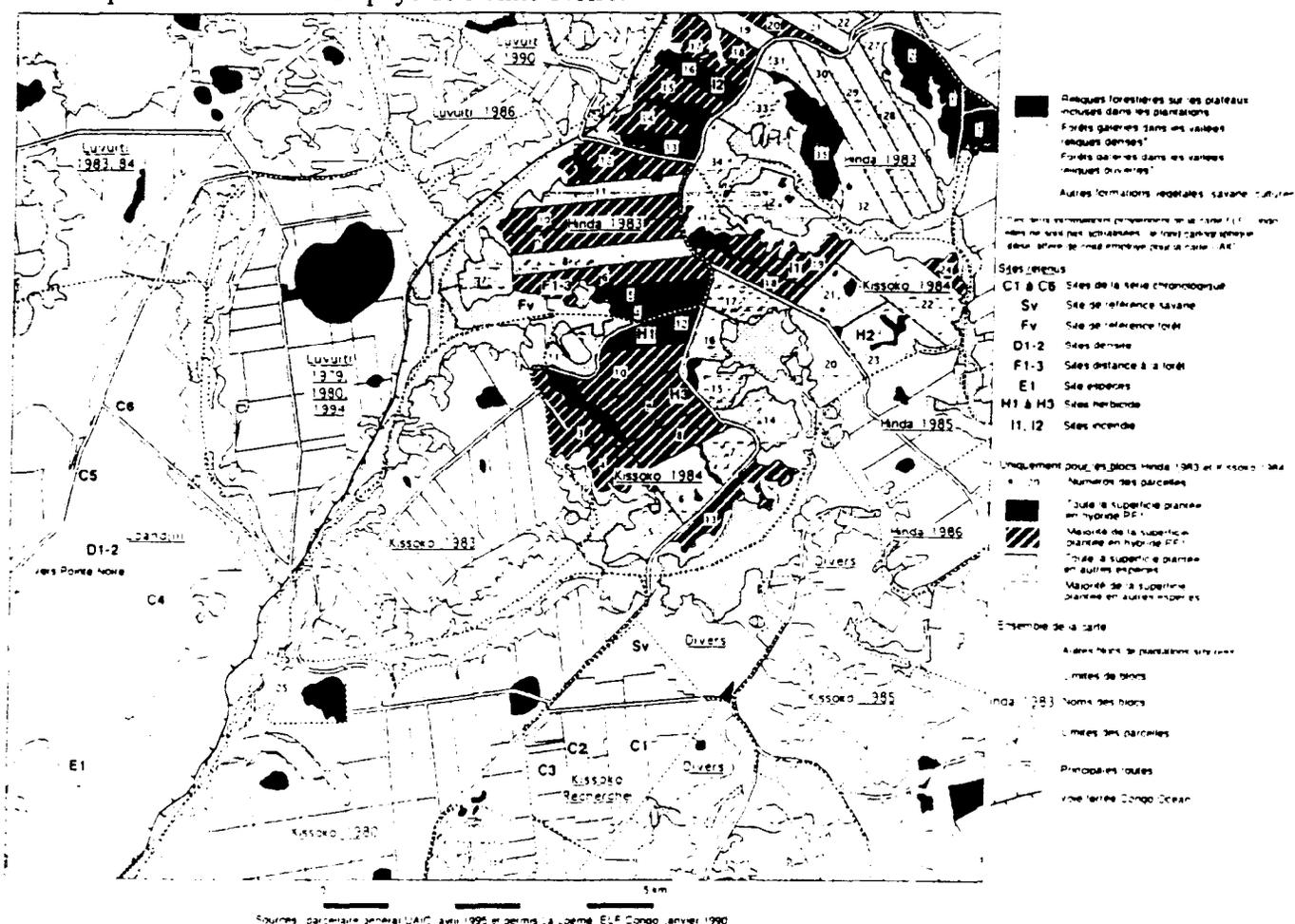


Figure 4 : Situation des plantations de l'Unité d'Afforestation Industrielle du Congo (UAIC)

I - 1/ Le climat

Les traits les plus marquants, qui caractérisent le climat équatorial de transition (climat bas-congolais de AUBREVILLE), qui règne dans cette région, sont la longueur et la rigueur de la grande saison sèche qui, entre mai et septembre, dure 4 mois. La moyenne des précipitations, à Pointe-Noire, calculée pour les années 1985-1995 est de 1200 mm ; avec des hauteurs mensuelles maximale et minimale respectivement de 204 et 72 mm. La saison de pluies s'étend d'octobre à mai avec un ralentissement, parfois une interruption des pluies entre janvier et février (petite saison sèche). A noter aussi que les précipitations s'accroissent légèrement lorsque l'on s'éloigne de la côte vers le pied de la chaîne montagneuse du Mayombe.

L'évaluation de l'évapotranspiration potentielle, calculée d'après la formule de TURC et cumulée pour les 4 mois de la saison sèche s'élève, à Pointe-Noire, à 314 mm d'eau, ce qui fait ressortir l'importance du déficit de saturation existant à cette époque de l'année. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 25°C.

I - 2/ Géomorphologie

La zone d'étude se situe dans le bassin sédimentaire côtier, dont les formations crétaciques de base ont été recouvertes par des formations détritiques meubles pliopléistocènes; celles-ci sont constituées par des strates successives de texture variable, surmontées par une couverture sablo-argileuse (70 à 90 % de sable) de teinte jaunâtre, dont l'épaisseur varie de 5 à 15 mètres environ, et à partir de laquelle se sont développés les sols.

La morphologie de la région côtière, ou série des cirques, est constituée par un ensemble de collines et plateaux, séparés ou entaillés par un système de vallons d'importance variable, dont l'altitude maximale avoisine 180 m.

La région des collines, très morcelée par un réseau hydrographique dense descendant du Mayombe, est localisée dans la partie Est du bassin. Quant à la partie la plus proche de l'océan, elle est morcelée en trois plateaux : Tinkoussou, au nord, entre la Conkouati et la Noumbi ; Kayes entre cette dernière et le Kouilou et, enfin Hinda sur la rive droite de la Loémé et sur lequel sont établies les plantations qui nous intéressent. Leur surface, faiblement ondulée, est entaillée par de petites rivières ou de petites vallées sèches au cours tapissé d'herbes et d'arbustes.

En surface, de petites dépressions fermées font penser à une érosion par soutirage. La végétation de ces fonds humides est plus vigoureuse et abondante qu'ailleurs. Une autre forme d'érosion plus spectaculaire a donné son nom à cette série : l'érosion en cirques qui sont de vastes excavations aux parois raides.

I - 3/ Le sol

Les sols de la zone étudiée sont de texture légère, ne renfermant que très peu d'argile, et sont, de plus, appauvris en surface et sans structure définie. Très filtrants, leur capacité de rétention pour l'eau est faible et leur dessèchement, tout au moins en surface, rapide. Ils constituent le groupe particulier des sols psammitiques renfermant moins de 15 % de phyllites et sesquioxides, développés sur un matériau détritique pratiquement dépourvu de minéraux altérables.

Dans la classification CPCS (1976), ces sols sont appelés : sols ferrallitiques fortement désaturés, psammitiques, appauvris, modaux sur matériau sableux à sablo-argileux de la série des cirques.

La teneur en argile des horizons les plus profonds (1 mètre), les mieux pourvus, oscille, entre 5,8 et 10,7 %, soit une moyenne de 9 % environ à 1 mètre de profondeur, cette moyenne n'est plus que de 6 % (valeurs extrêmes 1,5 et 9,8 %). La teneur moyenne en argile dans les 30 centimètres supérieurs varie de 1 à 4,5 %. De ces chiffres ressort un rapport entre la surface (0-30 cm) et la profondeur, de 1/2 à 1/3 (indice d'appauvrissement).

Les teneurs en limons sont, de même, très faibles. Les teneurs en sables grossiers et fins représentent, en profondeur, de 82 à 90 % et 92 % dans les 10 centimètres supérieurs.

La fraction sableuse est surtout constituée de sables moyens, le diamètre le plus fréquent des grains se situe entre 0,10 et 0,25 mm.

Ces sols évolués ne renferment, même dans l'horizon le plus superficiel, que peu de petits agrégats organiques, liés au système racinaire. Leur teneur en matière organique est faible, ne dépassant que rarement 1,5 % en surface pour descendre à 0,2 - 0,3 % à un mètre.

I - 4/ La végétation

La végétation des savanes est constituée par des peuplements herbacés de taille réduite, et discontinus, couvrant mal le sol, à allure de steppes graminéennes où les autres plantes sont peu nombreuses; la végétation arbustive en est absente ou rare, représentée par des *Anona arenaria*, dispersés, petits et tortueux.

Dans la zone d'étude, dominant *Hyparrhenia diplandra* avec, en association, *Loudetia simplex*, *Rhynchelytrum nerveglume* et une dizaine d'autres espèces végétales.

II - LA BOUENZA - VALLEE DU NIARI

Située au sud-ouest du Congo, dans la vaste dépression du Niari, la vallée du même nom est comprise entre la chaîne du Mayombe au sud-ouest, le plateau des cataractes au sud, le plateau Babembé au nord. Elle est encadrée par les méridiens 12° 21' ouest et 14° 57' est et se trouve à cheval sur le 04° 00' (fig. 5).

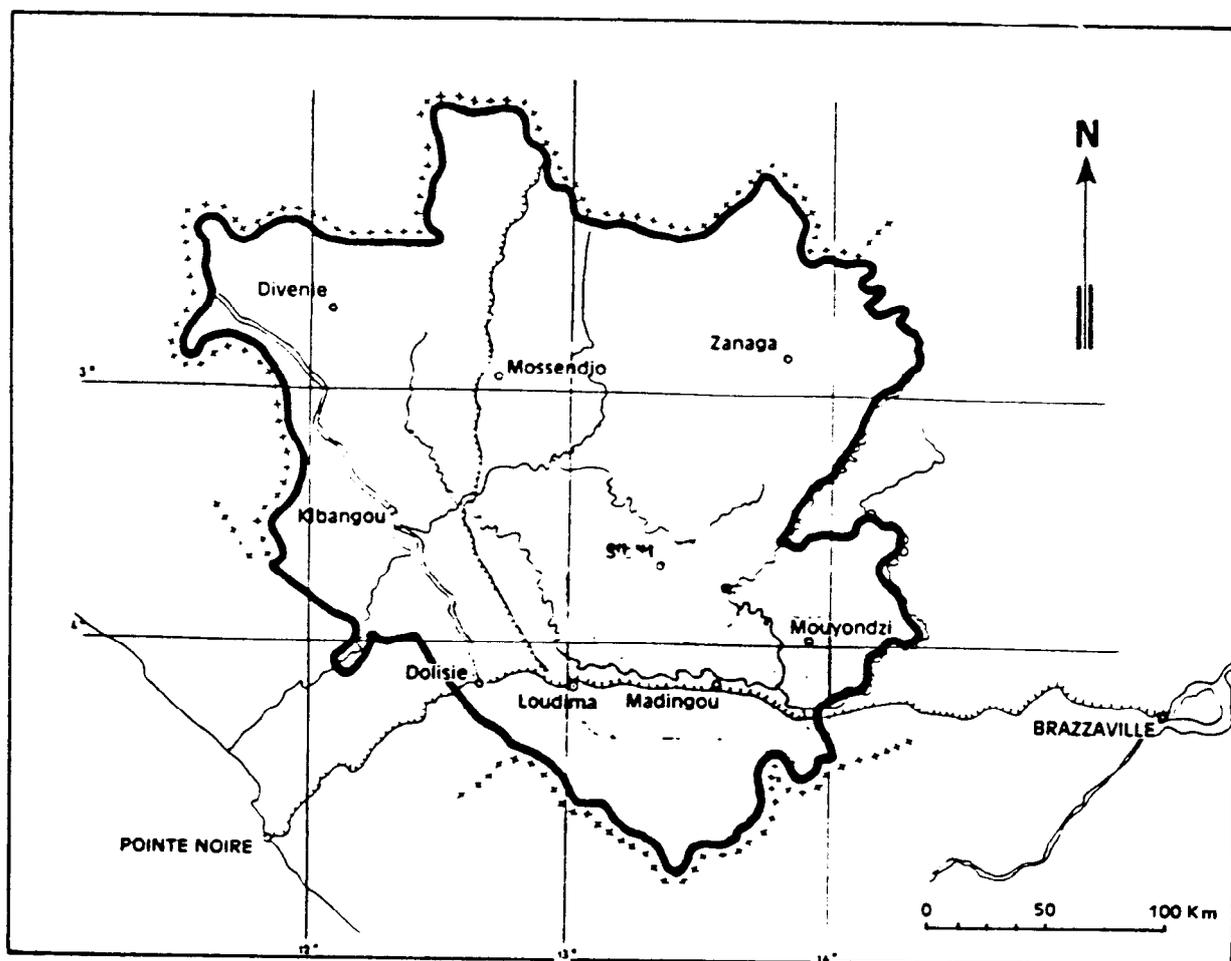


Figure 5 : La vallée du Niari [D'après Dibangou, 1994]

II - 1/ Le climat

La partie méridionale du Congo est soumise au climat du type Bas-Congolais ou encore Soudano-Guinéen. Le climat se caractérise par une grande saison sèche de 4 à 5 mois, coïncidant avec un minimum de la température et de tension de vapeur d'eau, en liaison avec le courant froid du Benguela longeant le littoral Angolais et Bas-Congolais. La saison des pluies s'étale sur 8 mois, d'octobre à mai avec un ralentissement des pluies en janvier et février.

La pluviosité varie entre 1161 mm et 2276 mm, la moyenne annuelle étant de 1456 mm à Mouyondzi pour la période 1985 - 1995 (station météorologique de Mouyondzi) en liaison avec l'altitude et les microclimats. Les variations enregistrées d'une année à l'autre sont importantes, les écarts à la moyenne pouvant dépasser 500 mm.

La température moyenne mensuelle est comprise entre 19°C et 28,5°C, la température moyenne annuelle étant de 24,5°C. La température minimale absolue est de 9,3°C et celle maximale de 35°C. La température dans le sol, à 10 cm oscille entre 23,8 et 28,6 °C, à 20 cm elle se situe entre 23,6 et 27,20 °C, enfin, à 50 cm elle varie entre 22 et 26 °C.

L'humidité relative annuelle varie entre 55 % (minimum) et 98 % (maximum). Elle avoisine la saturation au cours de la nuit (90 à 100%) et décroît au cours des heures chaudes de la journée : le minimum mensuel moyen se situe en février et en mars 56,5.

L'évaporation tourne entre 50 et 853 mm selon le mois de l'année. Quand à la pression atmosphérique elle se situe entre 953 et 1013 bar.

I - 2/ La géomorphologie

La zone d'étude est constituée en majeure partie de témoins d'une grande surface d'aplanissement qui recoupe le Schisto-calcaire, la Tillite supérieure du bas-congo et le Bouenzien ; son altitude moyenne est comprise entre 500 - 580 mètres. Elle est située entre une surface mi-tertiaire d'altitude moyenne 700 m au nord, et la surface d'aplanissement du Niari, de formation actuelle, d'altitude inférieure à 200 mètres.

On trouve, du sud au nord, à partir du Niari, une zone de collines et buttes témoins de plateaux, qui montent vers les plateaux de Mouyondzi (500 mètres). Ceux-ci présentent deux surfaces, l'une à 500 mètres, l'autre à 580-590 mètres, ce modelé étant peut-être dû, directement ou indirectement, à des accidents tectoniques (LUCAS, 1977).

Les plateaux de Mouyondzi sont bordés au nord par la Louloula, puis par une zone de collines très découpées, au réseau hydrographique dense, drainée essentiellement par la Louati II, dont les sommets culminent vers 500-530 mètres.

Le modelé sur le Schisto-calcaire, c'est à dire des collines du Niari aux plateaux de Mouyondzi inclus montre de nombreuses formes et manifestations d'érosion karstique (dolines de toutes tailles, vastes dépressions fermées, rivières souterraines) qui attestent l'importance du phénomène de dissolution dans la morphogenèse sur Schisto-calcaire.

D'après DENIS (1970), il s'agirait d'un plateau cuirassé qui se serait démantelé en donnant des blocs de cuirasse et des gravillons ; ce plateau aurait été recouvert d'un manteau argileux allochtone provenant de zones voisines plus hautes. L'érosion aurait provoqué le recul du bord du plateau il y aurait eu un cisaillement de la nappe de gravats, la troncature des sols de pentes au niveau de l'horizon d'altération et une nouvelle phase de pédogenèse. L'ensemble de ces processus explique la formation (fig. 6) :

- des sols remaniés profonds de plateaux
- des sols remaniés peu épais de début de pente
- des sols pénévulés de mi-pente avec plaquettes de calcaire

I - 3/ Le sol

Les sols de Mouyondzi sont, comme la plupart des sols de la vallée du Niari, des sols ferrallitiques. On y rencontre cependant des sols minéraux bruts et des sols peu évolués (DENIS, 1970).

I - 3/ Le sol

Les sols de Mouyondzi sont, comme la plupart des sols de la vallée du Niari, des sols ferrallitiques. On y rencontre cependant des sols minéraux bruts et des sols peu évolués (DENIS, 1970).

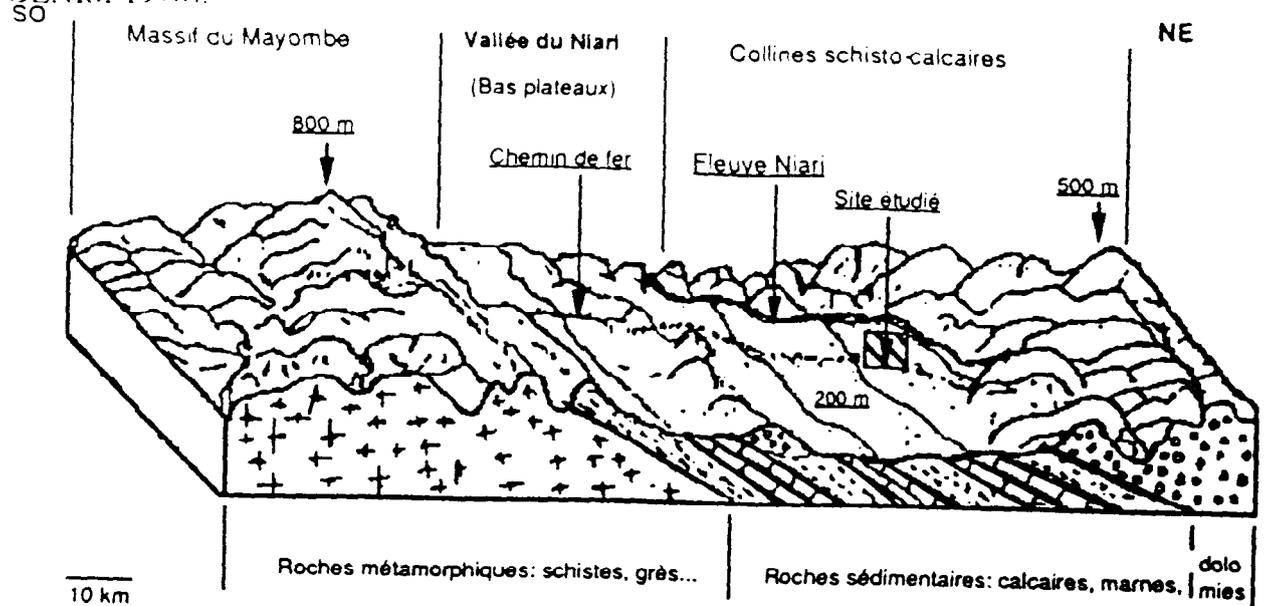


Figure 6 : Bloc diagramme de la Vallée du Niari et de ses environs : topographie, Hydrologie et substratum géologique [D'après Mapangui, 1993]

Ils sont caractérisés par une altération complète des minéraux primaires, une grande épaisseur du profil, une abondance des minéraux secondaires (oxydes et hydroxydes de fer), une élimination de bases le long du profil, une accumulation du manganèse sous forme de fines concrétions. La fraction argileuse est constituée par de la kaolinite, de la goethite plus ou moins alumineuse, de l'hématite et parfois, d'un peu d'illite (DE BOISSEZON, 1967; BRUGIERE, 1953; DENIS et RIEFFEL, 1975).

Ces sols, dont l'épaisseur peut dépasser 20 mètres, présentent trois niveaux bien distincts: un niveau supérieur, un niveau moyen et un niveau inférieur (DE BOISSEZON, 1967).

Le niveau supérieur comporte un horizon humifère riche en matière organique et un horizon de pénétration humifère. Ce niveau est caractérisé par l'absence d'éléments grossiers et une bonne structure (grumeleuse fine en surface à polyédrique moyenne à fine en profondeur).

Le niveau moyen est caractérisé par l'abondance des éléments grossiers. Ceux-ci sont de taille très diverse et ont une nature lithologique très variée : on trouve des concrétions gravillonnaires, des blocs de cuirasses et de débris de roches siliceuses qui montrent parfois des traces d'érosion hydrique. La terre fine qui emballer ces éléments grossiers est identique au matériau sous-jacent.

Le niveau inférieur est généralement constitué, dans sa partie supérieure, par des horizons argileux à structure polyédrique qui recouvrent des horizons d'altération argileux, à structure massive, souvent engorgés d'eau et qui conservent la structure de la roche-mère.

I - 4/ La végétation

Dans son ensemble, la vallée du Niari se présente comme une savane arbustive entourée de zones forestières (Forêt du Chaillu et du Mayombe) plus élevées et plus humides (KOECHLIN, 1961).

La strate arbustive, de densité souvent faible, est formée d'individus atteignant une hauteur de 1 à 3 mètres. Le tapis herbacé, qui paraît très dense, est formé essentiellement de graminées pouvant atteindre des hauteurs de 3 à 4 mètres dans les terrains les plus favorables ; mais au niveau du sol, la couverture est faible ; les touffes sont séparées et écartées les unes des autres.

Les peuplements végétaux les plus rencontrés sont les suivants :

Strate arbustive : *Anona arenaria* et *Hymenocardia acida* (*Vitex madiensis*, *Bridelia ferruginea*, *Psorospermum febrifugum*, *Gardenia jovis-tonantis*).

Strate herbacée : *Hyparrhenia diplandra* (*Hyparrhenia cyanescens*, *Panicum phragmitoides*, *Schizachyrium platyphyllum*, *Brachiaria brizantha*), (*Abrus canescens*, *Asparagus africanus*, *Uraria picta*, *Eriosema glomeratum*, *Eriosema cajanooides*, *Glycine hedysaroides*, *Vernonia smithiana*, *Desmodium mauritianum*, *Bulbostylis abortiva*, *Hypoxis* sp.).

Sur les sols plus sableux issus de la Tillite supérieure du Bas-Congo et du Bouenziens, la végétation est plus xérophile, la strate arbustive plus dense et dans la strate herbacée, *Loudetia arundinacea* et *Hyparrhenia lecomtei* sont les plus abondantes.

Sur les affleurements de gravillons ferrugineux et de blocs de cuirasse des pentes de plateau, on trouve un groupement à tendance xérophile avec *Andropogon pseudapricus*, *Hyparrhenia lecomtei* en strate herbacée, et une strate arbustive peu développée avec *Vitex madiensis*, *Anona arenaria* et sur les pentes à affleurement de calcaire marneux on trouve une végétation mésophile qui se rapproche de celle des plateaux, avec *Hyparrhenia diplandra*, *Schizachyrium platyphyllum* en strate herbacée, mais à strate arbustive peu développée à *Bridelia ferruginea*, *Sarcocephalus esculentus*, *Anona arenaria*.

La végétation des jachères est dominée par *Imperata cylindrica*, qui reste dominante pendant plusieurs années. On trouve aussi *Digitaria polybotrya*, *Pennisetum polystacchyon*, *Melinis multiflora*.

Les savanes sont brûlées annuellement à la fin de la saison sèche.

I - 5/ La faune du sol

L'action de la faune du sol, n'a jamais fait l'objet d'une étude dans la Vallée du Niari. L'activité faunique la plus visible est principalement celles des termites (épigées et endogées) qui sont fréquemment observés à la surface du sol.

DEUXIEME PARTIE

MATERIELS ET METHODES

La deuxième partie de ce mémoire décrit le matériel et les différentes méthodes utilisées dans le traitement des données.

Le premier chapitre (chap. III) décrit le matériel et le deuxième (chap. IV) les méthodes.

CHAPITRE III : MATERIELS

I - LOCALISATION ET CARACTÉRISATION DES SITES D'ÉTUDES

Cette étude, s'est déroulée, dans deux zones différentes:

- La première zone est celle de la région du Kouilou. L'étude menée dans les plantations de pins, d'acacia, et d'eucalyptus (près de 48 000 ha) de l'UAIC (Unité d'Afforestation Industrielle du Congo), avait pour intérêt de mesurer le niveau de recolonisation de ces sites par des peuplements de macroinvertébrés et les effets des différentes espèces d'arbres à croissance rapide sur ces mêmes peuplements.
- Dans la vallée du Niari qui est la deuxième zones d'étude, nous avons deux intérêts. Premièrement trouver un site qui sera en opposition à ceux du Kouilou pour mesurer l'effet du sol et de la végétation sur les peuplements de macroinvertébrés. Ensuite pour le reste des sites: Nkayi (plantations de canne à sucre), Bouansa (jachère de manioc-Mantsouba) et Mouyondzi (village de Moussanda-champs paysans), l'intérêt était de mesurer les effets de différentes pratiques agricole sur les macroinvertébrés.

La principale différence entre les deux zones est la roche-mère ; sables tertiaires ou quaternaires à Pointe-Noire (Kouilou) et séries schisto-calcaires du précambrien supérieur dans la vallée du Niari. A Loudima comme partout ailleurs dans la vallée, l'horizon superficiel du sol est fortement argileux, grumeleux et de couleur brun, gris moyen alors qu'à Pointe-Noire il est sableux, non structuré et brun-jaune très clair. Les deux sols diffèrent beaucoup par leur aspect mais aussi par leur fertilité.

I-1/ Choix et description des sites dans le Kouilou

Les plantations d'arbres à croissance rapide

Les plantations de l'UAIC (Unité d'Afforestation Industrielle du Congo) sont, d'un grand intérêt économique car on en exporte plus de 80 tonnes de bois/ha, qui sert à la fabrication de la pâte à papier. L'UAIC, est la seule entreprise forestière de la région. Elle exploite depuis 1986, près de 83 000 ha de terre dans la région du Kouilou.

L'agriculture pratiquée à l'UAIC est de type mécanisé et intensif. Ce type d'exploitation des terres a été la bienvenue, dans cette zone, où les terres sont très pauvres.

L'installation de ces plantations dans la zone, a donné un nouveau dynamisme dans la région, car on a cru, pendant longtemps, qu'on ne pouvait rien produire dans cette partie du Congo (fig. 8).

Les plantations n'ont été installées, que sur des pentes inférieures à 15 % ; les îlots forestiers sont respectés et se retrouvent inclus dans la plantation. Les ligneux de savane étaient dessouchés mais cette opération assez onéreuse a été abandonnée car ces arbustes ne représentent pas une forte gêne. Le tapis herbacé est retourné au cover-crop, charrue à

disques crénelés travaillant jusqu'à 15 cm de profondeur. La ligne de plantation est labourée, à la sous-soleuse. La mise en place des jeunes plants préparés en pépinière se fait de préférence en saison des pluies.

Le démarrage des arbres est aidé par une fumure de fond (dans le trou de plantation) et par des désherbages périodiques. Ceux-ci, se faisaient plusieurs fois durant les deux premières années, selon la repousse des adventices.

Cet entretien, est réalisé au cover-crop dans l'interligne, le nettoyage de la ligne de la plantation ne peut se faire à la houe ou à la machette. L'apparition, des recrues forestiers dans ces forêts de pins, d'acacia, et d'eucalyptus, nous a poussé à faire une étude bio-écologique dans ces sites.

Forêt secondaire

Elle présente les caractéristiques d'une forêt secondaire (végétation assez aérée, sol couvert), avec des arbres de taille moyenne à petite. On y retrouve des traces de vieilles cultures et des souches d'arbres brûlés.

Savane Naturelle

Cette savane arbustive est dominée par la graminée *Loudetia*. Nous soulignons que deux semaines avant les prélèvements, cette savane a été traitée aux herbicides dans le but de détruire toutes les graminées.

Plantation de *Pinus caribaea*

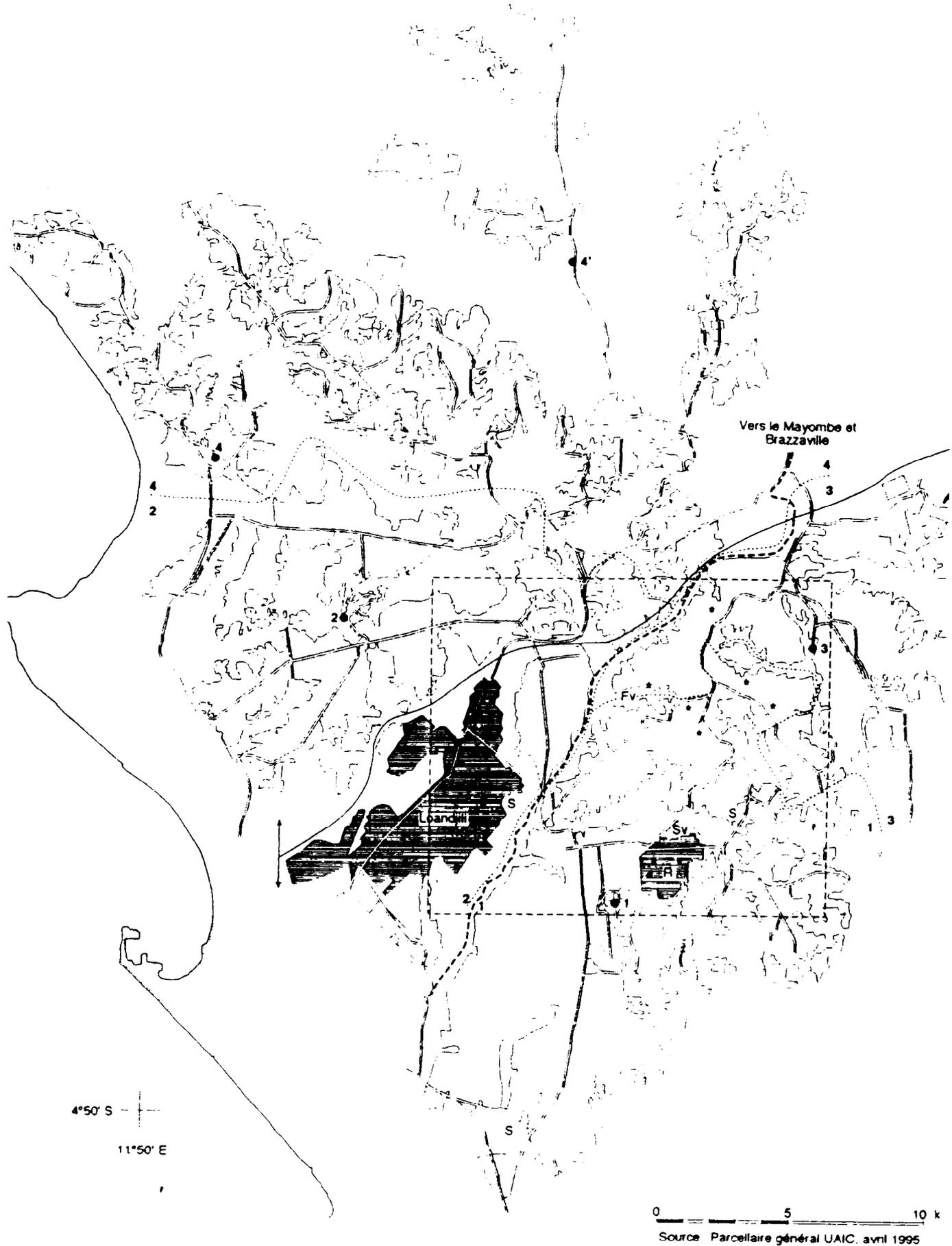
Le sous-bois est très aéré. La litière du sous-sol est composée de feuilles de Pins.

Plantation d'*Acacia auriculiformis*

Cette parcelle est très différente de celle de Pins. Son sous-bois est dense. Le sol est couvert de litière de feuilles d'Acacia et d'autres arbustes divers. A première vue une forte présence de la macrofaune du sol se fait voir (Termites, Fourmis, Coléoptères...).

Plantation d'*Acacia mangium*

Présence de très peu de recrues dans cette parcelle à la différence de la parcelle précédente.



Carte 1 : Plantations UAIC de Pointe Noire

Figure 8 : Plantation d'Eucalyptus [D'après Huttel, 1996]

Plantation d'*Eucalyptus* de 20 ans

La litière du sol est composée de feuilles d'*Eucalyptus*. Présence de quelques fourmis sur le sol. Il faut, signaler une mauvaise décomposition des feuilles d'*Eucalyptus* mortes.

Plantation d'*Eucalyptus* de 6 ans

Cette parcelle n'a pas ou presque pas de recrûs forestiers. La litière est constituée de feuilles d'*Eucalyptus*.

Plantation d'*Eucalyptus* traitée

La litière au sol est composée à 90 % de feuilles d'*Eucalyptus*. On rencontre des fourmis dans la litière, rarement les termites.

Le Mayombe

La flore et la végétation du Mayombe, sont très insuffisamment connues. Le Mayombe présente les caractéristiques d'une forêt primaire (végétation étagée, sol nu sous couvert des arbres) avec des arbres de toutes les tailles (grands, moyens, petits...). Elle a la particularité d'être couverte par le brouillard une bonne partie de la journée. Une partie est exploitée : soit pour la mise en culture, soit pour du bois.

2/ Description et caractérisation du sol

La topographie, par le biais de la différenciation pédologique, permet de distinguer trois types de sites, le plus fertile (où les arbres et les adventices poussent le plus rapidement) est le fond des vallées, le moins fertile les pentes et les plateaux présentent des conditions intermédiaires. Une étude pédologique sur un transect (BARTHES, 1995) confirme la variation des sols selon la topographie.

Toutes les plantations forestières sont faites sur des savanes ; celles-ci sont entrecoupées de forêts-galeries. La végétation de la savane est composée de *Loudetia* comme graminée dominante. Le sol est sableux.

Les principales espèces plantées dans ces parcelles sont composées d'hybrides. Ce sont des espèces d'arbres à croissance rapide. Les parcelles sont suivies et bien entretenues.

I-2/ Localisation et choix des sites dans la Vallée du Niari (Bouenza)

Les différents sites sont localisés dans quatre micro-zones. Ils représentent des usages contrastés de l'utilisation du sol choisis pour caractériser l'impact de l'action de l'homme sur la macrofaune du sol. Elles sont distantes les unes des autres de 80 à 250 km.

L'échantillonnage de la faune a été réalisé dans des parcelles naturelles (savane naturelle), des jachères et des cultures.

Onze parcelles au total ont été sélectionnées, de façon à mettre en évidence l'influence de différents types d'utilisation du sol sur les populations de macroinvertébrés:

- Systèmes de cultures traditionnelles (brûlis, maalas et maraîchage) avec différentes cultures légumineuses en place. (banane, courge, arachide, manioc, aubergine, choux, amaranthus, baselle) ;
- Systèmes de cultures intensifs à forts intrants mécanisés (canne à sucre, pins, eucalyptus, acacias)
- Jachères naturelles de 1, 2 et 7 ans.

Les savanes

Les deux savanes étudiées dans la vallée ont une même composition floristique. Le sol est argileux. La situation topographique est le seul paramètre qui les distingue. La première (Loudima) est située au creux de la vallée et la deuxième (Mouyondzi) sur les plateaux Babembés.

Les deux savanes subissent au moins une fois par an le passage du feu . Soulignons toutefois que le prélèvement a été effectué dans une zone protégée.

Exploitées par les animaux sauvages, ces savanes ne subissent qu'une très faible pression des ovins, caprins et autres.

Elles sont couvertes des espèces végétales suivantes :

Herbacées - *Hyparrhenia diplandra*, *Imperata cylindrica*, *Chromolaena odorata*

Arbustive - *Minocardia acida*.

Sites Loudima

Cultures semi-intensive (IBSRAM) (mucunas-maïs-arachide-manioc)

Le site d'expérimentation IBSRAM est installé au Centre de Recherche Agronomique de Loudima (CRAL), dans la vallée du Niari. Ce site est implanté sur sédiment schisto-calcaire, au tiers supérieur d'un plateau ondulé, et montre une pente de l'ordre de 1% en moyenne.

Le site expérimental d'IBSRAM a été mis en place après 20 années de jachère à la suite d'une monoculture intensive de canne à sucre.

Les cultures en place lors des prélèvements sont: maïs, manioc, arachide et mucunas (légumineuse herbacée annuelle utilisée comme engrais vert et fourrage).

La technique agricole pratiquée actuellement est la culture sur brûlis avec apport d'intrants, semi-mécanisée.

La pluviométrie annuelle moyenne s'élève à 1050 mm pour environ 80 jours de pluie, avec de fortes différences d'une année à une autre; novembre est le mois le plus arrosé. Pour les cultures à cycle court, le premier cycle cultural débute en octobre-novembre, le second vers mars-avril (BARTHES & NYETE, 1993).

La température moyenne annuelle est de l'ordre de 25°C. L'ensoleillement avoisine 1500 heures par an. L'évapotranspiration potentielle est estimée à 900 mm/an environ.

Parcelle d'Eucalyptus de 20 ans

On note l'installation de nombreuses espèces de sous-bois. Le sol est bien recouvert par la litière composée de feuilles d'Eucalyptus et d'autres arbres. La surface du sol est recouverte par les turricules (déjections) de vers de terre et cela jusque dans les 10 premiers centimètres de profondeur.

Parcelle d'Acacia auriculiformis

Elle ressemble beaucoup à celle de Pointe-Noire. Forte présence de recrûs forestiers, présence visuelle de la macrofaune du sol. Une litière assez fournie, qui se décompose bien.

Parcelle de Pins

La parcelle de pins est très différente de celle de Pointe-Noire. Avec un sol assez bien recouvert, litière composée en majorité de feuilles de Pins. Signalons que cette parcelle est en bordure de la parcelle de savane étudiée.

Site Nkayi

Culture de canne à sucre et Jachère 2ans (SARIS : Société agricole de canne à sucre)

Le complexe agro-industriel de la SARIS est situé tout au long du chemin de fer Congo-Océan, en bordure de la petite ville de Nkayi.

Cette grande zone sucrière est un sous ensemble de la vallée du Niari (fig.).

On y pratique une agriculture mécanisée de canne à sucre depuis plusieurs années. La pluviométrie annuelle moyenne s'élève à 1084,5 mm pour environ 80 jours de pluies, avec de fortes différences d'une année à une autre.

Sites Mantsouba

Mantsouba: Jachère (7 ans après la culture de manioc)

Le terrain de culture de la ferme de Mantsouba est situé dans la partie de la vallée du Niari où sols et relief permettent la culture mécanisée.

Les précipitations régionales sont comprises entre 1200 mm et 1350 mm. La végétation en place est composée à 99% d'*Imperata cylindrica*.

Sites de Mouyondzi (plateaux Babembés)

Le climat de la zone de Mouyondzi, est celui qu'on trouve partout dans la vallée du Niari. Il peut être considéré comme homogène sur l'étendue géographique de la zone étudiée.

Néanmoins le caractère local des pluies explique les différences de hauteur de précipitations mensuelles et annuelles entre deux stations distantes de 6 km, Mouyondzi et Kolo (LUCAS, 1977). La pluviométrie moyenne annuelle oscille au tour de 1257 mm (fig. 9).

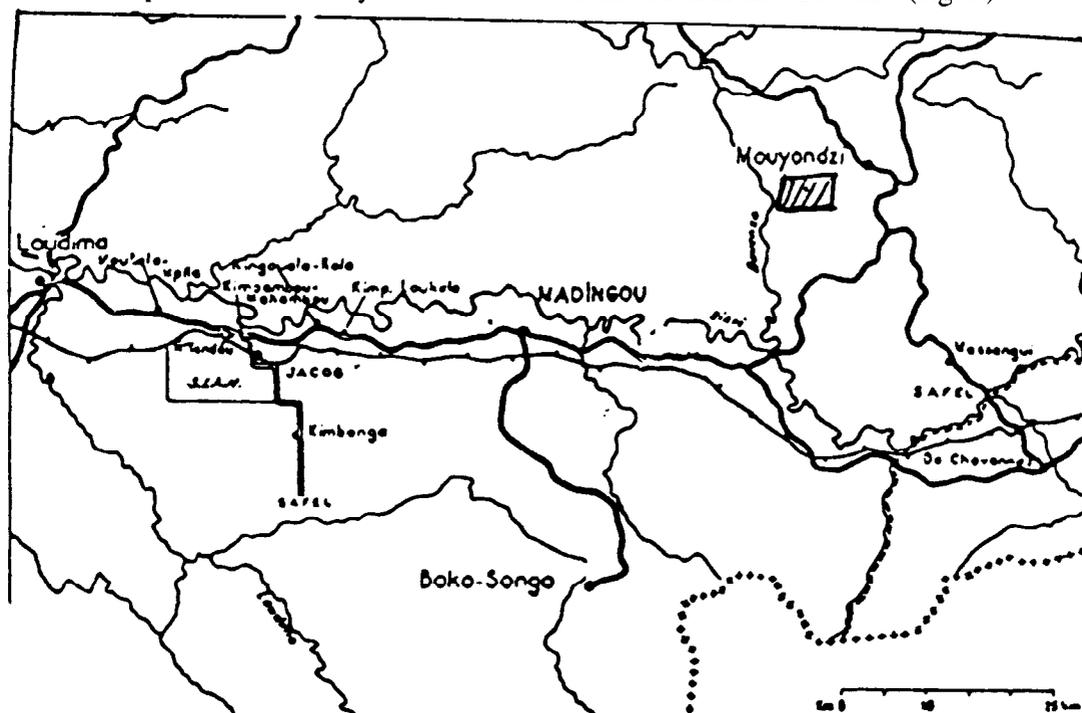


Figure 9 : Situation du site expérimental dans la vallée du Niari

Années	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Total
1985	133	73	76	342	171	5	0	0,2	42	161	213	152	1369
1986	325	200	114	236	155	0	0	0,2	0	105	104	163	1403
1987	78	186	236	131	908	0	0,3	6,1	2,3	189	329	211	2277
1988	286	116	180	251	23	0,1	0,1	0	16	57	268	297	1493
1989	191	170	199	236	244	0	0	0	6,4	239	-	215	1499
1990	153	145	257	38	163	0,3	0	0	39	243	175	200	1260
1991	217	94	144	187	183	6,6	0	0	7,3	11,3	181	218	1249
1992	151	214	160	115	151	0,0	0,3	0	46	31	149	144	1161
1993	231	125	230	147	57	0	6	0	48	119	263	219	1446
1994	94	49	183	226	149	0	0	3,7	15	146	231	307	1401
Moy.	186	137	178	191	220	1,2	0,67	1,0	22	130	213	213	1456

Tableau 1 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (mm) à la station météorologique de Mouyondzi entre 1985 et 1994

On constate (tableau 1), que les réserves en eau du sol sont importante de juin à septembre, le déficit pouvant être de 233 mm pour les quatre mois de saison sèche (moyenne de 1964 à 1975 ; LUCAS, 1977).

La végétation forme un tapis bas, ne dépassant guère un mètre de haut. Il est clairsemé et la couverture du sol est imparfaite. La strate arbustive est réduite et formée d'individus de petite taille. Cette dernière est composée d'*Hymenocardia acida*, de *Vitex*, d'*Anona arenaria*,

de *Crossopterix* et la strate herbacée d'*Hyparrhenia diplandra*, *Hyparrhenia lecomtei*, *Hyparrhenia chrysargyrea*, d'*Andropogon schirensis*, d'*Andropogon pseudapricus*, de *Schizachyrium platyphyllum*, d'*Imperata cylindrica* (KOECHLIN, 1961).

Le tapis herbacé n'a pas une grande densité: la couverture est bien assurée dans la strate supérieure, grâce à une bonne répartition des touffes graminéennes dont la hauteur atteint 1,50 m ; la strate inférieure est peu fournie et composée essentiellement d'espèces non graminéennes.

Les sols de la zone de Mouyondzi ont été classés par DENIS (1970) en deux associations : -la première est composée de sols ferrallitiques (fortement saturés et remaniés, faiblement rajeunis et faiblement désaturés pénévlués), de sols minéraux bruts, d'origine non climatique, d'érosion régosolique. La plus grande surface est occupée par les deux premiers types.

-la deuxième association regroupe les sols ferrallitiques : faiblement désaturé, typique, modal et faiblement désaturé, typique, hydromorphe.

Cultures maraîchère (POTAGER)

La particularité de ce site, c'est l'apport d'un compost élaboré avec des déchets ménagers.

Situé dans un village, le site est une zone protégée par le secteur Agricole et de l'Elevage de la région de la Bouenza.

Les principales cultures, renouvelées chaque année (mai-juin), sont l'aubergine, la tomate, le poivron, le chou, l'amarantus, l'oseille de Guinée, le piment.

Les billons se préparent pendant la saison sèche (août-septembre), avec l'apport du compost (pas de préparation spéciale) qui est mélangé au sol. Trois semaines avant la mise en place des cultures, les billons sont retravaillés, une fois de plus.

Jachère 1ans (OCV : office de culture vivrière)

Situé à 10 km du district de Mouyondzi, ce site est implanté dans une zone de savane. Il y a 6 ans de cela, ce terrain avait servi à la culture de riz pluvial alterné avec le maïs en système intensif mécanisé à forts intrants (labour à 30 cm, apport de NPK, calcaire...). Cela a duré 7 années successives.

Six ans plus tard, les paysans sont revenus sur ce terrain avec la pratique de maalas.

Brûlis

Cette parcelle est cultivée traditionnellement, sans aucun apport (fumier, engrais...). L'arachide et le maïs étaient les cultures en place avant les prélèvements.

Ecobuage - "Maalas"

Le maala a pour particularité de porter une multitude de cultures (maïs, baselle, amarante, oseille de Nguiné...). Le traitement est très différent de celui du brûlis (voir description du maala).

CHAPITRE IV : METHODES

I/ Echantillonnage de la macrofaune du sol

- Méthode TSBF "Tropical Soil Biology and Fertility"

La méthode d'échantillonnage utilisée est celle recommandée par le programme "Tropical Soil Biology and Fertility Programme" (LAVELLE, 1988 ; ANDERSON & INGRAM, 1993).

- Principe de la méthode

Dans chaque site, 10 échantillons de sol de 25x25x30 cm sont prélevés à 5 mètres d'intervalle les uns des autres le long d'une ligne dont l'origine et la direction ont été choisies au hasard (fig.10). Un cadre métallique de 25 cm de côté sert à marquer l'emplacement de l'échantillon sur le sol ; la litière délimitée par le cadre est prélevée et mise dans un sac en plastique numéroté ; la litière et la végétation sont dégagées autour du cadre de façon à éviter la fuite des animaux et faciliter le découpage ; à l'aide d'une bêche, on isole un monolithe de terre de 25x25x30 cm que l'on divise en 3 couches successives de 10 cm qui sont mises dans trois sacs distincts numérotés.

Le contenu de chaque sac est ensuite trié. Tous les invertébrés visibles à l'oeil nu sont prélevés et conservés dans l'alcool à 75°. les échantillons sont ensuite conservés dans des flacons numérotés (n° du site, n° du monolithe et strate). Les animaux peuvent être conservés dans l'alcool mais les vers doivent être préalablement fixés dans le formol à 4 % (pendant 3 à 4 jours) de façon à éviter toute détérioration.

Les invertébrés sont ensuite identifiés et classés en 57 unités taxonomiques (U.T.) (ordre ou famille), elles mêmes regroupées dans 7 ensembles principaux: vers de terre, termites, fourmis, coléoptères, arachnides, myriapodes et autres. Cette classification donne une idée de la diversité taxonomique de chaque site.

Pour chacun des 7 groupes, on détermine ensuite la densité et la biomasse. Les animaux conservés dans l'alcool perdent du poids et il est donc nécessaire de faire une rectification pour obtenir la biomasse réelle. Pour chacun des groupes, des échantillons ont été pesés vivants puis morts après quelques heures passées dans l'alcool, afin d'évaluer la perte de poids.

Les échantillonnages ont été échelonnés le plus possible au cours des trois mois de l'étude pour éviter tout biais lié à la saison.

D'autres observations moins poussées dans d'autres sites permettent de compléter les résultats.

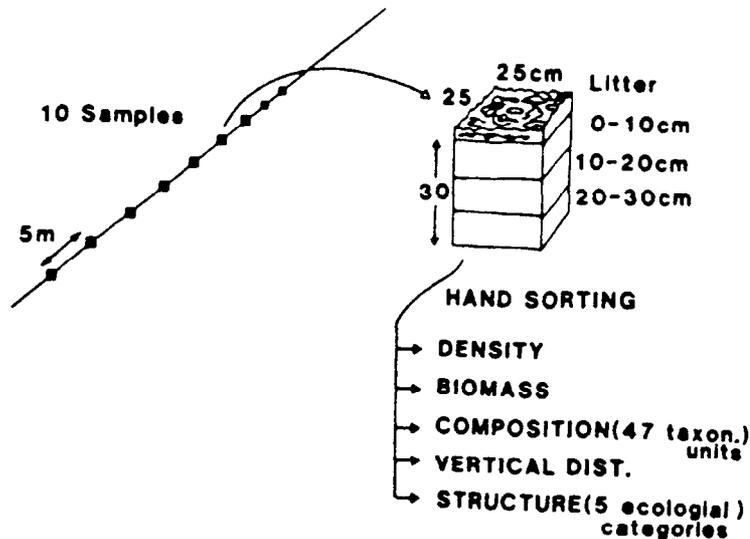


Figure 10 : Méthode d'échantillonnage recommandée par le programme T.S.B.F. [D'après LAVELLE, 1988]

Une analyse factorielle en composante principale (ACP) est ensuite faite de façon à mettre en évidence les principales différences existant entre les sites et de les mettre en relation avec les principales caractéristiques de la faune et de l'environnement. Pour cette ACP, nous avons utilisé 16 variables décrivant la faune et 34 sites.

II/ Caractérisation analytique des sols

Densité apparente - Méthode du cylindre

Le cylindre peut être enfoncé dans une direction quelconque ; en pratique on l'enfonce, verticalement en surface et sur des marches d'escalier taillées sur la face d'une tranchée, soit horizontalement sur la face d'une tranchée.

L'enfoncement doit être rectiligne et sans tassement interne : c'est la meilleure méthode pour éviter le tassement, peut être les chocs ou la pression.

Au laboratoire on pèse l'échantillon frais pour pouvoir en calculer l'humidité, puis on sèche l'échantillon à l'étuve à 105° C jusqu'à stabilisation de son poids.

Micromorphologie - Méthode de prélèvement par blocs de sol

La boîte de prélèvement peut être enfoncée dans une direction quelconque, pourvu que l'orientation soit bien marquée (du bas vers le haut) de telle sorte qu'on puisse repérer le haut de l'échantillon pendant le traitement au laboratoire.

En pratique, on creuse tout au tour du bloc à prélever afin de le libérer. Prendre le soin d'avoir au moins deux côuteaux tranchants, une truelle de maçon, une paire de ciseaux à lames courtes, une scie pour éviter tout choc soit en arrachant ou en coupant brutalement une racine à l'aide d'une machette.

Le bloc de sol, une fois libéré, doit être coupé et séparé selon l'exigence des observations à faire, en notant bien le haut de l'échantillon.

Chaque échantillon prélevé est mis dans une boîte légèrement plus large et numérotée. L'échantillon doit être protégé avec du coton à l'intérieur de la boîte, dans les bords, en-dessous et au-dessus pour éviter tout espace vide autour de façon à éviter de l'abîmer pendant le transport depuis le terrain au laboratoire.

Les échantillons une fois au laboratoire, sont libérés de leur emballage et séchés à l'air libre. Ils sont ensuite fixés avec de la résine polystyrène et de l'acétone. Une fois les échantillons fixés, ils sont ensuite coupés en lames (différentes épaisseurs) et peuvent enfin être analysés.

Activité respiratoire de la microflore - Méthode respirométrique

Préparation des échantillons de sol

- Peser 150 g de terre tamisée à 2 mm et séchée à l'étuve (<60°C) ou à l'air.
- l'humidifier à 80 % de l'humidité équivalente en versant le volume d'eau correspondant

réparti régulièrement sur toute la surface du sol étalé, et bien mélanger

- Reconstituer une structure en agrégats en forçant, à l'aide d'une brosse, la terre humidifiée au travers d'un tamis de 2 mm.

- Introduire la terre préparée dans un erlenmeyer de 500 ml à col étroit.

Conduite de l'incubation

- Placer ensuite l'échantillon de sol en incubation entre 21 et 24°C les 3 à 4 premiers jours, puis à 28°C pendant les 32 jours d'incubation restants ; soit un total de 35 jours.

- Mesurer la "respiration" de l'échantillon de sol, après 3, 5, 10 et 17 jours d'incubation, en fonction de la nature du sol et de l'importance du dégagement de CO₂.

- Raccourcir le rythme de sortie des échantillons si le sol respire trop (dépôt important de BaCO₃) ; au cas contraire, l'allonger.

Mesure du dégagement de CO₂

Fixation du CO₂ :

Le CO₂ dégagé par le sol est mesuré par aspiration à la pompe et barbotage, dans de la baryte de concentration adéquate, de l'air contenu dans les erlen-meyers. La baryte non carbonatée est dosée à l'acide oxalique N/22. Par différence avec témoin, on calcule: 1 ml de (COOH)₂ consommé = 1 mg de CO₂ produit.

III/ Mesure du carbone, de l'azote, du phosphore total et du phosphore assimilable

IV/ Mesure de la production agricole (Projet PRC/78/004)

Méthodologie

Les termes ci-dessous seront regardés en tenant compte de la complexité de l'agriculture en milieu paysan africain en général et congolais en particulier. Ces termes sont empruntés au "projet sur le recensement agricole et assistance à l'établissement d'un système permanent de collecte des statistiques agricoles courantes PRC/78/004", financé par la Banque Mondiale.

- 1 - Le rendement économique ou effectif est obtenu en faisant la récolte exactement comme l'effectue le paysan.
- 2 - Le rendement biologique ou potentiel s'obtient en prenant toutes les précautions afin qu'on ne perde pas une fraction de la récolte (résidu après arrachage p. ex.).
- 3 - La superficie brute est la superficie totale d'une parcelle ou d'un champ y compris les diguettes, les petites fosses, les termitières, les allées intérieures etc...
- 4 - La superficie nette ou superficie réellement cultivée est obtenue en déduisant de la superficie brute, toutes les surfaces non ensemencées (diguettes, allées...).

1- Matériel

Faute de balance de précision sur le terrain, une petite balance graduée de 25g en 25g a été utilisée pour toutes les pesées et un ruban métrique de 50 m a permis de faire les mesures de longueur.

2- Surface

Tenant compte des figures complexes des champs des paysans, la méthode de "triangulation" a été utilisée pour la surface des champs, notamment du champ d'arachide.

3- Poids

Le poids de l'arachide est celui de l'arachide coque (cours séchage) et du maïs est celui du maïs grains (égréné).

TROISIEME PARTIE

**CARACTERISATION DES
SYSTEMES CULTURAUX SUR LA
MACROFAUNE DU SOL ET LES
PEUPELEMENTS DE VERS DE
TERRE DANS LE SUD-OUEST
CONGOLAIS**

Après le rappel bibliographique sur les sols tropicaux et le rôle des macroinvertébrés, la présentation des milieux d'étude, du matériel de travail et des méthodes utilisées, la troisième partie du mémoire est consacrée à la description des systèmes de cultures et à la présentation des résultats sur la macrofaune du sol obtenus dans différents écosystèmes. Cette partie comporte deux chapitres.

Le premier chapitre (chap.V) décrit les caractéristiques des systèmes culturaux au Congo.

Le second chapitre (chap.VI) est consacré à l'étude des peuplements de macroinvertébrés sous différents écosystèmes le brûlis et l'écobuage. la macrofaune (forêt primaire, secondaire, plantations d'arbres à croissance rapide, savanes, différentes pratiques traditionnelles et jachères).

<p style="text-align: center;">CHAPITRE V CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES CULTURAUX AU CONGO</p>

Deux grands types de systèmes de cultures sont pratiqués au Congo, le système de culture mécanisée et le système de culture traditionnelle.

Les grandes différences entre les deux types de systèmes se situent dans:

- la superficie des exploitations,
- les outils employés pour le travail du sol,
- le recours aux "intrants",
- les rotations et les assolements,
- la culture pure ou l'association

Cette étude, se basera sur le deuxième système, c'est à dire celui de la culture traditionnelle.

Il faut noter, que 90 % de la production vivrière du Congo proviennent des systèmes de culture traditionnelle, dont les principales caractéristiques peuvent se résumer de la façon suivante :

- l'association des cultures,
- la pratique du brûlis pour la préparation et la fertilisation des sols,
- l'utilisation de la jachère, qui entraîne ainsi le nomadisme cultural,
- la non-utilisation des engrais, des amendements calcaires, des herbicides et des insecticides (faute d'argent et d'informations),
- des rendements faibles,
- le principal investissement est le travail de l'homme.

Ce système, est en équilibre avec le milieu. Il permet la subsistance des paysans et du reste de la population du Congo.

I-Le Brûlis

La pratique agricole, la plus répandue sur toute l'étendue du Congo, est la défriche-brûlis qui est une agriculture itinérante, avec déplacement et dispersion des parcelles et alternance, sur chaque parcelle, de cultures annuelles (arachide, maïs, pois d'angole, divers légumes), associées à des plantes bisannuelles (manioc, bananiers), et une jachère plus ou moins longue (4 à 10 ans) selon qu'on est respectivement en forêt ou en savane.

Cette pratique, est utilisée, par une grande partie des populations, dans les zones où la densité moyenne de la population est encore assez faible ($< 10 / \text{km}^2$) et où les autochtones trouvent encore des terres disponibles.

I - 1/ Calendrier cultural et façonnement des parcelles

En zone de savanes, les travaux débutent à partir des mois de mai-juin. Durant cette période, les graminées, encore assez vertes sont coupées à l'aide, d'une houe ; le mulch ainsi formé, se dessèche au cours de la saison sèche et n'est brûlé qu'avant les premières grosses pluies d'octobre.

Ensuite, le sol est biné et le semis des cultures annuelles ainsi que le bouturage du manioc sont faits à cette même période de l'année.

Dans d'autres endroits, en fin de saison sèche, après la mise en feu de la savane, les souches de graminées sont coupées à la houe et brûlées en petits tas. En octobre, on y réalise le houage, le semis et le bouturage des plantes.

Sous forêt, le recépage du sous-bois en mai-juin est suivi de l'abattage (à l'aide de haches) de la quasi-totalité des arbres, mais la mise à feu n'intervient qu'en septembre avant le retour des pluies.

Le calendrier agricole local, distingue bien le premier maximum pluvieux, correspondant au "premier cycle" (période de semis), à partir du 15 octobre.

La petite saison sèche en janvier ou février est favorable aux récoltes et au semis du cycle suivant ; le second maximum de pluies qui s'étend jusqu'au 15 mai, correspond au second cycle agricole. La grande saison sèche dont le début (juin-15 août) correspond à une période nuageuse et fraîche, permet la préparation des plantations. La seconde moitié étant marquée par un réchauffement dû au rétablissement de l'ensoleillement, cette période facilite le brûlage des champs préparés.

Dans le catalogue de cultures utilisées, le manioc (doux ou amer), constituant la base de l'alimentation des congolais, est la culture principale généralement associée à des cultures annuelles (arachide, maïs, légumes, ignames, pois d'angole etc), à des densités variables selon l'importance alimentaire ou économique de chacune d'entre elles.

I - 2/ Exploitation des parcelles

En savane :

- première année : arachide + maïs + ignames + légumes + pois d'angole
- deuxième année : manioc + pois d'angole
- troisième année : manioc
- quatrième année : manioc
- cinquième année : jachère
- douzième année : arachide + maïs + ignames + légumes + pois d'angole

En forêt :

- première année : manioc + ignames + légumes + canne à sucre (de bouche)
- deuxième année : manioc
- troisième année : manioc
- quatrième année : manioc
- cinquième année : jachère
- douzième année : arachide + maïs + légumes

II-Les maalas

La pratique des "maalas" (écobuage), est soumise à des contraintes considérables, liées à la préparation, à la mise en culture et à l'entretien du champ (SAUTTER, 1955 et 1966).

Elle n'est pas très répandue au Congo. Elle est une particularité de quelques ethnies de la vallée du Niari (Babembés, Bakambas, et Bakougnis), des plateaux Batékés (Batékés) et du Pool (Bahangalas). Le maala est une pratique de zone de savane; il serait impossible de l'appliquer dans la forêt à cause de l'épaisseur et de la taille des arbres.

Ce sont les populations rurales du plateau de Mouyondzi qui ont fait preuve d'esprit inventif. Cela est certainement dû à la forte concentration de la population, la plus forte de tout le pays (> 10 habitants au km²), qui les a poussés à mettre au point cette pratique agricole au rendement plus élevé (VENNETIER, 1966).

II-1/ Calendrier cultural et Façonnement des parcelles

Le principe des maalas reste le même partout. Les paysans ont pour objectif l'obtention de meilleurs rendements. Mais le façonnement et l'utilisation diffèrent d'une population à une autre.

Nous nous limitons dans ce travail à l'étude des maalas chez les Bembés des plateaux de Mouyondzi.

l'écobuage chez les Babembés (photos 1 à 3)

La pratique des maalas confère au propriétaire des droits fonciers sur le terrain (KATER & LANGEVELD, 1986; NZILA, 1992).

Si cette technique continue à n'être souvent en milieu Bakamba (NZILA, 1992) pratiquée que sur des terrains judicieusement choisis sur la base de critères empiriques (terre à structure grumeleuse en surface, qui facilite le travail à la houe, végétation herbeuse haute de plus de 2m et très dense qui doit être constituée essentiellement d'*Hyparrhenia diplandra*, une pente faible pour éviter les effets dévastateurs de l'érosion) chez les Babembés ces critères ne prévalent plus.



Photo 1 :
Préparation d'un champ «maalas» :
écobuage



Photo 2 :
Formation des «Yilas» :
buttes



Photo 3 :
«Yilas» :
buttes recouvertes de terre brûlée

En effet, en milieu Babembé, l'écobuage est pratiqué tant sur les meilleurs sols (terre à structure grumeleuse en surface, faible pente, ...) que sur des sols à latérites ou sur des terrains à forte pente. Cela se justifie certainement par la forte densité de la population dans cette zone.

Les travaux de préparation du champ se déroulent pendant toute la saison sèche (juin-septembre). Cette opération occupe la grande partie du temps de travail des femmes Babembés.

La préparation du champ consiste à ériger des "Yilas" ou buttes rectilignes et parallèles d'une longueur moyenne de 2,00 m et d'une largeur moyenne de 0,90 m. L'intervalle moyen entre deux "Yilas" est de 1,80 m et la distance entre deux Yilas dans la même rangée est de 1 m (fig. 7), la hauteur de chacune des buttes étant de 12 cm environ. La superficie totale de chaque champ est d'environ 2000 m². Par contre, la surface utile n'est que d'environ 1300 m² la première année.

A l'aide d'une machette (coupe-coupe), qui est le premier outil utilisé pour cette opération, l'herbe est coupée à la base et laissée sécher sur place. Ces herbes, une fois séchées, sont entassées pour former des Yilas et ensuite recouvertes d'une couche de terre (moyenne 5 à 7 cm) prélevée aux alentours des Yilas.

Le brûlis est effectué à l'intérieur des buttes durant le mois de septembre, avant l'arrivée des premières pluies (mois d'octobre). La combustion est lente et dure plusieurs jours. Les semailles commencent dès le début des pluies (octobre).

Les buttes portent successivement des plantes exigeantes telles que maïs, courge, igname, patate douce, manioc, arachide, pois d'angole...

L'espace entre les Yilas n'est pratiquement pas utilisé chez les Babembés. Ce qui n'est pas le cas chez les Bakambas.

II-2/ Exploitation des parcelles

Première année :

1^{er} cycle : courges+maïs+oseille de guinée+baselle+tomate

2^{ème} cycle : igname ou patate douce

Deuxième année : destruction des "Yilas" : le terrain est aplani, nettoyé et le reste des résidus de récolte est brûlé une fois la récolte de deuxième cycle terminée.

Il existe deux options pour l'utilisation ultérieure du champ :

1^{er} option : arachide semée à plat en monoculture en octobre et récoltée en février-mars puis jachère de courte durée.

2^{ème} option : arachide + manioc semés à plat en octobre et récoltés en février-mars pour l'arachide et en septembre pour le début de la récolte du manioc.

Troisième année: manioc mis en place en octobre (pas de renouvellement de culture), (récolte progressive du manioc entamée en septembre).

Quatrième année: manioc

Cinquième année: Jachère (7 à 10 ans)

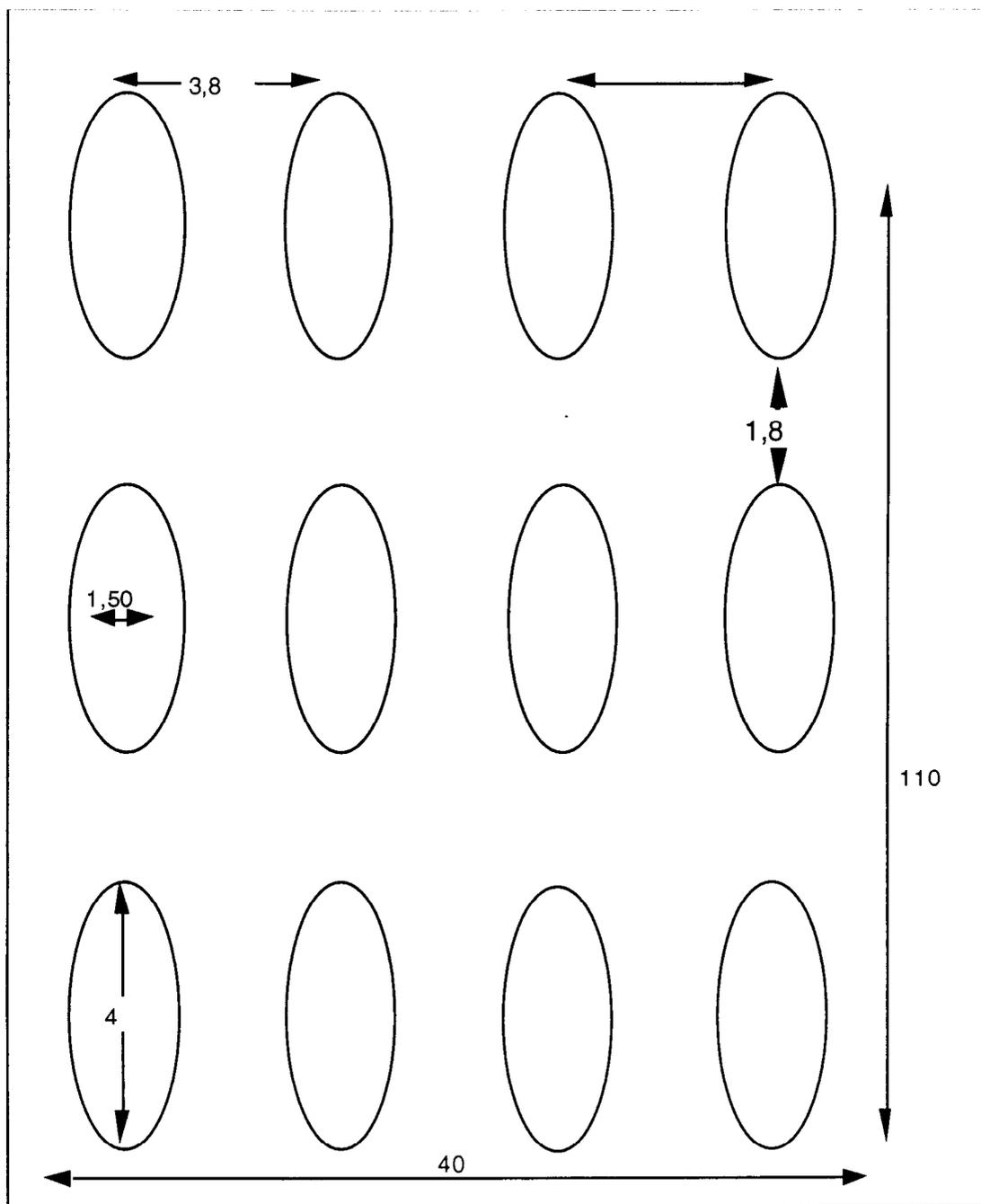


Figure 7 : Schématisation d'une parcelle écobuée (maalas).

La succession des cultures dans les maalas se fait suivant des règles précises, de façon à utiliser le mieux et le plus complètement possible une terre bien pourvue en éléments fertilisants (SAUTTER, 1966 ; KATER et LANGEVELD, 1986 ; NZILA, 1992).

Ces associations de plusieurs plantes, qui se combinent et se relaient sur un même champ, ont l'avantage d'empêcher le sol de rester nu et ainsi de le protéger des effets du rayonnement solaire et de l'érosion (GUTELMAN, 1989).

Le maala a évolué dans le temps et la succession des plantes s'est adaptée aux conditions du milieu et aux exigences des populations qui le pratiquent (SAUTTER, 1955, 1966).

Aujourd'hui, les principales plantes cultivées sur les maalas en pays Babembé sont : courges, maïs, oseille de guinée, baselle, tomate, patate douce, igname, pois d'angole, arachide et manioc.

Les espèces choisies dépendent des besoins alimentaires des paysans qui pratiquent cette culture et aussi des débouchés commerciaux.

Les semailles commencent dès les premières pluies (octobre), avec le maïs, la courge, l'arachide, le manioc. Elles sont toutes semées sur les Yilas par poquets de deux, trois ou quatre grains recouverts à la houe.

A la levée des plants de maïs (octobre-novembre), des ignames ou des patates douces sont plantés entre les pieds de maïs qui leur serviront de tuteurs. Ainsi les Yilas portent du maïs et des ignames ou des patates douces, auxquelles on associe, pour l'autoconsommation, des légumes tels que : l'épinard, l'oseille de guinée (*Hibiscus sabdarifa*), l'aubergine, le baselle (*Solanum nigrum*) et le "boyiboyi" (*Amarantus sp*).

Ces légumes sont semés aux extrémités des Yilas, leur récolte se fait progressivement suivant les besoins des paysans.

Les courges sont semées sur le Yilas, avec une densité plus faible, que le maïs, l'igname et la patate douce.

CHAPITRE VI

PEUPEMENT DES DIVERS ÉCOSYSTÈMES

I - LES PEUPELEMENTS DE MACROINVERTÉBRÉS

Les peuplements de macro-invertébrés ont été échantillonnés dans 35 sites au total, répartis en trois grandes catégories d'écosystèmes, les forêts, les savanes et les cultures (tableau 2). On a mesuré dans chacun des sites la densité (ind./m²), la biomasse (g/m²) et la diversité (estimée par le nombre d'unités taxonomiques rencontrées) du peuplement. (Notez bien : 9 sites n'ont pas été décrits dans le tableau 2 parce qu'ils représentent les doubles de certains cités ci-dessous).

L'ensemble des données, collectées sur la densité et la biomasse des divers groupes et leur distribution en profondeur dans le sol, comprend plus de 5000 nombres. Une analyse factorielle a été réalisée pour identifier les grands facteurs de variation de ces peuplements. L'objectif visé était d'identifier les pratiques qui respectent le plus la faune, dans ses divers attributs quantitatifs (densité et biomasse) et qualitatifs (richesse et diversité taxonomiques).

A/ ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

L'analyse en composantes principales (ACP) faite à partir de 35 peuplements décrites par 16 variables a permis de caractériser deux facteurs principaux responsables ensemble de 48,90% de la variance (fig. 11 et 12a).

Le facteur 1, explique 30,1% de la variance. Il caractérise des sites riches en invertébrés inféodés à la litière (arachnides, $r=+0,85$; orthoptères, $r=+0,83$; larves de diptères, $r=+0,69$; blattes, $r=+0,80$; fourmis, $r=+0,69$). Il oppose les forêts aux milieux ouverts (savanes et cultures). Il sépare ainsi nettement les plantations d'acacia et la forêt secondaire de Pointe-Noire des autres forêts, des plantations d'eucalyptus, des savanes et des systèmes de cultures dérivés.

Le facteur 2, explique 18,8% de la variance. Il caractérise des sites riches en vers de terre des trois catégories (vers épigés, $r=+0,57$; vers anéciques, $r=+0,68$; vers endogés, $r=+0,65$) et pauvres en termites, en arachnides et en fourmis. Il oppose nettement les systèmes écobués en première année et, dans une moindre mesure, le potager aux forêts d'acacia, et d'eucalyptus et aux savanes, au brûlis et aux forêts naturelles (fig. 12a).

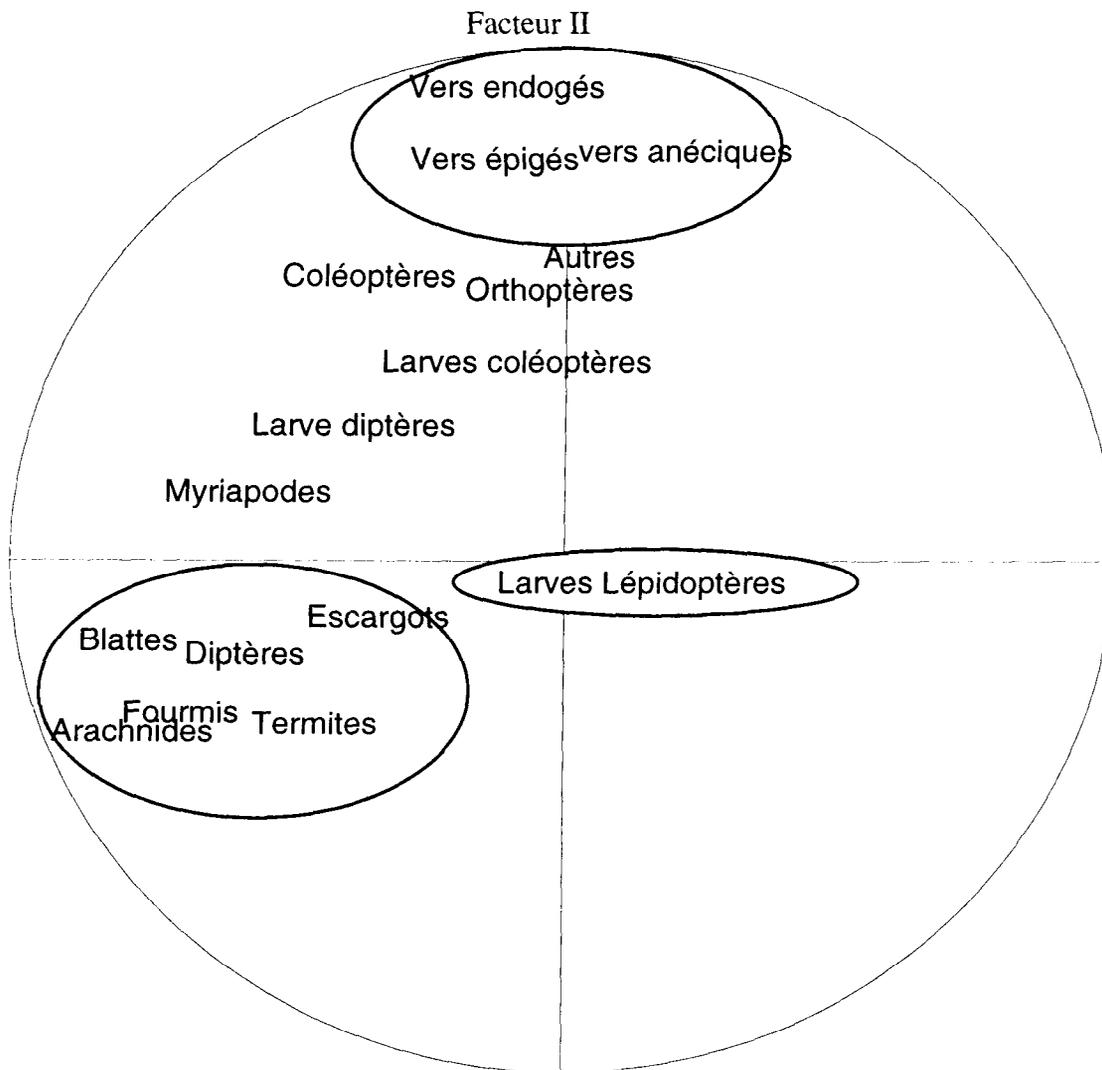


Figure 11 : Cercle des corrélations des variables de l'analyse en composantes principales

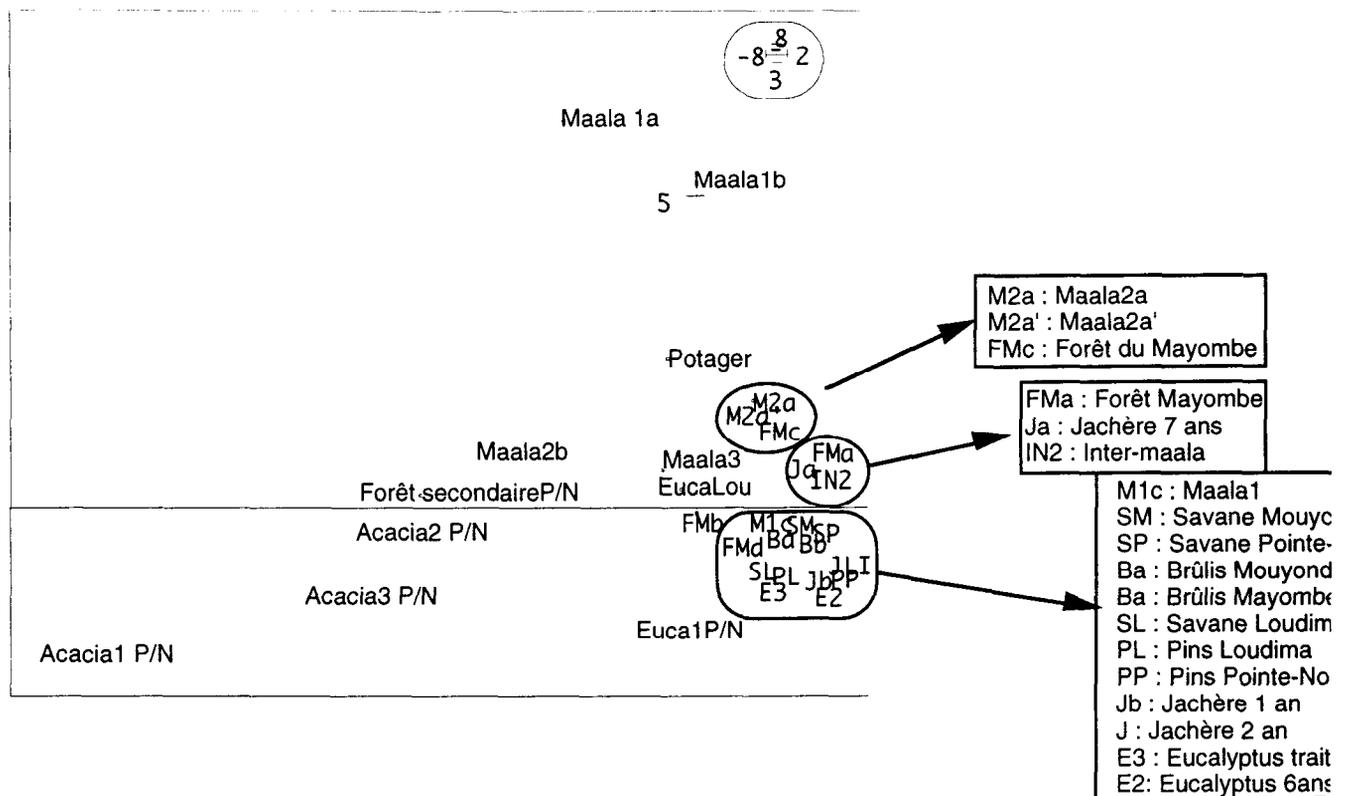


Figure 12a : Localisation des différents sites en relation avec les 2 premiers axes tirés de l'analyse en composantes principales

Localisation géographique	Sites	Végétation	Sols	Antécédants
KOUILOU	Forêt secondaire	forestière	sableux	champs manioc
	Savane naturelle	Loudetia	sableux	savane
	<i>Eucalyptus</i> (20 ans)	<i>Eucalyptus</i>	sableux	savane
	<i>Eucalyptus</i> (6 ans)	<i>Eucalyptus</i>	sableux	savane
	<i>Eucalyptus</i> traités	<i>Eucalyptus</i>	sableux	savane
	<i>Pins</i>	<i>Pins</i>	sableux	savane
	<i>Acacia mangium</i>	<i>Acacia</i>	sableux	savane
	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Acacia</i>	sableux	savane
MAYOMBE	Forêt primaire	forestière	argileux	forêt
	Savane	<i>Hyparrhenia</i>	argileux	savane
VALLÉE DU NIARI	Savane Loudima	<i>Hyparrhenia</i>	argileux	passage du feu
	<i>Eucalyptus</i>	<i>Eucalyptus</i>	argileux	savane
	<i>Pins</i>	<i>Pins</i>	argileux	savane
	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Acacia</i>	argileux	savane
	Brûlis amélioré (IBSRAM)	arachides, maïs, manioc	argileux	jachère (canne à sucre)
	Canne à sucre	canne à sucre	argileux	savane
	Jachère(2 ans-SARIS)	<i>Imperata cylindrica</i>	argileux	canne à sucre
	Jachère (7 ans-Mantsouba)	<i>Imperata cylindrica</i>	argileux	manioc
	Savane Mouyondzi	<i>Hyparrhenia</i>	argileux	passage du feu
	Maraîchage (Potager)	Légumeuses	argileux	Légumes
	Brûlis	maïs, arachides	argileux	savane
	Maalas 1a (écobuage)	maïs, légumes	argileux	savane
	Maalas 2année	arachides, manioc	argileux	maïs, légumes
	Maalas 3année	manioc	argileux	arachides
	Inter maalas	nus	argileux	savane
Jachère (1 an)	<i>Imperata cylindrica</i>	argileux	manioc	

Tableau 2 : Situation géographique et historique des sites étudiés

Dans la région de Pointe Noire, les plantations d'Acacia et d'Eucalyptus de 20 ans modifient le peuplement dans le même sens qu'à Loudima. Elles se situent à proximité de la forêt secondaire. Les plantations de Pins et d'Eucalyptus de 6 ans sont encore proche de la savane (fig 12b).

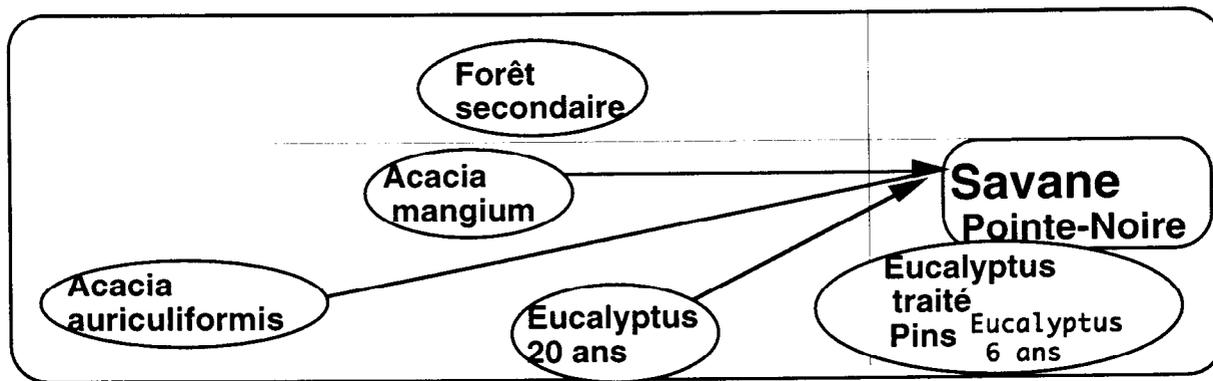


Figure 12b : Localisation dans le plan des axes factoriels 1 et 2 des sites de la région de Pointe-Noire

La mise en valeur des sols a des effets globaux, variables suivant les types de culture. Dans les savanes de Loudima (fig 12c), les plantations d'Acacia et, dans une moindre mesure, d'Eucalyptus, prennent des valeurs beaucoup plus faibles le long de l'axe 1, traduisant l'installation d'une litière de feuilles à la surface et sa colonisation par une faune d'arthropodes spécialisés dans la colonisation de la litière, et de termites. La plantation de pins et la culture sur brûlis ne sont guère éloignées de la savane dans le plan délimité par les deux facteurs principaux.

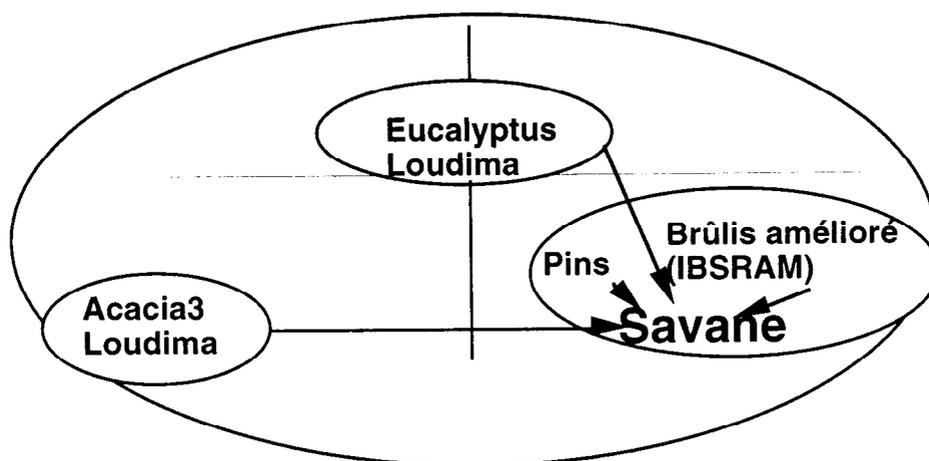


Figure 12c : Localisation dans le plan des axes factoriels 1 et 2 des sites de la région de Loudima

C'est dans les savanes du Niari que les pratiques agricoles modifient le plus les peuplements de macro-invertébrés (fig. 12d). Les buttes écobuées en première année prennent les valeurs les plus élevées observées le long de l'axe 2, ce qui correspond à

l'existence de peuplements de vers de terre très denses. Avec l'évolution du système, le peuplement retourne progressivement vers la situation de savane. Le sol situé entre les buttes et la culture sur brûlis restent proches de la savane.

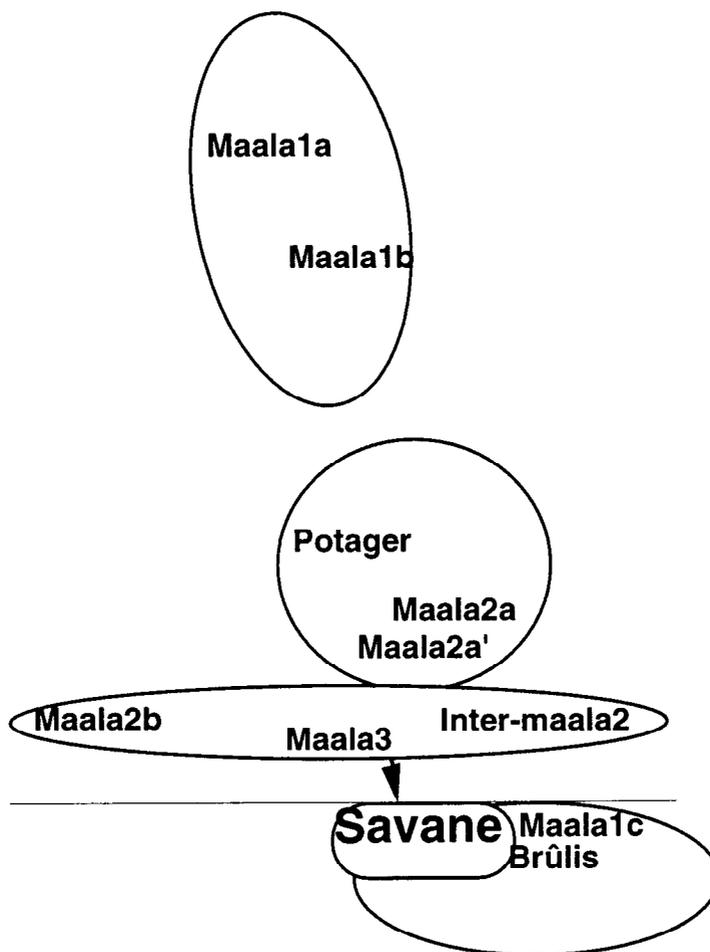


Figure 12d : Localisation dans le plan des axes factoriels 1 et 2 des sites de la région de Mouyondzi

B/-LES PEUPELEMENTS FORESTIERS

On se contentera dans ce travail d'utiliser le nombre d'unités taxonomiques rencontrées comme indice de diversité. La très forte dominance en densité des fourmis et des termites, et la grande variabilité de leurs effectifs due à une distribution hyperagrégative rendent inopérante l'utilisation des indices courants (Shannon ou Simpson). Il s'y ajoute le fait que les effectifs ne sont pas calculés pour les espèces, mais pour des unités taxonomiques qui regroupent un nombre d'espèces variable, et de toutes façons pas connu pour toutes les unités.

Dans les forêts (tabl. 3; fig. 13), le nombre d'unités varie de 10 à 24. C'est dans la forêt Mayombe 1, que le nombre d'unités maximal s'observe (24) devant la forêt secondaire de Ponte Noire et la plantation d'*Acacia auriculiformis* de Loudima (17). C'est dans les plantations de pins et d'Eucalyptus que les valeurs minimales s'observent (10 à 12 unités).

Ces peuplements sont dominés en nombres par les termites, dont la densité atteint 2109 et 3445 par m² respectivement dans la forêt du Mayombe et dans celle de Pointe Noire. tandis que la plantation d'*Acacia auriculiformis* (9232 m⁻²) et *A. mangium* (6511) celle d'Eucalyptus de 20 ans de Pointe Noire (14400) ont des densités record, la plupart des plantations ont des densités plus faibles, particulièrement celle d'Eucalyptus de Loudima (47) ou celle d'Eucalyptus de 6 ans à Pointe Noire (77). S'il est vrai que la méthode employée ne permet pas une approximation très précise de la moyenne, les différences observées par leur ampluer sont certainement significatives. Les termites humivores sont le plus souvent dominants, à deux notables exceptions près, celle de la plantation d'Eucalyptus traités à Pointe Noire et surtout celle d'Eucalyptus de 20 ans où 14034 individus des 14400 recensés ne sont pas des humivores.

Les vers de terre dépassent un densité de 100 m⁻² dans les deux forêts, la plantation d'*A. auriculiformis* et la plantation d'Eucalyptus de Loudima où la valeur maximale (293) est observée. d'une manière générale, les invertébrés de la litière, Myriapodes, Arachnides, Blattes, Fourmis et Coléoptères sont abondants, particulièrement dans les forêts et les plantations d'Acacia. Les plantations d'Eucalyptus et surtout de Pins abritent des densités bien inférieures de ces invertébrés.

Les valeurs de biomasse s'ordonnent différemment en raison de la biomasse individuelle relativement importante des vers de terre. Les valeurs maximales s'observent ainsi dans la plantation d'Eucalyptus de Loudima (76,3g m⁻² au total dont 74,4 de vers de terre, dans la plantation d'*Acacia auriculiformis* (61,5g dont 40,9 de vers de terre, et dans les forêts de Pointe Noire (31,9g dont 22 de vers de terre) et du Mayombe (23,2g dont 9,1 de vers).

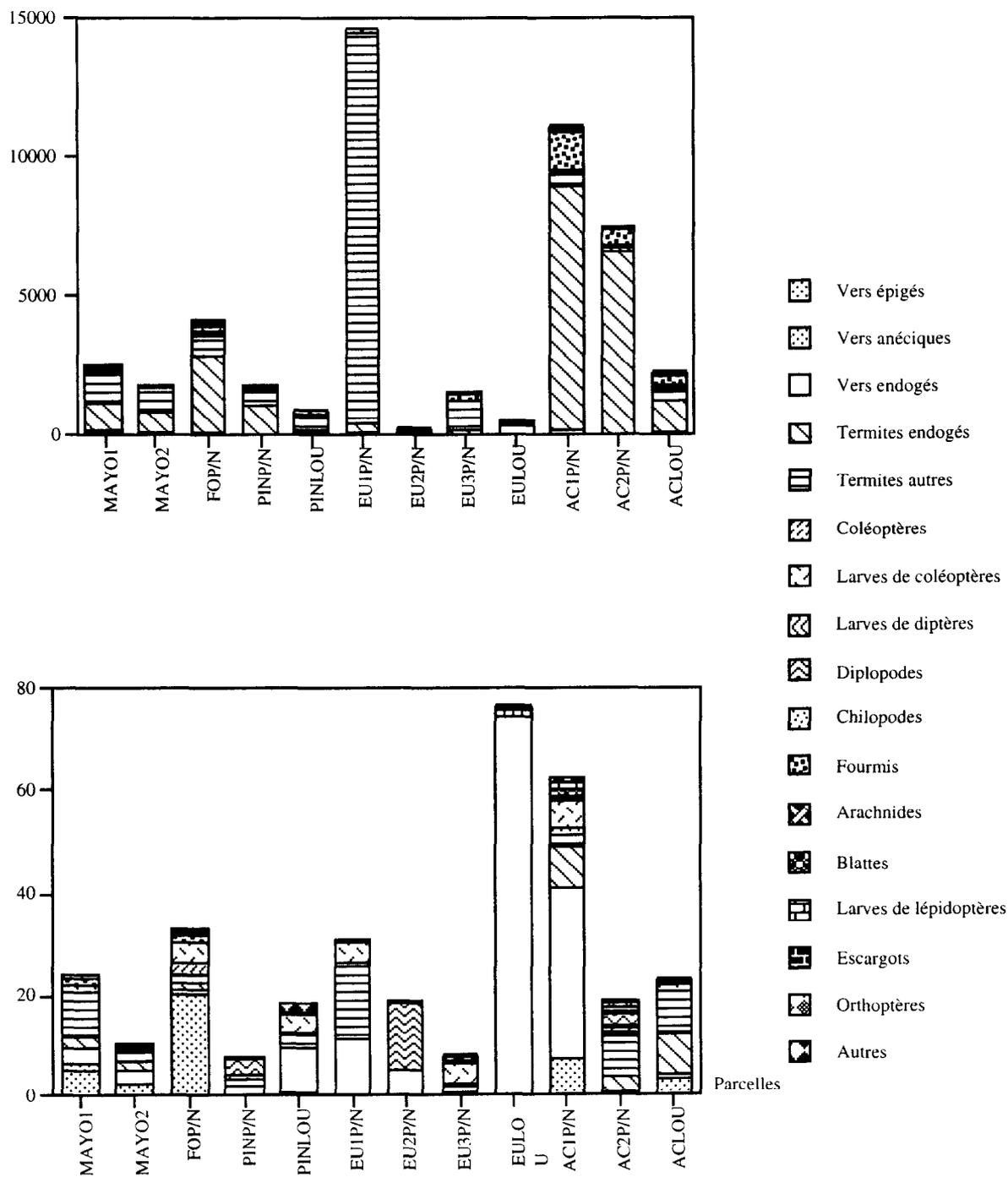


Figure 13 : Densités (ind/m²) et biomasses (g/m²) des peuplements de macroinvertébrés dans les milieux forestiers ; (MAYO1+ MAYO2 = Mayombe ; FO P/N = Forêt de Pointe-Noire ; PINS P/N = Pins Pointe-Noire ; PINS LOU = Pins Loudima ; EU1 = Eucalyptus 20 ans de Pointe-Noire ; EU2P/N = Eucalyptus 6 ans Pointe-Noire ; EU3 P/N = Eucalyptus traité au herbicides de Pointe-Noire ; EULOU = Eucalyptus de Loudima ; AC1P/N = Acacia auriculiformis Pointe-Noire ; AC2P/N = Acacia mangium Pointe-Noire ; AC3LOU = Acacia Loudima).

Les forêts de *Pins*, d'*Acacia* et d'*Eucalyptus* de Loudima plantées sur un sol argileux présentent des biomasses plus importantes que à celles du sol sableux (forêts de Pointe-Noire).

La bonne décomposition de la litière dans les forêts d'*Acacia* semblent favoriser la recolonisation du milieu par les peuplements de macroinvertébrés, à l'inverse des forêts de *Pins* et d'*Eucalyptus* (sauf quand celles-ci sont très âgées).

C / LE PEUPEMENT DE SAVANE

Les peuplements de savane apparaissent relativement peu diversifiés avec 10 à 13 unités selon les cas (tabl. 4 ; fig. 14). C'est dans les savanes arbustives de la vallée du Niari, que le nombre d'unités maximal s'observe (13) devant celle de Pointe-Noire (10).

Ces peuplements sont dominés en nombres par les termites, dont la densité atteint 2000 par m² dans les savanes de Mouyondzi, et environ 1000 par m² dans celle de Loudima. La savane de Pointe-Noire a des densités plus faibles (400 m⁻²). S'il est vrai que la méthode employée ne permet pas une approximation très précise de la moyenne, les différences observées par leur ampluer sont certainement significatives. Les termites humivores sont le plus souvent dominants.

Les vers de terre dépassent une densité de 80 m⁻² dans les savanes de Mouyondzi. D'une manière générale, les invertébrés de la litière, myriapodes, arachnides, blattes et coléoptères sont moins abondants dans les savanes à la différence des fourmis qui sont en nombre pas négligeable dans la savane de Loudima (400 m⁻²).

Les valeurs de biomasse s'ordonnent différemment en raison de la biomasse individuelle relativement importante des vers de terre. Les valeurs maximales s'observent ainsi dans les savanes de Mouyondzi (8g m⁻² au total dont 3 de vers de terre). Les savanes de Pointe-Noire et de Loudima ont des faibles biomasses (3g et 5g).

Ainsi, les sols de savane herbeuse où la production de litière et de racines est plus faible, ont des biomasses moins élevées, que la savane arbustive plus riche.

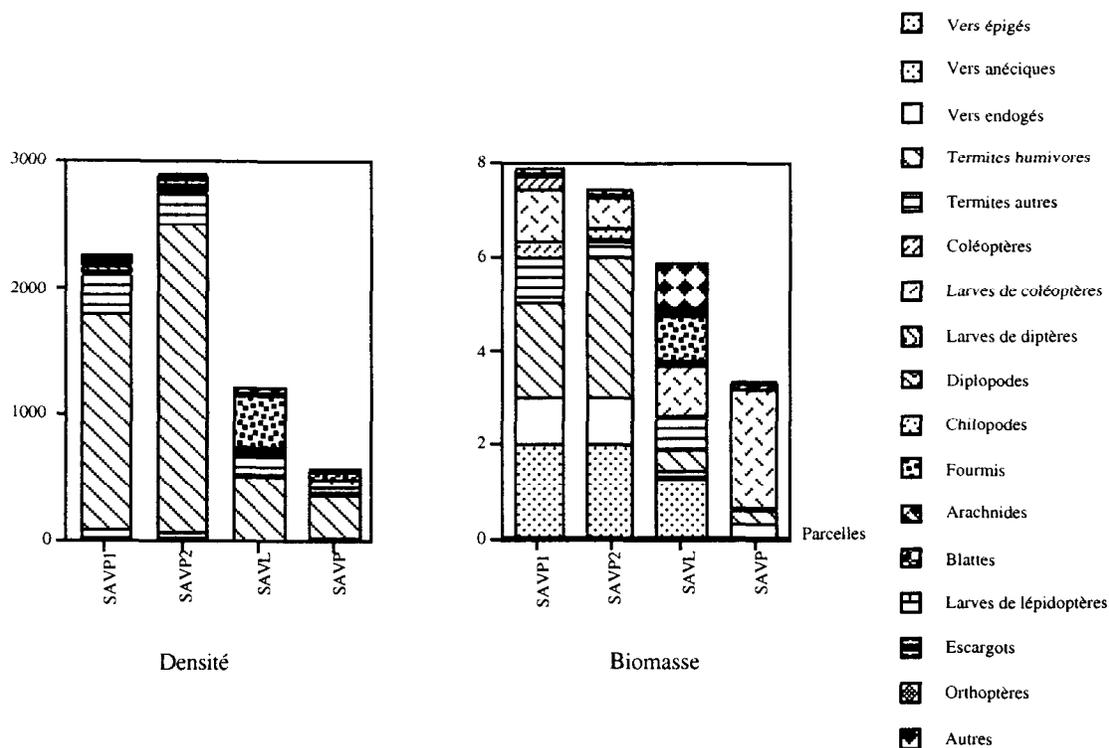


Figure 14 : Densités (ind/m^2) et biomasses (g/m^2) des peuplements de macroinvertébrés dans les savanes naturelles; (SAVP1 et SAVP2 = savane Mouyondzi; SAVL = savane Loudima; SAVP; savane Pointe-Noire).

	Savane Mouyondzi1	Savane Mouyondzi2	Savane Loudima	Savane Pointe-Noire
DENSITÉS (ind/m^2)	2251 103	2905 147	1205 39,52	568 22,10
BIOMASSES (g/m^2)	8,01 0,18	7,12 0,20	5,28 0,13	3,34 0,17
DIVERSITÉ (u.t)	11	13	12	10

Tableau 4 : Densité (ind/m^2), biomasse (g/m^2) et nombre d'unité taxinomique des peuplements de macroinvertébrés des sols sous savane.

D / LES PEUPELEMENTS SOUS CULTURES

Sous les cultures (tabl. 4; fig. 15), le nombre d'unités varie de 9 à 16. C'est sous maala1 et maala2, que le nombre d'unités maximal s'observe (16) devant le brûlis (14). C'est sous le brûlis amélioré (IBSRAM), le maraîchage et les plantations de canne à sucre que les valeurs minimales s'observent (9 à 11 unités).

Ces peuplements sont dominés en nombres tantôt par les termites, dont la densité atteint 100 et 1000 par m^2 respectivement sous canne à sucre (Saris), sous brûlis où on note l'absence d'autres termites, sous maala2 année tantôt par les vers de terre, dont le

densité atteint 350 et 600 par m² sous marâchage et sous maala1 (350 et 600 m⁻²) . Le brûlis amélioré (IBSRAM) a une densité plus élevée (1000 m⁻²), De toutes les parcelles échantillonnées c'est la plantation de canne à sucre qui a la densité la plus faible (100 m⁻²). S'il est vrai que la méthode employée ne permet pas une approximation très précise de la moyenne, les différences observées par leur ampleur sont certainement significatives. Les termites humivores sont le plus souvent dominants, à deux notables exceptions près, celle sous maala3 et surtout celle sous marâchage où on note une absence de peuplements de termite.

Les fourmis dépassent une densité de 100 m⁻² sous maala3, sous canne à sucre on a la valeur maximale (165) est observée. D'une manière générale, les invertébrés de la litière, Myriapodes, Arachnides, Blattes, et Coléoptères sont faiblement représentés. La canne à sucre et les deux brûlis abritent des densités bien inférieures de ces invertébrés.

Les valeurs de biomasse s'ordonnent différemment en raison de la biomasse individuelle relativement importante des vers de terre. Les valeurs maximales s'observent ainsi sous le maala1 (74g m⁻² au total dont 48 de vers de terre), sous marâchage (48,3g dont 38 de vers de terre) et sous maala2 (24g dont 12 de vers de terre). Sous maala3 la biomasse est dominée par le peuplements d'orthoptères (19,4g dont 13 d'orthoptères) également sous brûlis (17g dont 12 d'orthoptères). La canne à sucre et le brûlis amélioré ont respectivement des biomasses les plus faibles (1 et 4g).

Le travail (labour à 30 cm de profondeur) du sol semble influencer considérablement les peuplements de macroinvertébrés. Ce facteur principal entraîne des disfonctionnements profondes du sol (régime hydrique, érosion...).

Ainsi, les sols sous canne à sucre où le labour du sol se fait à la machine, avec la pratique de la monoculture, ont des densités et biomasses moins élevées que les maalas, le brûlis et le potager où toutes les opérations culturales sont manuelles. Les sols semi-mécanisé de la parcelle d'IBSRAM ont également une biomasse très faible, cela est probablement dû à leur historique culturale, à savoir l'utilisation des machines agricoles.

	Maala 1 - écobuage	Maala2 - écobuage	Maala 3 - écobuage	Brûlis	Maraî- chage	Canne à sucre 1	Canne à sucre 2	Brûlis A. IBSRAM
DENSITÉS (ind/m ²)	1493 <i>32</i>	1907 <i>53</i>	456 <i>9,41</i>	530 <i>17,9</i>	630 <i>17,51</i>	416 <i>11,01</i>	179 <i>6,13</i>	1200 <i>52,51</i>
BIOM-ASSES (g/m ²)	74,03 <i>1,68</i>	21,70 <i>0,68</i>	15,62 <i>0,46</i>	16,85 <i>0,70</i>	48,33 <i>1,80</i>	1,18 <i>0,03</i>	0,96 <i>0,03</i>	3,97 <i>0,17</i>
NB UNITÉS PRÉSENTES (UT)	16	16	14	14	10	11	10	9

Tableau 4 : Densités (ind/m²), Biomasses (g/m²), Diversités (UT) et nombre d'unités représentés des peuplements de macrofaune sous divers systèmes agricoles; les chiffres en italiques représente les erreurs standard

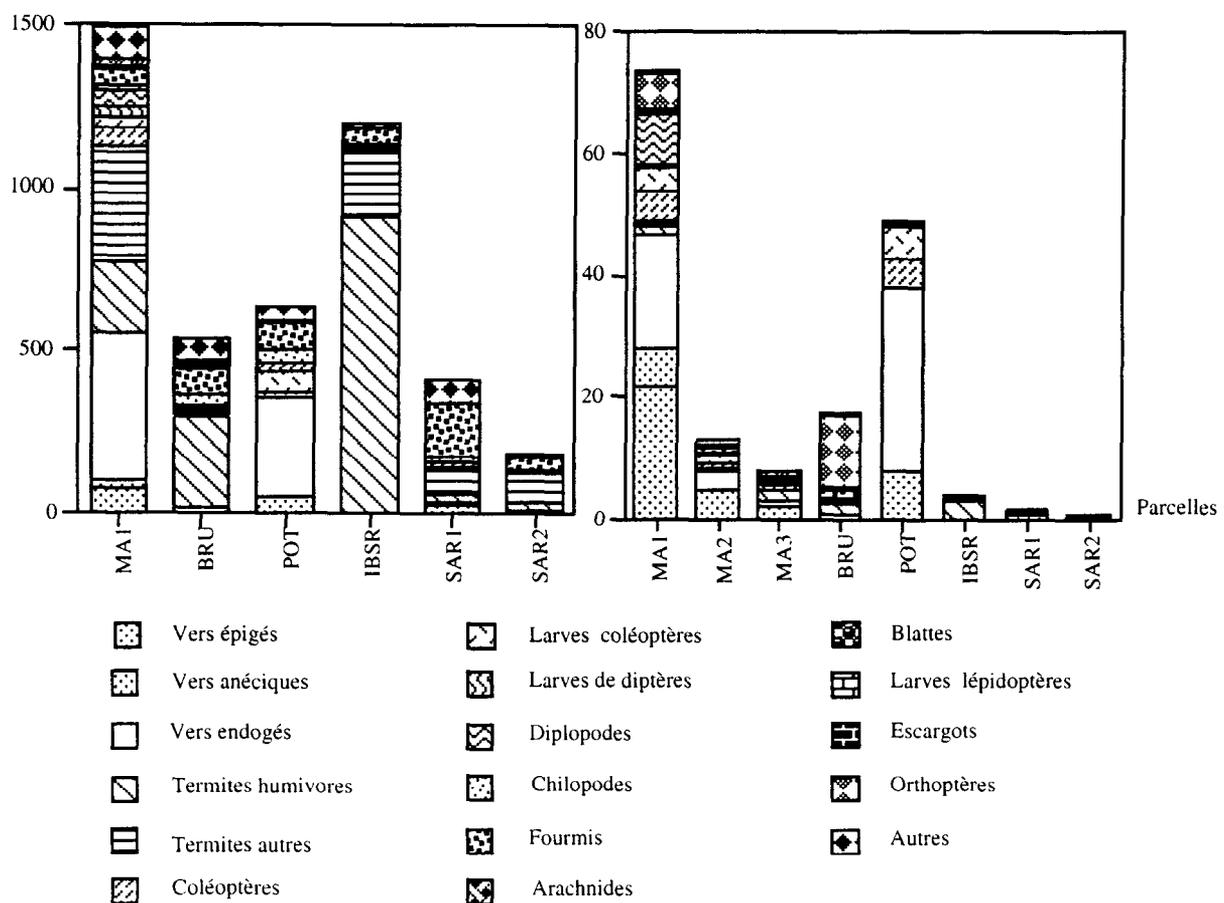


Figure 15 : Densités A (ind/m²) et biomasses B (g/m²) des peuplements de macroinvertébrés dans différents systèmes agricoles (MA1 = maala 1ère année; MA2 = maala 2ème année; MA3 = maala 3ème année; BRU = brûlis; POT = potager (maraîchage); IBSR = IBSRAM- brûlis amélioré; SAR1 = saris P1 - canne à sucre mécanisée; SAR2 = saris P2 - canne à sucre mécanisée).

E / LES PEUPELEMENTS SOUS LES JACHÈRES

Les peuplements de jachère apparaissent relativement peu diversifiés avec 8 à 11 unités selon les cas (tabl. 9 ; fig. 16). C'est sous les jachères de Mantsouba (7ans) et de Mouyondzi (1an), que le nombre d'unités maximal s'observe (10 et 11) devant celle de SARIS (8).

Ces peuplements sont dominés en nombres par les termites, dont la densité atteint 1200 par m² dans la jachère de Mantsouba, et 245 par m² dans celle de la SARIS. La jachère de Mouyondzi a les densités les plus faibles (19 m⁻²). S'il est vrai que la méthode employée ne permet pas une approximation très précise de la moyenne, les différences observées par leur ampluer sont certainement significatives. Les termites humivores sont dominants dans la jachère de la SARIS. Dans la jachère de Mantsouba ce sont les autres termites qui dominant le peuplement.

Les vers de terre sont peu présent. Ils atteignent à peine une densité de 30 m⁻² dans la jachère de Mantsouba. D'une manière générale, les invertébrés de la litière, myriapodes, arachnides, blattes et coléoptères sont moins abondants dans les jachères à la différence des fourmis qui sont en nombre pas négligeable dans la jachère de la SARIS.

Les valeurs de biomasse s'ordonnent différemment en raison de la biomasse individuelle relativement importante des coléoptères, des larves de coléoptères et des orthoptères. Les valeurs maximales s'observent ainsi dans la jachère de 1an de Mouyondzi (14g m⁻² au total dont 8 de coléoptères et de larves de coléoptères). Les jachères de SARIS (1an) et de Mantsouba (7ans) ont des faibles biomasses (1 et 4g m⁻²).

SITES	DENSITÉS (ind/m ²)	BIOMASSES (g/m ²)	DIVERSITÉS (UT)
Jachère 7ans Mantsouba	1234 <i>61,4</i>	3,78 <i>0,12</i>	11
Jachère 1an Mouyondzi	226 <i>5,03</i>	13,55 <i>0,40</i>	10
Jachère 3ans Saris	445 <i>13,26</i>	1,02 <i>0,04</i>	8

Tableau 8 : Densités (ind/m²), Biomasses (g/m²), nombre d'unités taxinomique (UT) des populations de macroinvertébrés sous jachères; les chiffres en italique représentent l'erreur standard

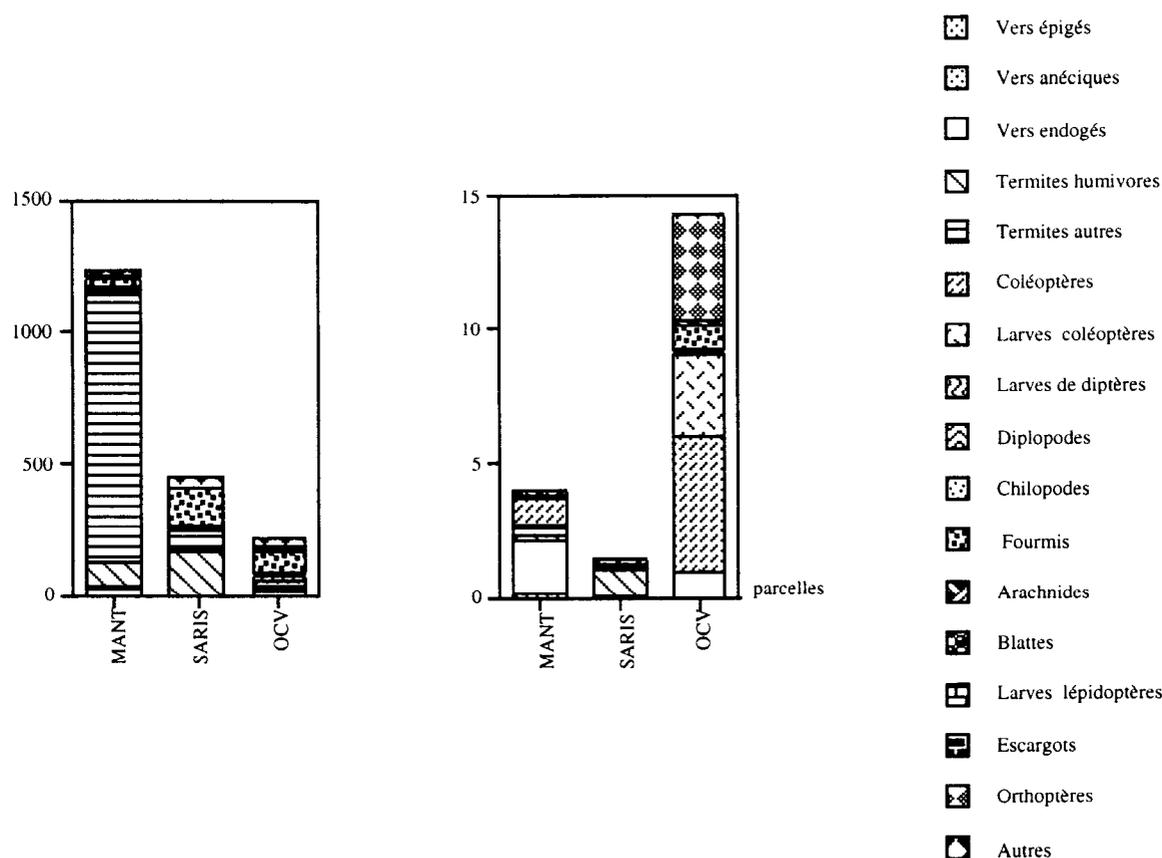


Figure 16 : Densités (ind/m²) et biomasses (g/m²) des peuplements de macroinverté-brés sous jachères naturelles ; (MANT = Mantsouba, jachère 7 ans ; SARIS = canne à sucre, jachère 2 ans ; OCV = arachide, jachère 1ans)

F / DISTRIBUTION VERTICALE DES MACROINVERTÉBRÉS DANS LE SOL (0-30 cm)

1- Les sites où la faune est abondante dans la litière

La faune de litière est présente dans les plantations de Pointe-Noire d'*Acacia 1 auriculiformis* d'*Eucalyptus* de 20 ans puis dans celle d'*Eucalyptus* de 6 ans. La plantation d'*Eucalyptus* de Pointe-Noire est celle qui a le peuplement de litière le plus développé (fig. 17). La litière de la forêt primaire du Mayombe n'a pu être triée par erreur.

2- Les sites où la faune est surtout concentrée dans les 10 premiers centimètres

C'est entre 0 et 10 cm (fig. 17) que la faune est la plus concentrée, particulièrement dans les savanes (Loudima et Mouyondzi), la forêt secondaire, la plupart des plantations d'arbres forestiers (*Pins* et *Acacia mangium* de Pointe-Noire ainsi l'*Acacia auriculiformis* et

le Pins de Loudima), la plantation de canne à sucre et dans les jachères (Mouyondzi-OCV et SARIS).

3- Les sites où la faune est distribuée relativement profond

Quelques sites se caractérisent par une distribution spécialement profonde (fig.17), les *maalas* (maximum entre 10 et 20), et le brûlis (10-20), la jachère de 7 ans de Mantsouba (maximum entre 20 et 30 cm). Le brûlis amélioré de l'IBSRAM est le seul système à ne pas avoir de macroinvertébrés entre 20 et 30 cm.

D - IDENTIFICATION DES PRINCIPALES ESPÈCES OU FAMILLES DES UNITÉS TAXINOMIQUES MAJEURS

La détermination des espèces de vers de terre et de termites, de familles de coléoptères et de myriapodes a été effectuée pour quatre sites (forêt primaire-Mayombe ; écobuage-Mouyondzi; plantation de canne à sucre-SARIS ; brûlis amélioré-IBSRAM et jachère-Mantsouba).

Vers de terre : La diversité des peuplements de vers de terre est importante avec 16 espèces dont 6 ont une large distribution à l'échelle de l'Afrique et même des zones tropicales du monde (tabl. 9). Dans les vers d'espèces identifiées, on trouve des exotiques à large distribution telles : *Dichogaster (Diplotheochilus) modiglianii* (6 sites) ; *Dichogaster (Diplotheochilus) bolau* (5 sites) ; *Dichogaster (Diplotheochilus) saliens* (4 sites) ; *Pontoscolex corethrurus* (1 sites).

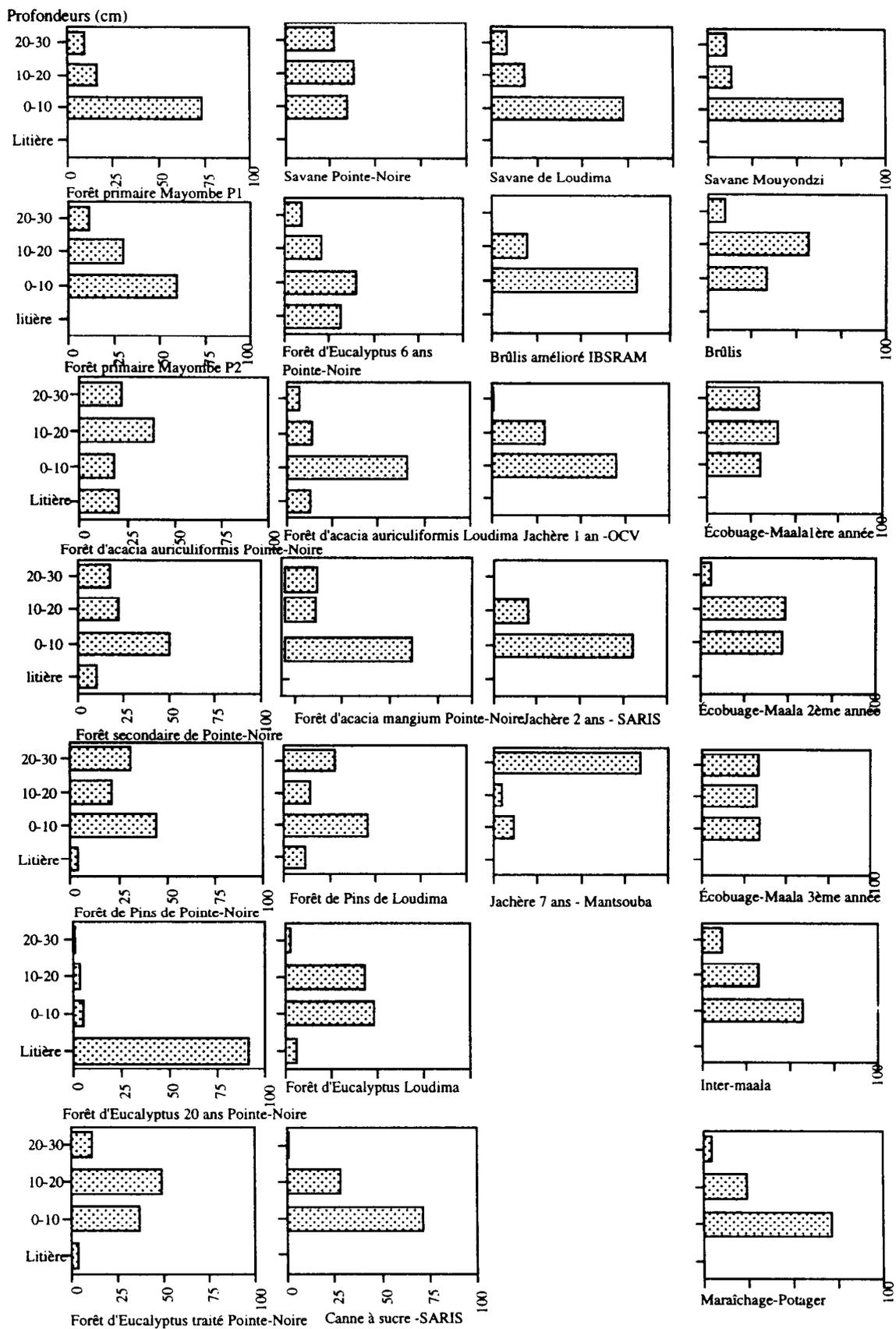


Figure 17 : Répartition verticale de la macrofaune dans les différents sols étudiés.

	Forêt du Mayombe	Cultures semi-intensive (IBSRAM)	Canne à sucre intensive (SARIS)	Jachère 7 ans (MANT-SOUBA)	Jachère 1 an (OCV)	Maraîchage (Potager)	Maalas
Coléoptères	5	2	4	2	4	2	14
Termites	5	2	3	1	0	0	5
Myriapodes	3	1	2	2	2	1	4
Vers de terre	7	1	4	4	2	6	9
Total d'unités taxinomiques	20	6	13	9	8	9	32

Tableau 9 : Nombre d'espèces des principaux groupes identifiés pour quelques sites

Les *maalas* (écobuage) de Mouyondzi dans la région de la Bouenza sont les plus riches avec 9 espèces. Viennent ensuite : la forêt primaire du Mayombe avec 7 espèces, le potager 6 espèces, la plantation de canne à sucre (Saris) et la jachère de Mantsouba (4 espèces). Les sites les plus pauvres sont : la jachère 1 an (OCV) avec 2 espèces et le brûlis amélioré semi intensif (IBSRAM), 1 espèce.

L'espèce la plus répandue est *Dichogaster (Diplotheochilus) modiglianii*, Rosa (1896).

Elle a la particularité de se retrouver dans six des sept sites, de la forêt du Mayombe à la vallée du Niari (zone de savane). Cette espèce est commune dans toute l'Afrique équatoriale.

Les espèces *Hyperiodrilus africanus* et *Pontoscolex corethrurus* largement distribuées, en Afrique de l'Ouest pour la première, dans toutes les régions tropicales humides du monde pour la seconde, sont aussi présentes dans la savane du Niari (sous jachère 7 ans de Mantsouba et potager de Mouyondzi), mais dans un site seulement.

Les espèces pérégrines de *Dichogaster (bolau* et *salens)* se retrouvent respectivement dans 5 et 4 des 7 sites. Deux espèces ne se retrouvent que dans les maalas (*Buttneriodrilus sulcatus* et *Eminoxolex lamani*) et deux exclusivement dans la forêt (*Eminoscolex scidlae* et *Dichogaster lavellei*), tandis que 2 espèces sont exclusives des milieux non anthropisés savane ou forêt (*Nematogenia panamensis* et *Eminoscolex sp.*).

Termites : Seules 13 espèces de termites ont pu être identifiées sur la centaine d'espèces présente dans la région (tabl. 9). Pour beaucoup d'espèces seuls des ouvriers ont été collectés ce rendait l'identification impossible. Les déterminations faites par d'autres chercheurs a montré par exemple dans la forêt du Mayombe près d'une centaine d'espèces.

La savane comporte la plus grande diversité (5 espèces au totale) suivie de la forêt du Mayombe (4 espèces), de la canne à sucre -Saris (3 espèces), la culture semi-intensive-IBSRAM (2 espèces) et enfin la jachère de 7 ans-Mantsouba (1 espèce).

Coléoptères : Treize familles ou sous-familles différentes (tabl. 9) ont pu être séparées, ce qui représente probablement une proportion encore faible du peuplement réel. Le site le plus diversifié est celui de la zone de savane (5 espèces adultes et 13 espèces de

larves), ensuite viennent respectivement la canne à sucre-Saris (1 espèce adulte et 3 larves), la forêt primaire du Mayombe (5 espèces de larves), la jachère de 1 an-OCV (4 espèces de larves), le maraîchage-potager (1 espèce et 2 espèces de larve), la culture sémi-intensive-IBSRAM (1 espèce adulte et 2 espèces de larve) et enfin la jachère de 7 ans-Mantsouba (1 espèce de larve).

Six **Myriapodes** ont été identifiées (tabl. 9). La famille la plus répandue est celle des *Scolopendridae*, elle est présente dans toute la vallée du Niari mais absente dans la forêt du Mayombe, la zone de savane est la plus diversifiée. Par manque d'individus adultes, la détermination n'a pas été complète.

G/ DISCUSSION ET CONCLUSION

La technique d'échantillonnage (TSBF) décrite dans la partie méthode ne nous paraît pas adapter pour certains peuplements de macroinvertébrés tels que les termites et les fourmis, car elle laisse échapper quelques individus lors des prélèvements ou encore elle peut biaiser les résultats quand le monolithe à prélever tombe sur une termitière ou une fourmilière.

Elle est par contre adaptée à l'échantillonnage des peuplements de vers de terre et des arthropodes.

D'une manière générale, la biomasse de la plupart des sites est dominée par les vers de terre, à l'exception de deux sites : la forêt du Mayombe où la biomasse dominante est celle des termites et la savane naturelle où les biomasses des deux principaux groupes d'invertébrés (vers de terre et termites) sont pratiquement égales.

La densité est le plus souvent dominée par les termites, à quelques exceptions près dans les sites de *maalas* et dans le potager où les vers de terre sont dominants. On peut tout de suite distinguer les sites non touchés par l'homme (forêt du Mayombe et savanes naturelles) qui possèdent une forte densité d'invertébrés, une diversité taxonomique élevée et une biomasse moyenne, des sites exploités dans lesquels la macrofaune est nettement modifiée.

La diversité de ces peuplements qui est maximale dans les forêts et les plantations d'Acacia, chute fortement dans les plantations de canne à sucre, les cultures sur brûlis et les parcelles écobuées.

Les sites naturels

La forêt primaire du Mayombe

La densité d'invertébrés trouvée dans la forêt du Mayombe (1740 ind./m² et 2530 ind./m²) est très faible en comparaison des autres zones de forêt, telles que celles citées par Lavelle & Pashanasi (1989) en Amazonie Péruvienne (4099 à 4304 ind./m²) et, dans les forêts galeries de Colombie (Decaëns, 1993 ; 4294 ind./m²), et les forêts de la Côte d'Ivoire (Gilot & al., 1993 ; 5747 ind./m²) et du Mexique (Lavelle & Kohlman, 1984 ; 6409 ind./m²).

La biomasse (10 et 23 g/m²) est comparable à celles du Perou (24,1 à 53,9 g/m²) (Lavelle & Pashanasi, 1989), du Mexique (18,9 g/m²) (Lavelle & Kohlman, 1984), mais nettement inférieure à celle de la Côte d'Ivoire (74,24 g/m²) (Gilot & al., 1993). Ceci peut être expliqué par la faible présence des vers de terre qui, bien que nombreux, possèdent une biomasse faible (4,17 à 8,67 g/m²), elle même due à la petite taille des vers.

Des chiffres comparables à ceux des vers de terre ont été obtenus dans les forêts galeries de Colombie (4,72 g/m²) (Decaëns, 1993). Ils atteignent à peine ceux obtenus dans d'autres types de forêt tropicales d'Amérique (8,7 à 42 g/m²) (Lavelle & al., 1981; Lavelle & Kohlman, 1984; Fragoso & Lavelle, 1987; Lavelle & Pashanasi, 1989). Ces biomasses de vers de terre sont inférieures à ceux mesurés dans d'autres milieux en Afrique (10,2 à 52,3 g/m²) (Madge, 1969; Gilot & al., 1993). La densité des vers de terre (75,2 à 184 ind./m²) est supérieure à la moyenne calculée par Fragoso & Lavelle (1992) à partir des résultats obtenus dans 12 forêts tropicales de diverses parties du globe (68 ind./m²). Par contre, la moyenne trouvée par les mêmes auteurs pour la biomasse (12,9 g/m²) est supérieure à celle de la forêt du Mayombe (4,17 à 8,67 g/m²).

Les termites occupent une place très importante dans la population d'invertébrés et participent pour 68,2 % de la biomasse totale dans cette forêt du Mayombe.

Les savanes naturelles

Les densités totales (568, 1205 et 2831 ind./m²) de la macrofaune des différentes savanes naturelles (de Pointe-Noire, de Loudima et de Mouyondzi) et les biomasses (3,34, 5,28 et 8 g/m²) sont plus ou moins proches de celles de la savane mise en défens de la Colombie (1830 ind./m² et 15,33 g/m²) (Decaëns, 1993). Certaines valeurs trouvées dans cette zone sont comparables à celles des savanes de Côte d'Ivoire, à Lamto (de 2015 à 10905 ind./m²) par contre la biomasse est bien inférieure à celle des mêmes savanes (53,75 à 84,80 g/m²) (Lavelle, 1983; Lavelle & al., 1992). Comme dans la forêt du Mayombe, la faible présence de vers de terre influence considérablement la biomasse totale. Dans le Mayombe la biomasse des termites (10,6 g/m²) est plus ou moins égale à celle des vers de terre (9 g/m²), chiffre moyen pour ce type de végétation dans lequel on trouve généralement

des biomasses beaucoup plus importantes, dans les savanes de la Côte d'Ivoire (17 à 48,6 g/m² par exemple) (Lavelle, 1978, 1983b.).

Les termites représentent 95 % de la densité totale dans cette savane par contre leur biomasse (41,76 %) est pratiquement égale à celle des vers de terre (43,60%).

Quand cette savane est mise en exploitation, les vers de terre deviennent plus abondants que les termites.

La figure 15 montre que dans les *maalas* contrairement au brûlis, les vers de terre sont plus nombreux que les termites alors qu'ils sont implantés dans la même savane.

Ceci a déjà été observé dans des milieux aussi divers que les savanes de Colombie (Dacaëns, 1993) ou les plantations de thé de l'Inde du Sud (Senapati, 1980).

Les effets de la mécanisation sur la macrofaune du sol.

La mise en culture de la savane naturelle de la vallée du Niari, avec l'utilisation de tracteurs et l'application de fertilisants chimiques, a un effet dramatique sur les populations d'invertébrés des sols. Elle entraîne une diminution considérable de la densité, de la biomasse et de la diversité des macroinvertébrés du sol, qui chutent respectivement de 2831 ind./m², 21,28 g/m² et 26 unités taxinomiques (UT) dans la savane naturelle à 378 ind./m², 4,6 g/m² et 10 unités taxinomiques (UT) dans les plantations mécanisées de canne à sucre (SARIS) .

Ces résultats sont pratiquement identiques à ceux obtenus par Decaëns (1993) en Colombie (429 ind/m², 3,2 g/m² et 18 U.T.) et semblent confirmer les résultats obtenus par Lavelle & Pashanasi (1989) dans des cultures de maïs et de riz fortement fertilisées au Pérou (730 ind/m² et 3,1 g/m², faible diversité). Ceci peut être expliqué par le labour à 30 cm de profondeur et la pratique de la monoculture durant plusieurs années de suite,.

L'acidité des sols du Niari (NZILA, 1992) est aussi un facteur déterminant pour les populations de vers de terre et de bien d'autres macroinvertébrés. Des observations antérieures ont déjà prouvé l'action importante de la fertilisation généralement (positive, sauf si elle provoque une acidification du sol) et du travail du sol sur les populations de vers ou d'arthropodes (Reddy & Goud, 1987 ; Misra & Tripathy, 1988 ; Wei-chun Ma & Ridder, 1990 ; Binet & Trehen, 1990 ; Fan & al., 1993 ; Kasprzak, 1980 ; House & Parmelee, 1985). Ces deux facteurs expliquent les différences observées dans les parcelles soumises à la pratique mécanisée (Saris) et la pratique traditionnelle (Maalas)

La recolonisation des sols mis en jachère par la macrofaune ne se fait pas facilement, même après plusieurs années des parcelles soumises à la culture mécanisée (IBSRAM 20 ans de jachère, Mantsouba 7 ans, OCV 10 ans, SARIS 2ans) (tabl.8 ; fig. 16), le sol n'a toujours pas retrouvé une population de macroinvertébrés comparable à celle de la savane.

Les effets de l'utilisation traditionnelle des différents milieux sur la macrofaune du Sol

La technique des *maalas* ou écobuage n'a pas d'effet global sur la densité (de 1960 ind/m² à 1906 ind/m²) des macroinvertébrés (tabl.6 ; fig. 15). La densité des termites diminue cependant sensiblement au profit des vers de terre particulièrement. Ces résultats pourront être comparés à ceux obtenus dans d'autres sites tropicaux qui auront subi également le passage du feu.

Le feu pas provoque apparemment pas une diminution de la densité des invertébrés (1960 à 1790 ind./m²), 1 mois après le passage du feu (fig. 14 et 15) du fait de l'effet d'étouffement par la fumée. Cette diminution est particulièrement spectaculaire chez les populations de termites qui passent de 1819 à 802 ind/m² (tabl.C1 en annexe) après le passage du feu et le retour des pluies. La densité des vers de terre en revanche, croit de 46 à 750 ind/m². La diversité croit aussi après le passage du feu.

La biomasse totale augmente de 8 g/m² à 74 g/m² (tabl.C2 en annexe) et la macrofaune se concentre dans les dix premiers centimètres (fig. 17) du sol. Mesurant une augmentation maximale de la température dans les 6 premiers centimètres du sol, au cour d'un feu de savane, Vidal & Rangel (1987) estiment que l'effet du feu est négligeable en dessous de cette profondeur. On peut se demander si cela est valable dans le cas des *Maalas* où le feu ne dégage pas de flamme puisque tout se consume à l'intérieur du butte.

Les jachères

La jachère la plus âgée est celle de Mantsouba (7 ans), ensuite vient celle de la SARIS (2 ans), et enfin la jachère de 1 an (OCV). Les valeurs de densité et de biomasse totales obtenues dans ces jachères sont respectivement de 1234 ind/m² et 3,78 g/m² pour celle de 7 ans de Mantsouba, 445 ind/m² et 1 g/m² pour celle de 2 ans de SARIS, 226 ind/m² et 13,6 g/m² pour l'OCV ; ces valeurs sont inférieures à celles des différentes jachères des zones tropicales telles que les valeurs de densités (379, 1141, 1291 et 1539 ind/m²) et biomasses (27, 36, 38 et 43 g/m²) des jachères de 1, 15 et 30 ans au Sénégal après la culture de l'arachide (Derouard, 1994).

Il faut noter que les termites sont dominants dans les deux premières jachères (Mantsouba, SARIS) (plus de 50% des effectifs), dans les *maalas* ce sont encore les vers de terre qui dominent (42%) et dans la dernière jachère (OCV), ce sont plutôt les fourmis et les autres arthropodes qui représentent plus de 82% de la densité totale.

La perturbation (labour à 30cm, apport d'engrais, de pesticides...) subie par les sols dans les parcelles de Mantsouba, de la SARIS et de l'OCV et le passé cultural (monoculture) ne permettent pas une recolonisation rapide de ces sols par la macrofaune.

La recolonisation massive des parcelles écobuées *-maalas* par des peuplements de vers de terre nous conduit à faire une analyse des différentes caractéristiques des ses sols.

Les savanes naturelles ne montrent pas une grande diversité, à l'échelle des grandes unités utilisées (comparer avec la diversité observée dans les systèmes dérivés). Exemple les systèmes agroforestière ou plantations arborée et pâturage en savane.

Les plantation d'*Acacia* tendent à augmenter cette richesse taxonomique avec des effets différents suivant le type de sol.

De tels effets généraux ont déjà été notés dans de nombreux sites de la zone intertropicale (LAVELLE et al., 1994 TSBF). On observe en général que la diversité est d'autant même conservée que le système de culture ressemble le plus à l'écosystème d'origine.

QUATRIEME PARTIE

**CARACTERES DES SOLS DANS
LES SYSTEMES ET
RENDEMENTS DES PRINCIPALES
CULTURES DANS :
Le "maalas" et le Brûlis**

Après la présentation des données écologiques des différents milieux, la quatrième partie du mémoire est consacrée à la présentation et à la discussion des résultats des échantillons des sols (photos 6 à 8) et de la production agricole obtenus dans les parcelles du brûlis et écobués ("*maalas*").

Dans le chapitre VII sont décrits les modifications des propriétés physiques et des caractéristiques micromorphologiques du sol.

Dans le chapitre VIII sont présentées les modifications de la matière organique et l'évolution de l'activité biologique des sols.

Dans chapitre IX sont étudiées les propriétés chimiques.

Enfin, dans le dernier chapitre, chapitre X, sont comparés les rendements agricoles (maïs, arachide et manioc) dans les deux systèmes (brûlis et *maalas*).

Nous concluerons sur les conséquences écologique et agronomique des pratiques agricoles en général et des pratiques traditionnelles. Ensuite, nous tenterons d'apprécier le caractère durable ou non des modifications observées dans les sols du brûlis et écobués.

Les perspectives sont envisagés pour une amélioration des techniques en vue de la conservation de la fertilité et de l'augmentation de la production.

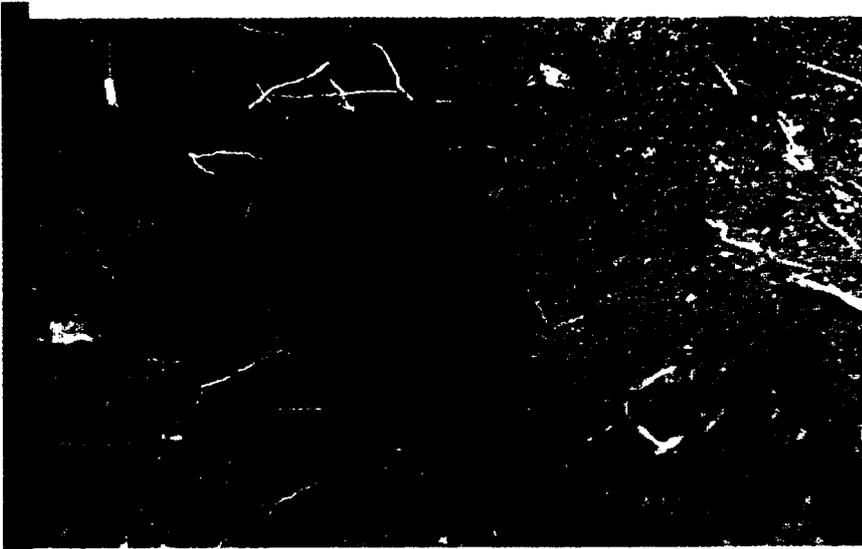


Photo 6 : Profil
Sol de savane

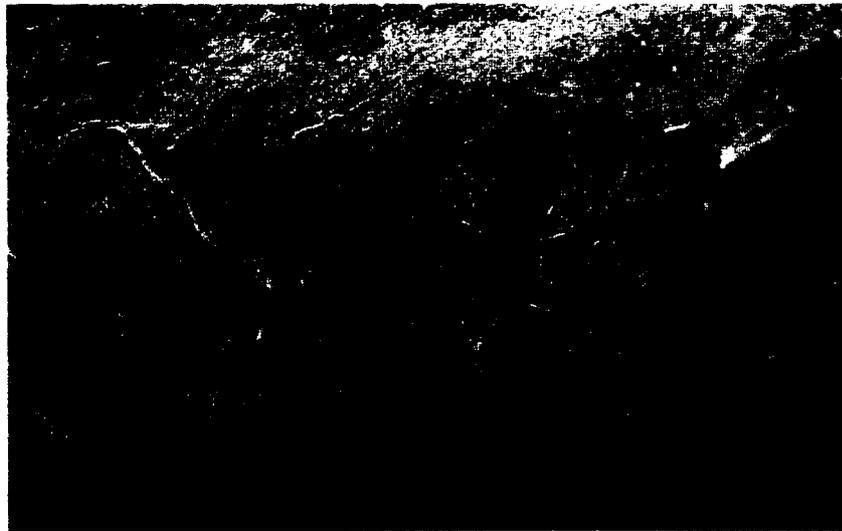


Photo 7 :
Sol d'un champ «brûlis»
Profil



Photo 8 :
Sol d'un champ «maalas»
Profil

CHAPITRE VII

PROPRIETES PHYSIQUES ET CARACTERISATION MICROMORPHOLOGIQUE

Certaines pratiques de préparation de sol tel que, le chauffage, par son effet flocculant sur l'argile (LE BORGNE et al., 1959; BETREMIEUX et al., 1960; NZILA, 1992), et l'activité de la faune (vers de terre et termites) du sol (SATCHELL, 1971; WALWORK, 1976; LAVELLE, 1983b, 1988b, 1986; LAVELLE et al., 1992; BLANCHART, 1992; STORK et al., 1992; BAROIS, 1993; BLANCHART et al., 1993), modifient les propriétés physiques du sol. Les résultats obtenus dans les sols sous cultures en général montrent une amélioration de la structure des sols; ceci est très remarquable pour les sols écobués (CLINNICK et al., 1981; NZILA, 1992) dans lesquels on note une augmentation des sables grossiers qui est liée à la mauvaise dispersion du sol écobué (BOUTEYRE, 1958; NZILA, 1992). L'observation binoculaire montre une activité très importante des peuplements de macroinvertébrés dans les différents sols.

Les études pédologiques et agropédologiques menées dans la vallée du Niari montrent que, malgré leur bonne structure qui leur confère une bonne perméabilité (BRUGIERE, 1954; MAPANGUI, 1993), ces sols sont dégradés physiquement lorsqu'ils sont soumis à la pratique de l'agriculture mécanisée (MARTIN, 1963; NZABA, 1983).

Ce chapitre précise l'impact du brûlis et de l'écobuage (maala), sur les propriétés physiques et la caractérisation micromorphologique du sol. L'observation sous la loupe binoculaire des échantillons de lames minces permet d'identifier différents types d'agrégats structuraux liés à l'activité de la faune. Des déterminations de la texture du sol et des mesures de densités apparente et réelle ont été effectuées afin de mettre en évidence les modifications des propriétés physiques.

I - PROPRIETES PHYSIQUES

1/ Analyse granulométrique

Le tableau 10 ci-dessous indique, que les sols sous brûlis ont une texture plus argileuse que ceux de la savane de départ.

Cette analyse montre une évolution des fractions granulométriques dans les sols écobués comparés aux sols de savane, ceci n'est pas le cas dans les sols sous brûlis. La teneur en sable des sols sous brûlis est dans l'ensemble inférieure à celle des sols sous savane et sous écobuage. Dans les sols écobués on note une diminution des teneurs en argile

qui passent de 40 % dans la strate 0-10 cm à 36 % dans la strate 10-20 cm et une augmentation jusqu'à 59 % à 20-30cm, tandis que les sols des interbillons sont plus argileux : 60 à 66 %. On note une nette augmentation de teneur en argile dans les sols sous brûlis : 59 % à 0-10 cm et 58 % à 10-20 cm.

On remarque une augmentation des sables grossiers dans les sols écobués passant de 23 % à 0 - 10 cm à 26 % à 10 - 20 cm , on a une diminution de sables grossiers dans les sols sous brûlis de 4 % à 0-10 cm et 5 % à 10-20 cm. Par contre le pourcentage des sables grossiers dans les sols de savanes varie entre 17 - 18 %.

Une légère diminution des sables fins dans les deux systèmes (écobuage 7 à 10 %; brûlis 5 à 8 %).

Les teneurs en limon grossier diminuent également dans les sols sous les deux traitements (brûlis - 2 à 3 %; écobués - 4 %). Les limons fins sont en légère baisse dans les sols sous écobuage 14 % à 0-10 cm et 16 % à 20-30 cm; alors qu'ils sont en augmentation dans les sols de brûlis 20 % à 0-10 cm.

Le sol d'intermaalas (IMA) présente une configuration nettement différente de celle des maalas, il est plus argileux, en effet, sa structure est proche de celle du brûlis.

Par comparaison avec les sols sous savane et sous brûlis, nous constatons que l'écobuage provoque une diminution des teneurs en argile granulométrique et un accroissement des teneurs en sables grossiers. Des résultats similaires ont été obtenus par d'autres auteurs (JACQUES-FELIX et BETREMIEUX, 1949; BOUTEYRE, 1958; BRETREMIEUX et al., 1960; NZILA, 1992). Ce phénomène serait dû à une coagulation due à l'échauffement des particules argileuses qui provoque une fixation forte des métaux polyvalents sur le ciment organométallique, empêchant ainsi la dispersion des particules (GIOVANNINI et al., 1988; NISHITA et HAUG, 1972). On obtient alors des pseudosables qui contribuent à augmenter les teneurs en sables grossiers.

Echantillons	Argiles	Sables grossiers >200µm	Sables fins 50-200µm	Limons grossiers 20-50µm	Limons fins <2µm	Eau	Matière organique
SAV(0-10)	42	17	9	11	15	5	0,78
SAV(10-20)	45	18	10	5	15	6	0,77
SAV(20-30)	55	8	1	3	30	3	0,21
BRU(0-10)	59	4	5	2	20	9	0,65
BRU(10-20)	58	5	7	3	16	9	0,67
BRU(20-30)	57	5	8	3	15	10	0,55
MA1(0-10)	40	23	7	4	14	10	0,63
MA1(10-20)	36	26	10	4	14	8	1,25
MA1(20-30)	59	6	6	3	16	9	0,53
IMA(0-10)	64	5	7	2	12	9	-
IMA(10-20)	66	4	8	3	10	8	-
IMA(20-30)	61	3	7	3	13	13	-

Tableau 10 : Analyse granulométrique (en %) des sols écobués et du brûlis sur défriche (les résultats correspondent à des échantillons composites)

2/ Densité apparente, réelle et porosité des différents sols

La densité apparente a été déterminé selon la méthode du cylindre décrite dans le chapitre matériels et méthode. Dans la savane, elle est de 0,66 à 0,83 entre 0-30 cm de profondeur, elle varie très peu dans le brûlis 0,66 à 0,92. Une augmentation considérable dans l'écobuage de 0,75 à 0,95.

La densité réelle est peu variable entre savane et brûlis, on note une légère variation sous écobuage (Tabl. 11) avec une tendance à s'uniformiser entre 2,74 et 2,77 quelque soit la profondeur.

Paramètres	Savane (0-10)	Savane (10-20)	Savane (20-30)	Brûlis (0-10)	Brûlis (10-20)	Brûlis (20-30)	Maala1 (0-10)	Maala1 (10-20)	Maala1 (20-30)
Densité apparente	0,66	0,71	0,83	0,66	0,70	0,92	0,75	0,81	0,95
Densité réelle	2,67	2,78	2,80	2,68	2,76	2,78	2,75	2,74	2,77
Porosité (%)	75	74	70	75	75	67	73	70	66

Tableau 11 : Densité apparente (d), densité réelle (D) et porosité dans les sols sous savane (SAV), sous brûlis (BRU) et sous écobuage (MA1); (3 répétitions pour chaque échantillon)

Les densités apparentes sont toutes, extraordinairement faibles, largement inférieure à 1. Ce qui semble être une caractéristique générale des "terres de barre" en particulier et des oxisols plus généralement.

Les densités réelles se situent un peu au dessus de celles du quartz (2,55 à 2,60) et de la kaolinite (2,50), sans doute en raison de la teneur du sol en oxides et hydroxides de fer. Les valeurs les plus faibles (savanes) s'expliqueraient par des teneurs plus fortes en matière organique.

Les porosités sont particulièrement élevées. Il en résulte un drainage exceptionnel (le sol est une "passoire") mais la conductivité hydraulique, en non saturé, est très faible et limite les flux d'eau vers les racines et vers la surface, très rapidement après le ressuyage du sol (c'est donc un défaut).

Les sols écobués se caractérisent par une porosité moindre (surtout en profondeur) par rapport aux sols écobués.

II - CARACTÉRISATION MICROMORPHOLOGIQUE

1/ Evolution de l'organisation du sol sous savane

Les photos 9, 10 et 11 (coupe verticale en haut et horizontale en bas) montrent, à l'échelle de la loupe binoculaire, la différenciation du haut en bas des strates étudiées, en principaux niveaux d'organisation des strates 0-10, 10-20 et 20-30 cm du sol.

Strate 0-10 cm

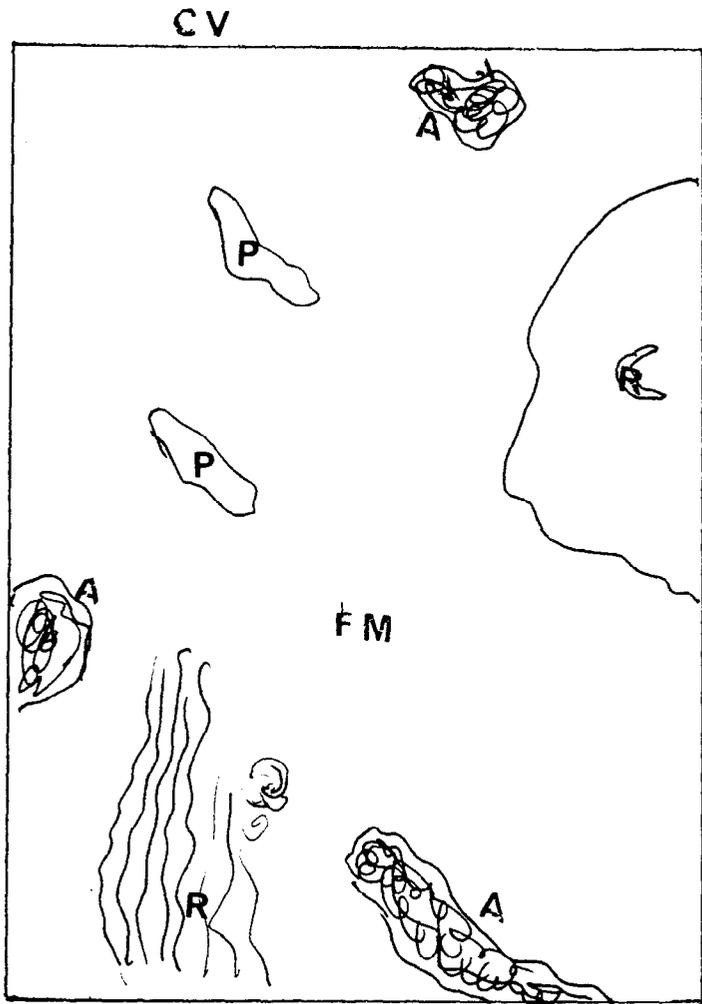
L'assemblage du fond matriciel manque d'homogénéité, il bénéficie d'une porosité communicante. Il existe plusieurs fissures. La présence très peu remarquée de gros nodules qui donnent l'impression de blocs compacts; ils sont constitués de microagrégats empilés les uns dans les autres. Ces nodules observés à la loupe binoculaire montre des galeries remplies par des agrégats de différentes tailles qui viennent d'ailleurs.

On remarque deux systèmes de vides nettement remarquables.

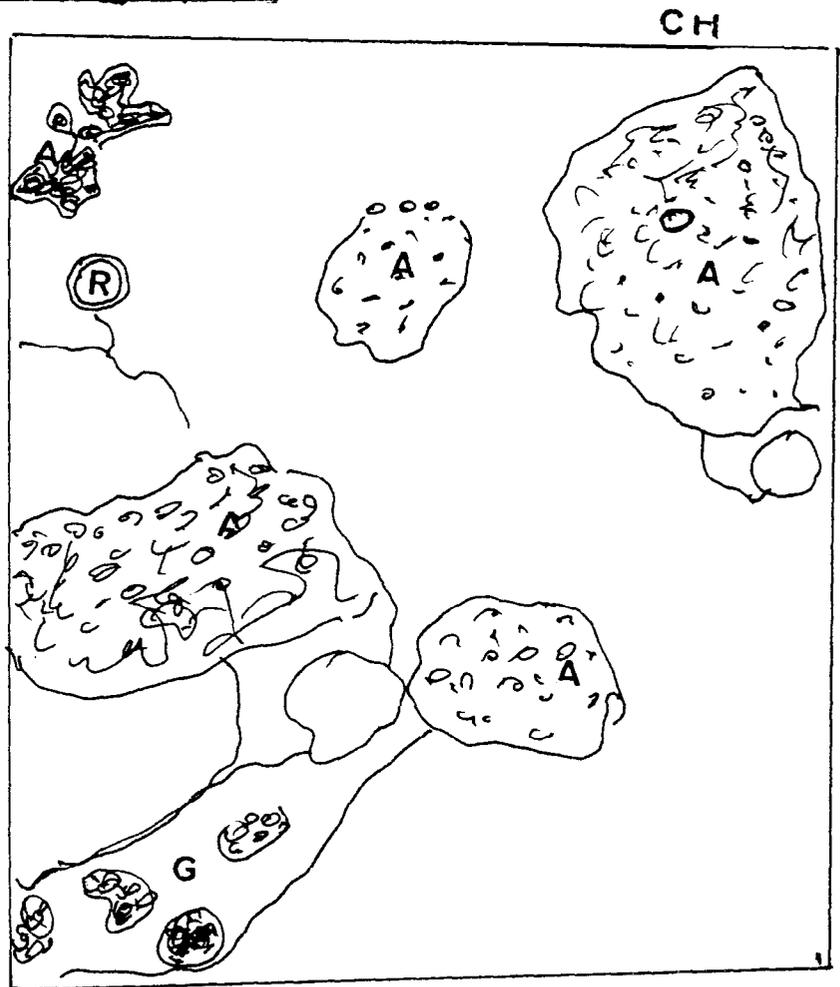
Premièrement : Les pores, résiduels de l'assemblage des agrégats peu nets, sont de forme irrégulière, souvent polyconcave. De nombreuses zones claires indiquent la présence d'autres vides d'entassement très fins.

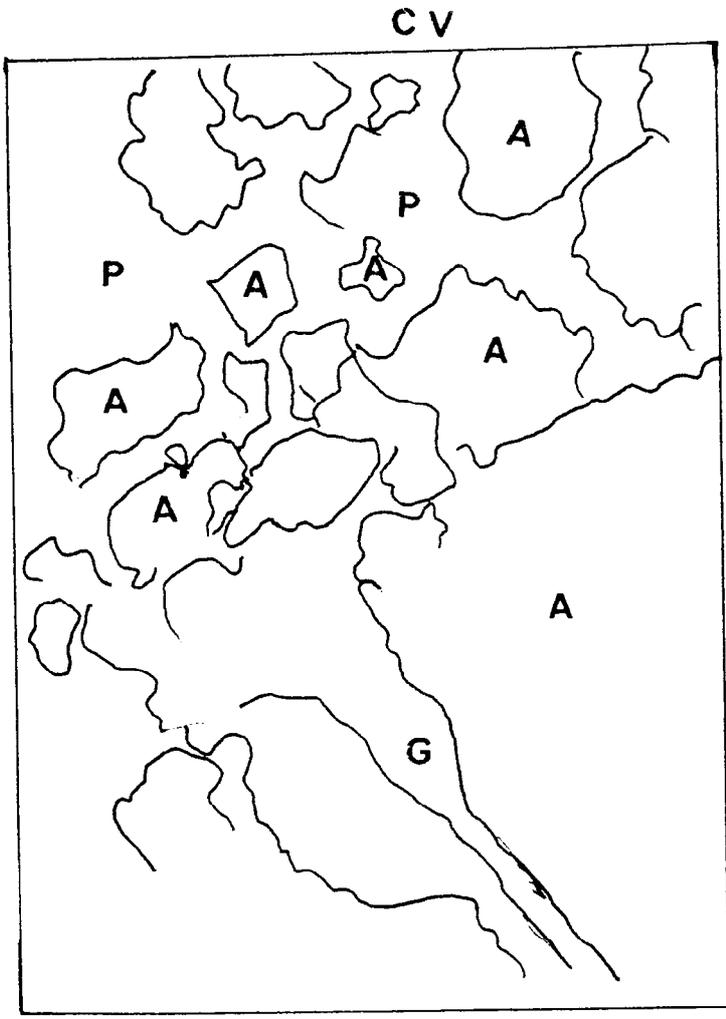
Deuxièmement : Des cavités et/ou chenaux sont de forme régulière, plus ou allongée.

On note également des particules de quartz et des racines mortes ou non. Une couleur marron-noire domine sur toute la strate.

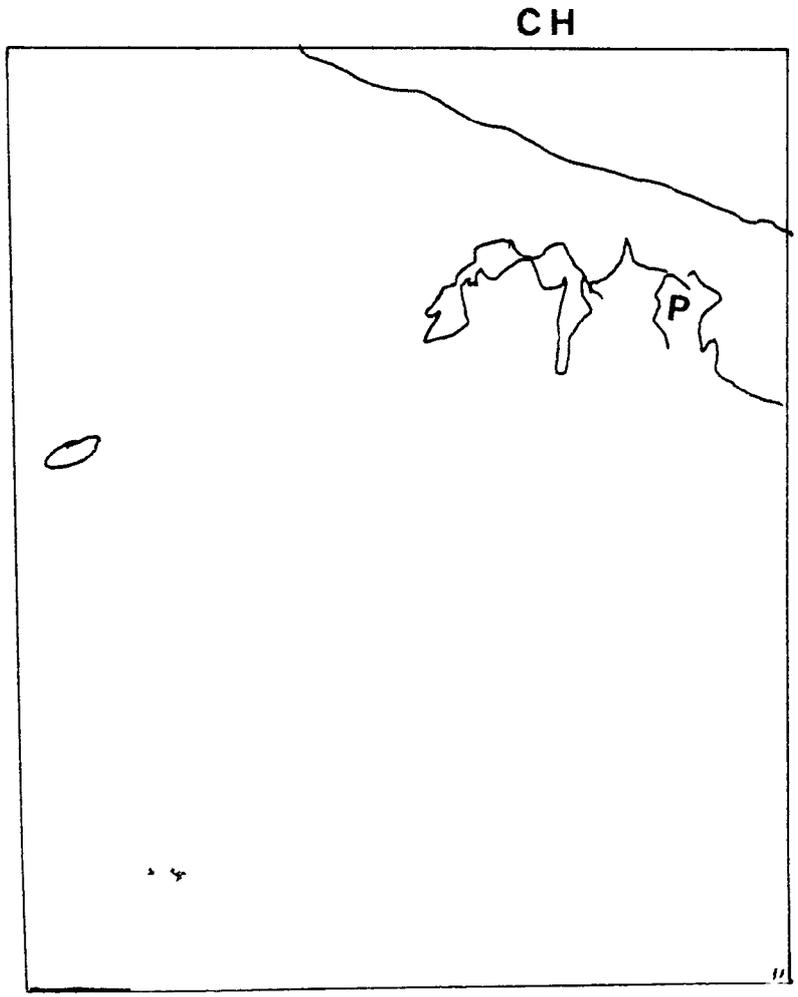


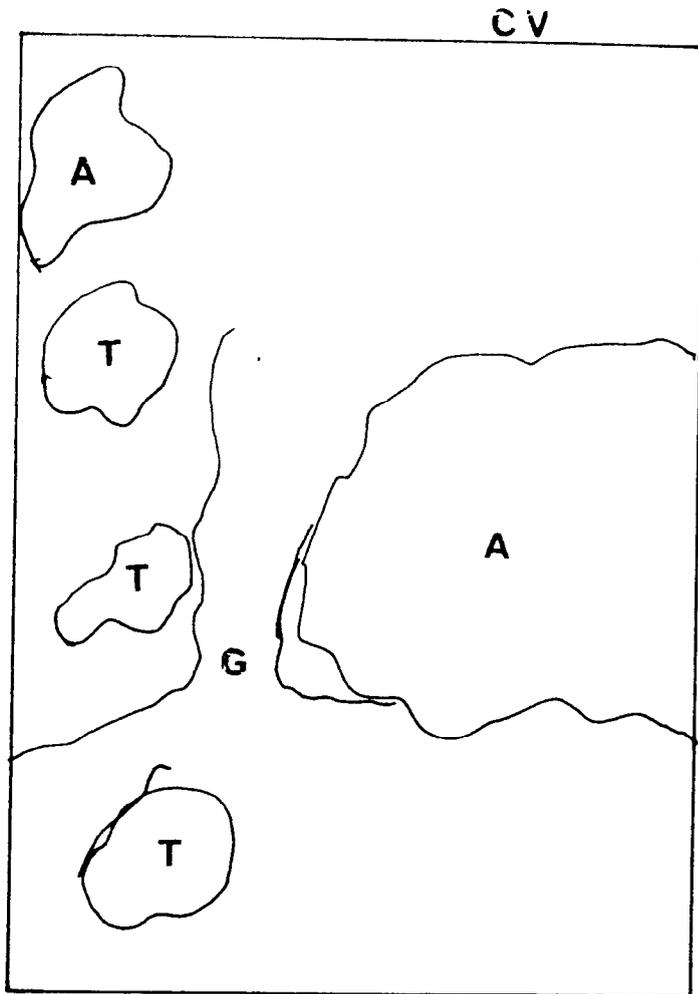
CV - Coupe verticale
 CH - Coupe horizontale
 A - Agrégats
 P - Pores
 FM - Fond matriciel
 R - Racines
 G - Galeries



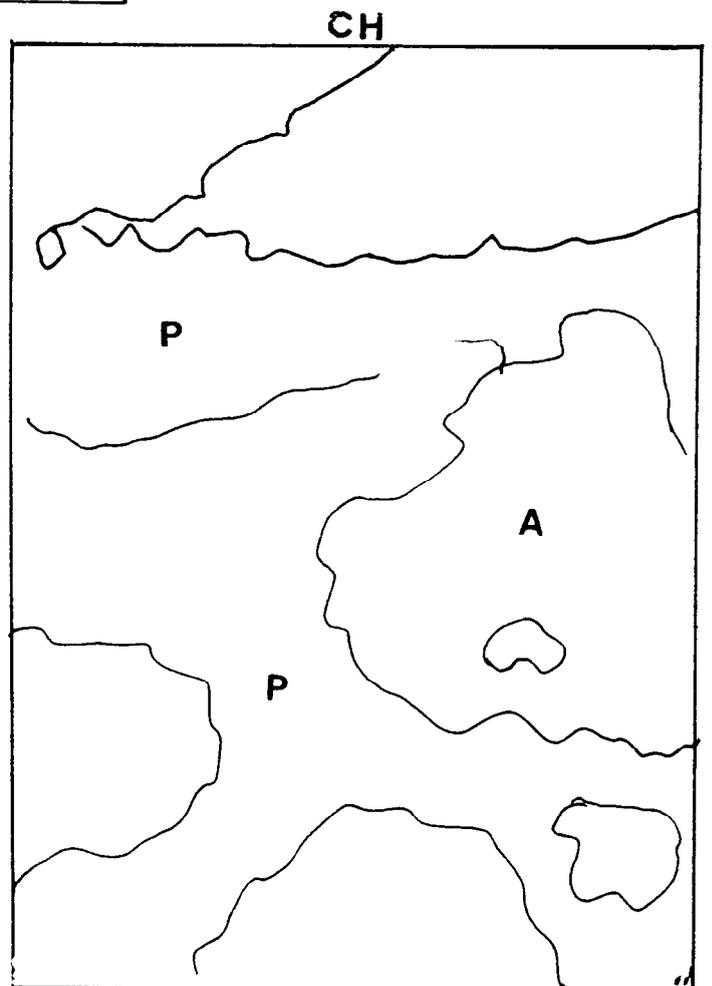


CV - Coupe verticale
CH - Coupe horizontale
A - Agrégats
P - Pores
Q - Quartz





CV - Coupe verticale
CH - Coupe horizontale
A - Agrégats
P - Pores
G - Galeries
T - Turricules



Strate 10-20

L'assemblage du fond matriciel, présente la même structure que la strate précédente. On observe très peu d'agrégats dispersés en état libre. Les plus gros agrégats sont regroupés en bloc, entre deux blocs juxtaposés, on observe de gros pores en forme de grosses fissures.

L'observation à la loupe binoculaire, montre des galeries en plein remplissage. On note quelques grains de quartz. Le sol est de couleur jaune foncée. Les racines ne sont pas visibles sur les échantillons observés.

Strate 20-30

Le fond matriciel est formé par des blocs d'agrégats qui laissent entre eux de gros pores. On pourrait parler d'une porosité communicante dans le fond de la matrice. Ces agrégats sont constitués par des microagrégats de couleurs marron clairs, les agrégats moyens à gros sont de couleur très nuancée, allant du marron clair au marron foncé. Des agrégats bien compact sont présents, ils laissent penser aux turricules de vers de terre.

Sur une coupe verticale de l'échantillon, quelques tranches de racines mortes calcinées sont observées, ce qui prouve le passage du feu dans la savane.

Les galeries sont également observées, on pourrait parler de structures pédogalerie. Des morceaux de pierre (Latérite) sont présents.

2/ Evolution de l'organisation du sol sous brûlis

Les photos 12, 13 et 14 (coupe verticale en haut et horizontale en bas) montrent, à l'échelle de la loupe binoculaire, la différenciation du haut en bas des strates étudiées, en principaux niveaux d'organisation des strates 0-10, 10-20 et 20-30 cm du sol.

Strate 0-10

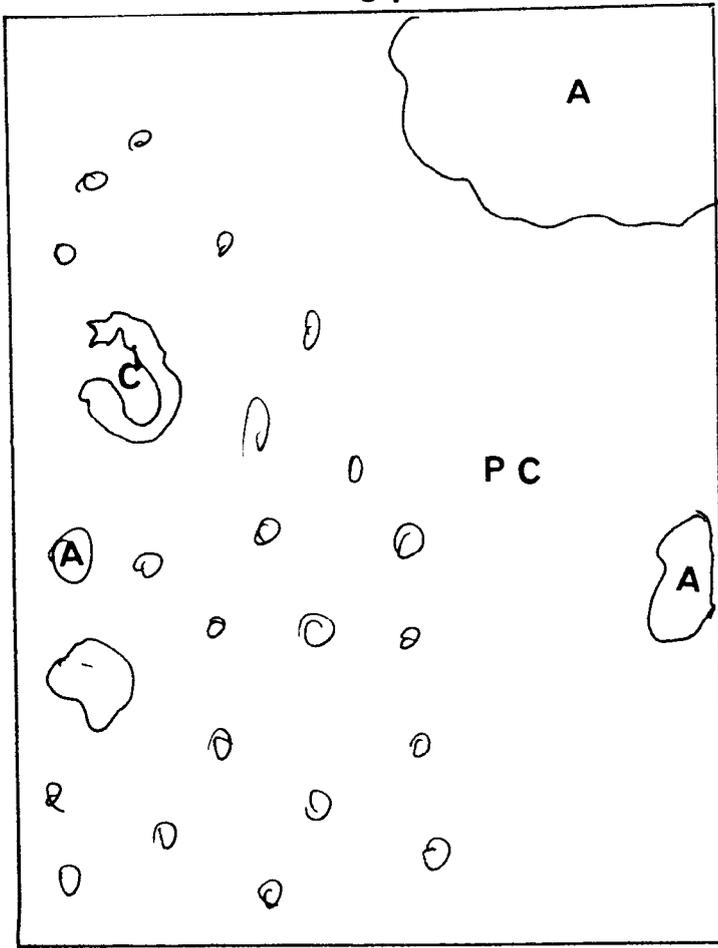
L'assemblage du fond matriciel est hétérogène. La structure est microagrégée. On note une porosité communicante qu'on pourrait estimer à 95 %. On note également la présence de débris, il existe beaucoup de racines. L'observation de la coupe transversale de racines montre un remplissage de ces dernières avec des microagrégats.

On note la présence de cuticules d'insectes (fig.14 - haut).

Une dispersion des petits et moyens agrégats en champs libre avec à l'intérieur des morceaux de quartz. Il existe également des grains de quartz libre en dehors des agrégats.

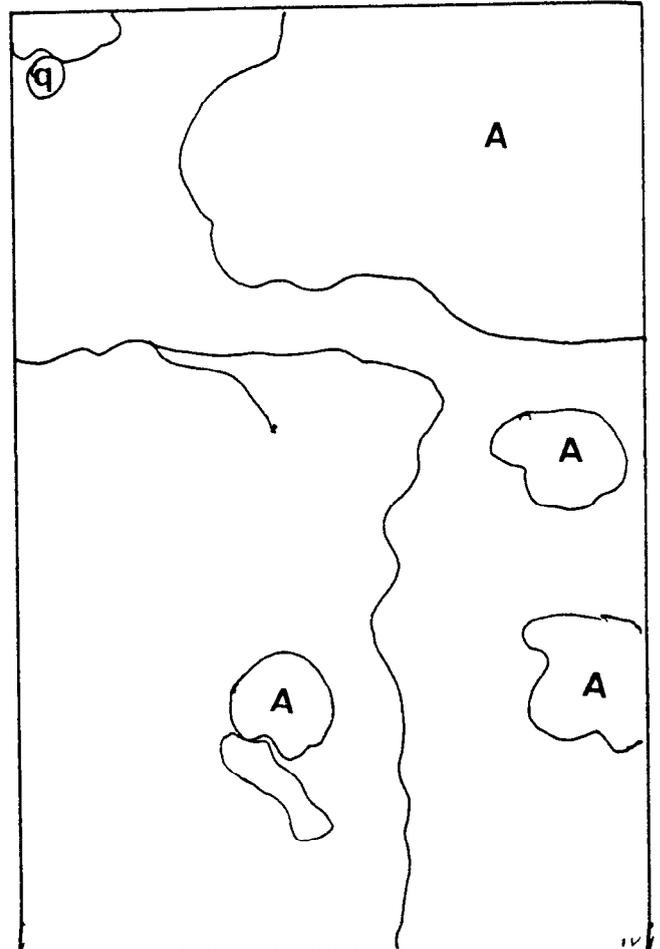
Les agrégats sont de couleur très nuancée du jaune clair au maron foncé.

CV

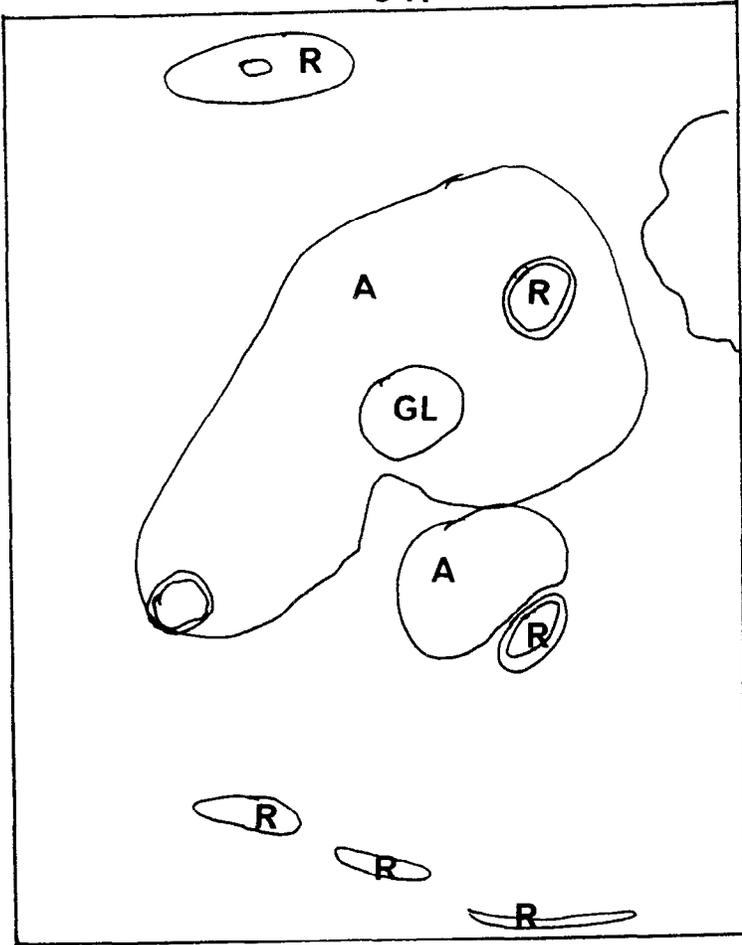


- CV - Coupe verticale
- CH - Coupe horizontale
- A - Agrégats
- P - Pores
- q - Quartz
- C - Cuticule d'insectes

CH

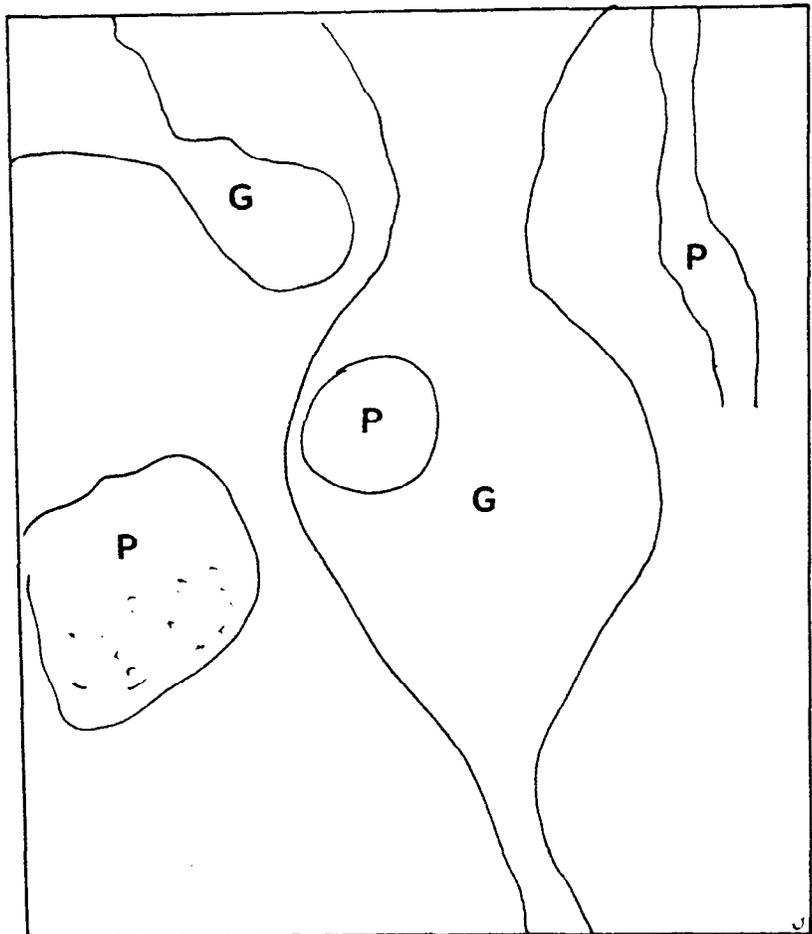


CH

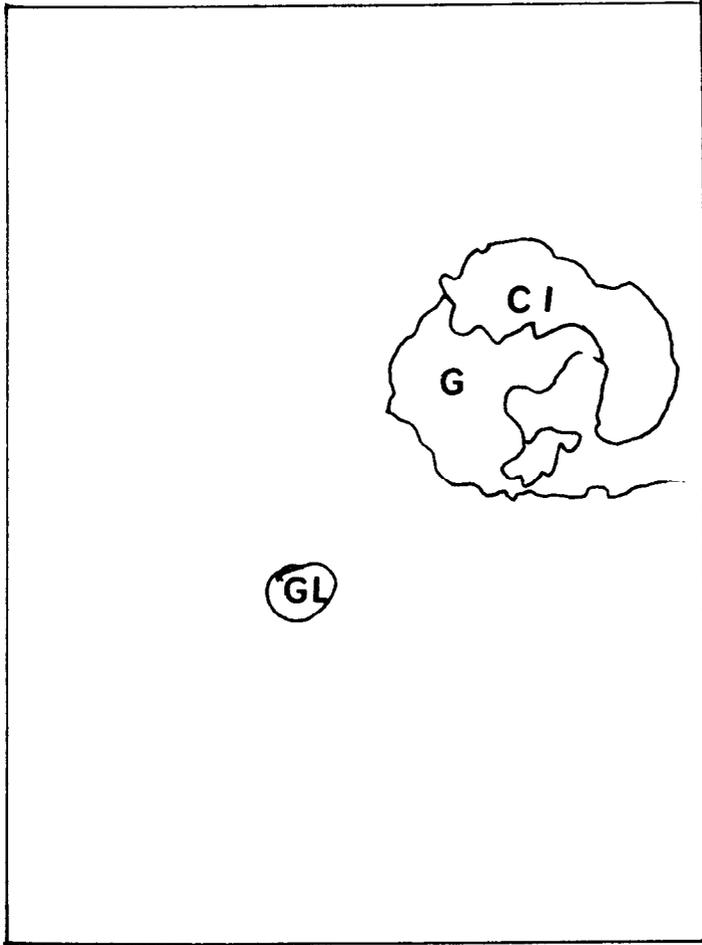


- CV - Coupe verticale
- CH - Coupe horizontale
- A - Agrégats
- P - Pores
- R - Racines
- GL - Grains de latérite
- G - Galeries

CV

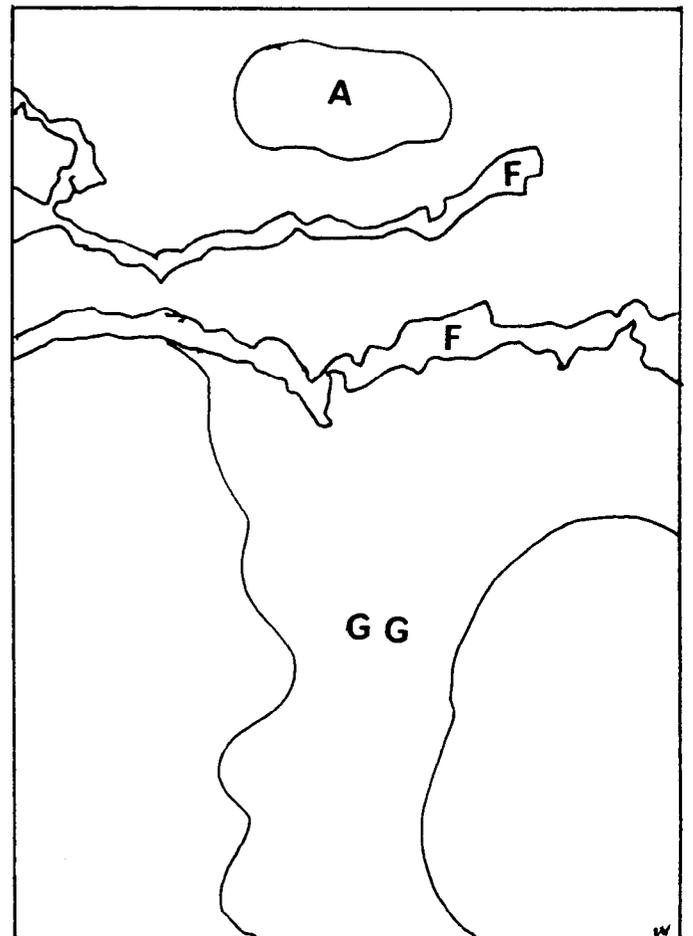


CV



- CV - Coupe verticale
- CH - Coupe horizontale
- A - Agrégats
- CI - Cuticules d'insectes
- G - Galeries
- GL - Grains de latérite
- GG - Galeries larges
- F - Fissures

CH



Strate 10-20

Comme dans la précédente strate, le fond de la matrice est très hétérogène. Une grande porosité est observée. Une structure microagrégée dans certains endroits de l'échantillon, par contre dans d'autres on trouve une structure plus compacte. Cette structure compacte est constituée de microagrégats. L'observation à la loupe binoculaire montre une jonction de ces microagrégats les uns avec les autres.

La coupe verticale montre un fond matriciel mieux couvert que dans la coupe horizontale. Des grandes galeries en état de remplissage sont observées sur les deux coupes. On note la présence de nombreuses racines et de grains de pierre (latérite).

Strate 20-30

Le fond matriciel est plus dense par rapport aux deux strates précédentes. Une nette diminution de la porosité (fig. 17).

On observe des cuticules d'insectes (termites) à côté d'une galerie en plein remplissage. Très peu de racines sont observées. Des grains de pierre sont également présents. La coupe horizontale montre une grosse et une moyenne fissures.

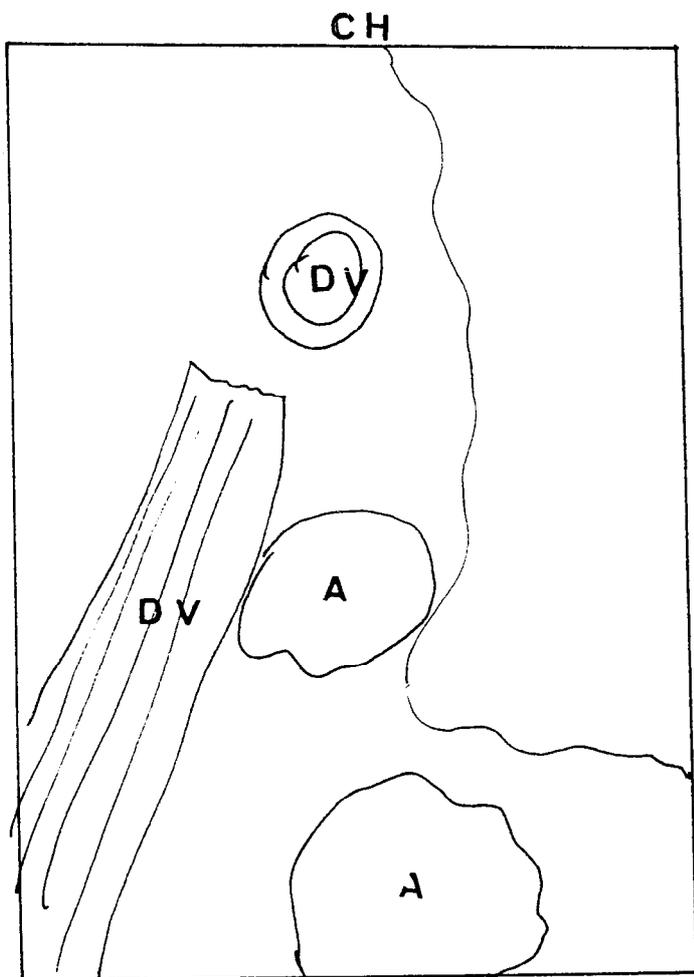
La plus grosse fissure coupe une grosse galerie mi-remplie. L'observation à la loupe binoculaire montre une structure microagrégée. Les gros agrégats observés sont composés de microagrégats.

3/ Evolution de l'organisation du sol sous écobuage

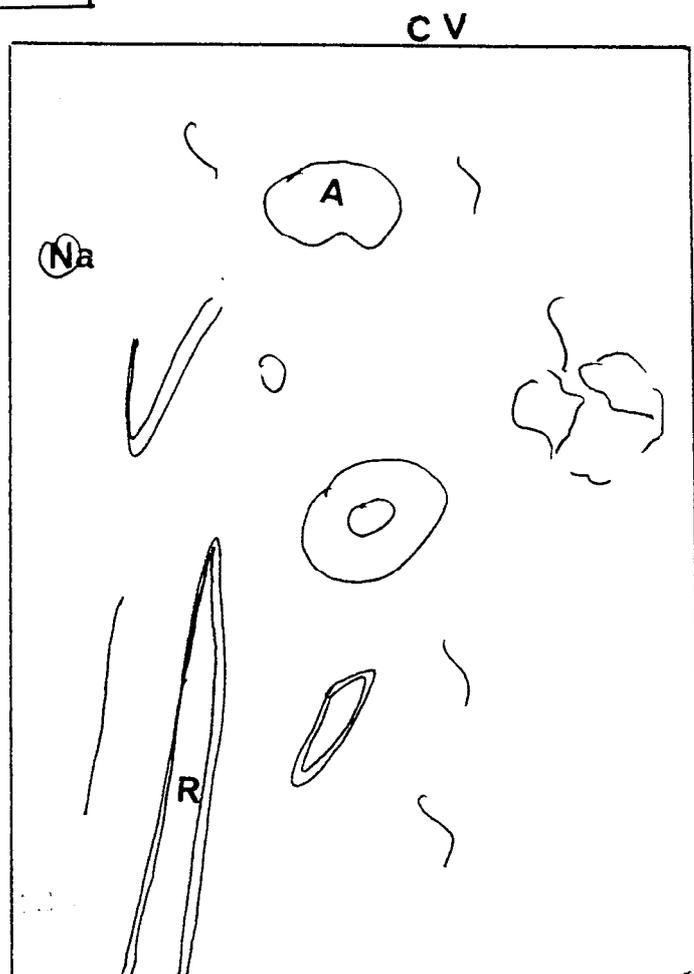
Les photos 15, 16 et 17 (coupe verticale en haut et horizontale en bas) montrent, à l'échelle de la loupe binoculaire, la différenciation du haut en bas des strates étudiées, en principaux niveaux d'organisation des strates 0-10, 10-20 et 20-30 cm du sol.

Strate 0-10

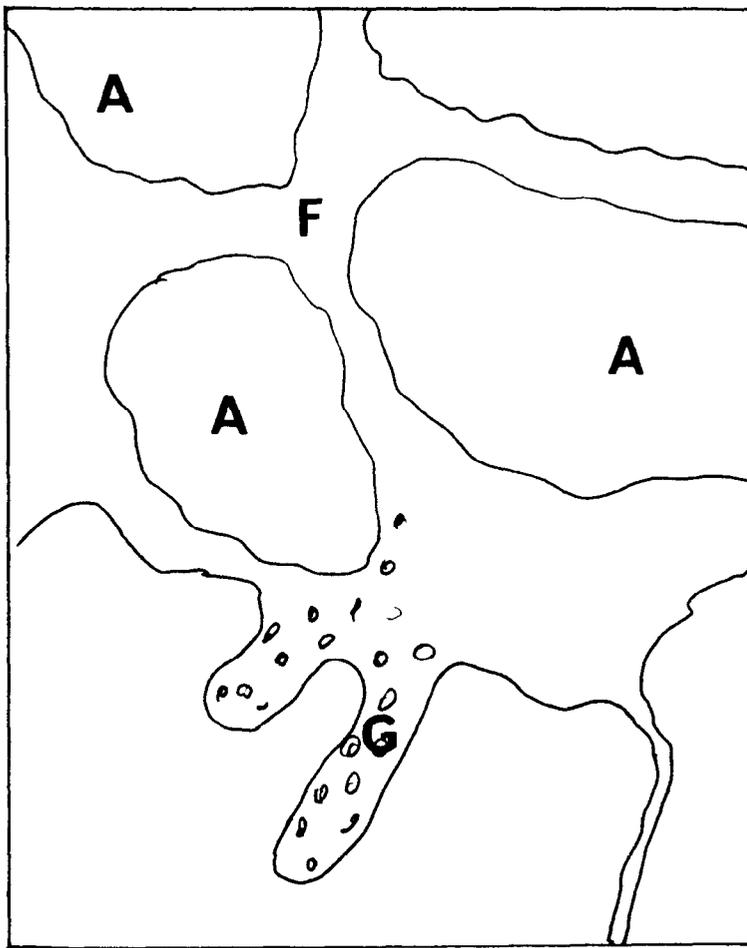
L'assemblage du fond matriciel manque d'homogénéité. La structure de la matrice est microagrégée. A l'intérieur des microagrégats, on note de nombreux nodules d'argile de couleur jaune et rougeâtre (couleur due certainement au passage du feu) avec quelques fissures et quelques petites galeries au milieu. On note des nodules poreux. Le contour de l'échantillon montre une constitution structurale par des microagrégats qu'on pourrait classer en trois catégories : des agrégats primaires, secondaires et tertiaires. Ils existe une présence des agrégats compacts en coupe transversale qui laissent penser aux turricules de vers de terre. On note de grosses galeries en forme de fossés. On remarque un rebouchement partiel ou complet des galeries par des agrégats de couleurs différentes (rouges, jaunes, marron, jaunâtre, grisâtre, etc). Une grande porosité apparente favorisée par de nombreuses fissures et les galeries.



CV - Coupe verticale
CH - Coupe horizontale
A - Agrégats
DV - Déchets végétaux
R - Racines

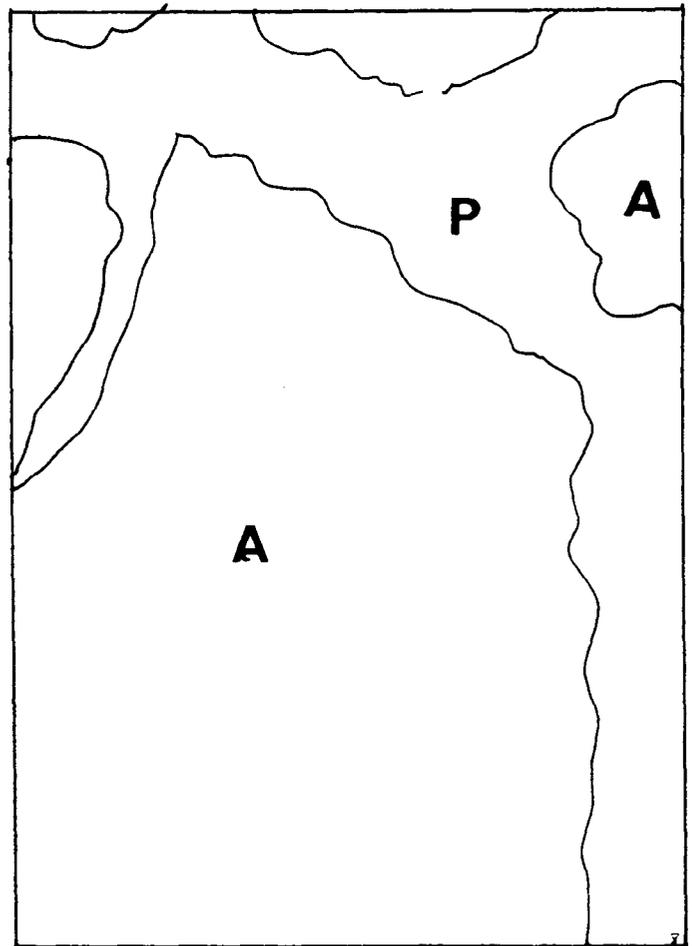


CV



CV - Coupe verticale
CH - Coupe horizontale
A - Agrégats
G - Galeries
F - Fissures
P - Pores

CH



On observe des racines mortes remplies par des agrégats, d'autres par contre sont toutes entières. On observe également quelques brindilles mal brûlées. On note la présence de charbon de bois, de gravillons ferrugineux, de grains de quartz.

Strate 10-20

L'assemblage du fond matriciel est plus structuré, plus compact par endroit. On observe des fissurations qui divisent les gros blocs d'agrégats en plusieurs petits agrégats. La porosité n'est pas négligeable, on peut l'évaluer à plus de 50 %. De nombreuses galeries en plein remplissage avec des microagrégats sont observées. Quelques racines sont observées. Il existe des particules de quartz dans l'échantillon. La couleur des agrégats varie de jaune clair à marron.

Strate 20-30

Le fond matriciel est plus homogène en apparence à l'oeil nu, mais observé à la loupe binoculaire, on note une porosité encore communicante. Des galeries remplies par des microagrégats sont observées. On remarque des agrégats noirs et des fissures.

Très peu de charbon de bois et de racines sont observés dans ce strate. Il y a une présence de grains de quartz. La couleur des échantillons varie de jaunâtre à marron.

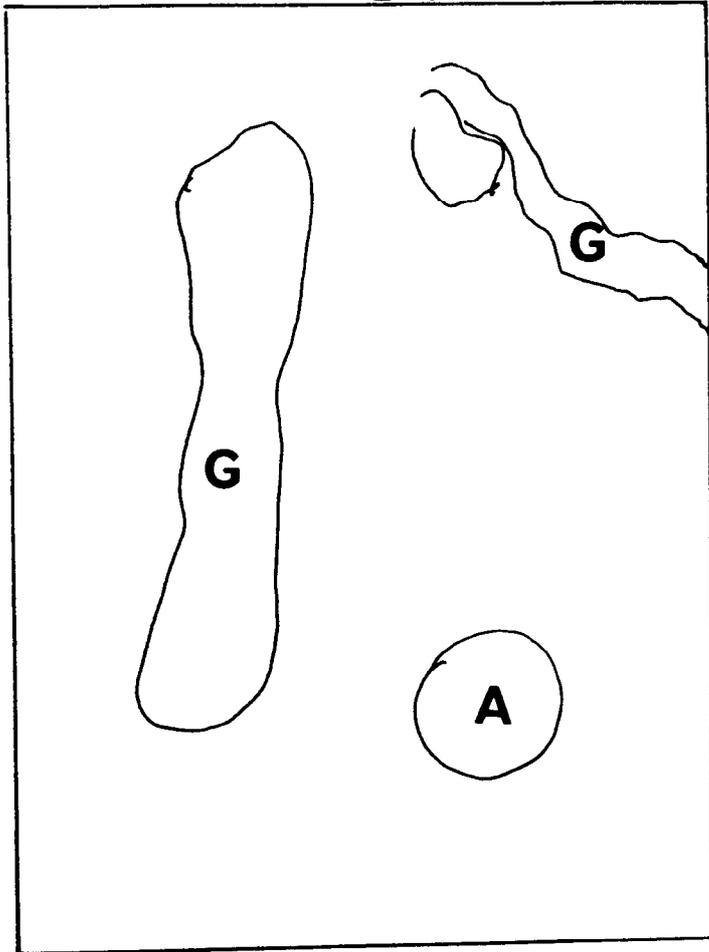
CONCLUSION

La construction des buttes écobuées modifie l'aspect et l'agencement des différents éléments structuraux de la partie superficielle du sol. Les observations sur le terrain montrent que les buttes écobuées sont constituées de différentes phases homogènes qui se distinguent par la couleur, la texture qui correspondent à différentes intensités de chauffage. Les débris végétaux, plus ou moins carbonisés mélangés à la terre tapissent la surface du sol initial et limite ainsi la base du butte écobuée, ils favorisent l'installation des peuplements de vers de terre dans les buttes.

Sous l'effet de la chaleur, l'écobuage provoque la coagulation des particules argileuses qui se traduit par une diminution des teneurs en argile granulométrique et une augmentation des teneurs en sables grossiers car il y a formation des pseudosables. On note une diminution de la porosité, ceci contribue au ralentissement du drainage et à la rétention d'eau disponible pour les plantes.

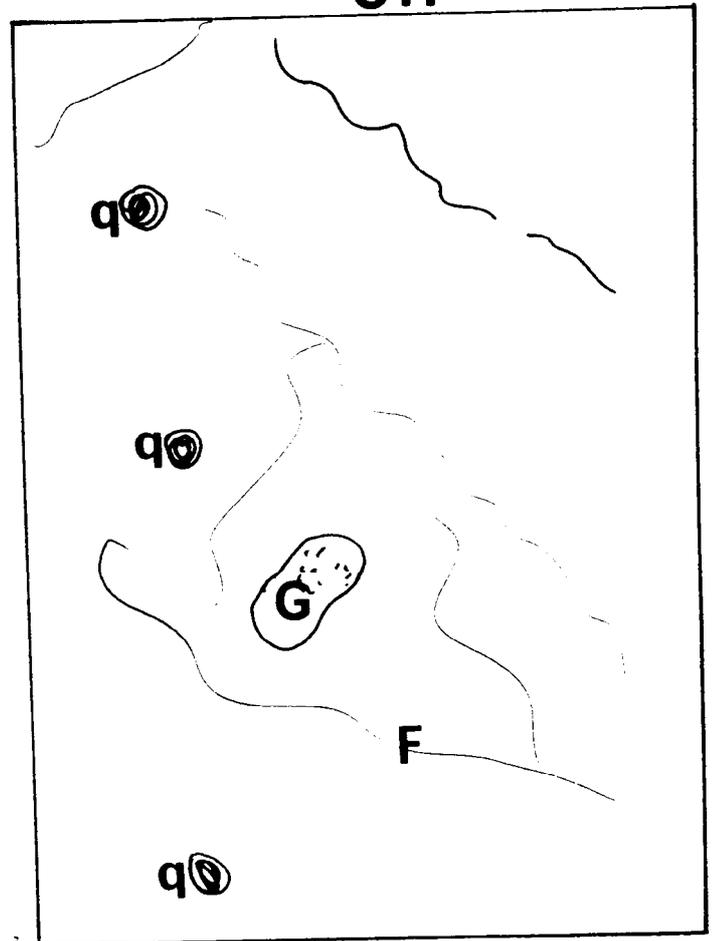
La structure microagrégée (tabl. 12) de tous les échantillons observés montre, en dehors de la parcelle écobuée ou le sol est remué à l'avance, que les sols de la zone d'étude subissent une activité importante de la faune du sol. L'observation des cuticules d'insectes (termites), des turricules des vers de terre en sont l'exemple. La présence de nombreuses galeries remplies par des agrégats des différentes tailles et de couleur varié, ne fait que confirmer cette thèse. La porosité est très élevée dans ces sols. Cela peut avoir des

CV



CV - Coupe verticale
CH - Coupe horizontale
A - Agrégats
G - Galeries
F - Fissures
q - Quartz

CH



conséquences plus ou moins grave sur le régime hydrique de ces sols. Ces sols auraient tendance à se dessécher rapidement. L'écobuage aurait plutôt tendance à limiter ce phénomène.

Une modification spécifique due à l'écobuage :

-conservation d'une porosité large, intermicroagrégats élevée en surface permettant l'infiltration des eaux de pluies,

-limitation progressive de la macroporosité en profondeur, ralentissant le drainage et assurant la rétention d'eau disponible pour les plantes.

L'écobuage crée ainsi des conditions favorables au développement des plantes cultivées et particulièrement des plantes à tubercules (manioc, ignames, patates douces...).

DESCRIPTIONS	SAVANE	ÉCOBUAGE	BRÛLIS
-COMPOSITIONS - COULEURS - AGRÉGATS	-Plasma squelettique 95% -Brun jaune rouge -2 types	-Dominance fait du plasma 90 % -Rouge foncé -3 types	-Plasma très squelettique 95 % -Jaune à brun -2 types
0 - 10 cm	-La moitié du volume occupée par des agrégats centimétriques de forme irrégulier à arrondie, microfissuré -Entre ces agrégats : assemblage lâche de microagrégats correspondant à des volumes bioturbés.	-Assemblage très lâche de microagrégats (90 % du volume), avec quelques agrégats centimétriques bien délimités 10 % (turricules de vers de terre)	-Assemblage lâche des microagrégats, avec 40 % des agrégats centimétriques de forme irrégulier
10 - 20 cm	-Dominance d'agrégats centimétriques (ou plus), constitués par accollement de microagrégats, séparés entre eux par de larges fissures vides. L'assemblage lâche de microagrégats est limité en volume.	-Le fond matriciel forme une masse continue, recoupé par des volumes à remplissage lâche de microagrégats n'occupant que 30 % du volume total.	-Le fond matriciel a une concentration massive à certains endroits, entouré ou entrecoupé par des volumes à remplissage lâche de microagrégats.
20 - 30 cm	-La moitié du volume total est occupé par des agrégats (n centimètre) compacts, de forme arrondie, microfissurés; L'autre moitié occupé par des microagrégats en assemblage lâche.	-Le fond matriciel est continu et compact, parcouru par des microfissures. Quelques volumes bien délimités (10 %) a assemblage lâche de microagrégats.	-Le fond matriciel forme une masse continue présentant quelques fissures, recoupé par des volumes de forme arrondi ou irrégulier à remplissage lâche de microagrégats n'occupant que 10 % du volume total.

INTERPRETATION	SAVANE	ÉCOBUAGE	BRÛLIS
Observations	-Plasma argilo ferrique dans son état normal (couleur jaune brun)	-Plasma argilo ferrique modifié par l'échauffement (couleur foncé)	-Plasma argilo ferrique modifié légèrement par le passage du feu (couleur brun foncé)
0-10 cm	-Structures biologiques conservées	-Ensemble perturbé par le travail d'écobuage	-Structure perturbé par le travail du sol
10-20 cm	-Structures bioiques conservées	-L'abondance des galeries témoigne de l'activité importante de la faune du sol	-L'abondance des racines et de galeries prouve la présence de la faune
20-30 cm	-Diminution de la porosité	-Minimum de porosité à dominance de fissure et localement de vide entre agrégats -Limitation du drainage Effet de la mise en culture sur la porosité.	-Une réduction de la porosité au moins à 60 % de la porosité totale Effet de la mise en culture sur la porosité.

Tableau 12: Différences micromorphologique entre les différents sols sous savane (SAV), brûlis (BRU) et écobuage (MA)

CHAPITRE VIII

LA MATIÈRE ORGANIQUE ET L'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE

Divers travaux concernant l'action de la faune et du feu sur les modifications des teneurs en matière organique du sol. Les résultats obtenus concernant l'action du feu apparaissent contradictoires (TRABAUD, 1991) puisque suivant les auteurs il ya soit une augmentation des teneurs en matière organique (MOORE, 1960; DAUBENMIRE, 1968; SANCHEZ, 1987; NZILA, 1992) soit au contraire une perte plus ou moins importante de matière organique (NYE et al., 1964; SANCHEZ, 1973; RAISON, 1979; GIOVANNINI et al., 1990), soit encore aucune modification des teneurs de matière organique avant et après le brûlis (KUMADA, 1980; SCHOCH et al., 1986). Ceci peut s'expliquer par le fait que les modifications des teneurs en matière organique du sol dépendent essentiellement de l'intensité du feu et de conditions de réalisation du brûlis (conditions climatiques, quantité du combustible, durée de l'échauffement, ...). La transformation des composés organiques du sol sera probablement différente dans les sols de la vallée du Niari. Quand à l'action de la faune sur la matière, elle a été mentionnée dans la première partie de ce mémoire.

Dans ce chapitre nous analyserons : les effets directs de deux types de pratiques agricoles sur la matière organique du sol (carbone et azote) et sur la minéralisation microbienne du carbone et de l'azote.

I - LA MATIÈRE ORGANIQUE

Teneur en carbone total

Les résultats donnés dans le tableau 13 ci-dessous. On note une baisse de la teneur en carbone total par rapport au sol de savane dans les sols sous brûlis.

En surface, c'est à dire à 0-10 cm de profondeur, les sols du brûlis ont une teneur en carbone total plus élevée que ceux d'écobuage. Cette tendance est inversée à 10-30 cm.

La teneur en carbone à 0-10 cm dans les sols écobués doit être liée à la concentration des cendres à cette profondeur.

Dans la strate 10-20 cm, correspondant initialement à la zone d'accumulation des végétaux enfouis, les teneurs en carbone total sont nettement plus élevées que pour les autres échantillons, car cette strate est constituée des débris végétaux incomplètement brûlés.

Les strates 0-10 et 10-20 cm du brûlis ne marquent pas une différence significative de teneur en carbone total, cela est probablement dû au non-travail préliminaire du sol. Elles sont plus faibles que celles de la savane sauf pour la strate 10-20, certainement à cause du "balayage", de la défriche et du brûlis superficiel que subissent ces sols.

Echantillons	C % (méth.ANNE)	N %	C/N
SAV 0-10	4,41 ± 0,62	0,37 ± 0,06	11,92
SAV 10-20	4,33 ± 0,59	0,28 ± 0,07	15,46
SAV 20-30	1,28 ± 0,28	0,17 ± 0,10	7,53
BRU 0-10	4,84 ± 0,68	0,23 ± 0,01	21,04
BRU 10-20	3,05 ± 0,23	0,20 ± 0,01	15,25
BRU 20-30	2,25 ± 0,56	0,17 ± 0,02	13,24
MAA 0-10	4,51 ± 0,97	0,28 ± 0,05	16,11
MAA 10-20	3,78 ± 0,87	0,38 ± 0,07	9,95
MAA 20-30	2,69 ± 0,68	0,20 ± 0,05	13,45

Tableau 13 : Teneur en carbone et azote total (%) dans les sols de savane, du brûlis et d'écobuage (erreur standard calculée à partir de 3 répétitions pour MAA et 2 répétitions pour le reste)

Si on compare globalement les résultats obtenus sur les échantillons de sols de brûlis et sur ceux d'écobuage, on constate que les teneurs en carbone total sont plus élevées dans les sols sous écobuage. Les écart-types calculés (tabl. 13) ne confirment pas cette conclusion.

Malgré la température de chauffe assez élevée, il n'y a pas disparition totale de la matière organique. Ceci peut s'expliquer par l'élévation des températures qui n'aurait pas atteint 400° C au moment du brûlis. La méthode ANNE a été utilisée pour ne pas doser les charbons de bois.

Teneur en azote total

On note une diminution de la teneur en azote totale en fonction du traitement de sol (tabl. 13). Il y a des modifications notables de la teneur en azote total dans les sols du brûlis et d'écobuage.

Dans les sols du brûlis, on constate qu'il y a une tendance générale à une diminution des teneurs en azote total par rapport au sol de savane dans 0-20 cm ; par contre les variations entre les différentes strates des sols écobués sont assez irrégulières. Une baisse des teneurs à 0-10 cm et une augmentation à 10-20 cm dans les sols écobués par rapport aux sols de savane. Il faut remarquer que la strate 0-10 cm subit une forte température de chauffe et cela peut entraîner une baisse de la teneur en azote.

Dans la strate 10-20 cm qui contient des débris végétaux plus ou moins carbonisés, les teneurs en azote total sont nettement supérieures à celles des sols du brûlis.

La comparaison des résultats sur sols du brûlis et écobués montre que dans les sols "écobués" la diminution des teneurs en azote total est beaucoup moins importante que dans les sols du brûlis. Il est difficile d'expliquer cette stabilisation apparente d'azote.

Dans les sols écobués, les variations des teneurs en azote suivent le même profil que du carbone.

Rapport C/N

Les variations du rapport C/N sont schématisées sur la figure 20. Dans les sols du brûlis comme dans ceux d'écobuage, le rapport C/N baisse de la strate 0-10 cm vers la strate 10-20 cm. Dans les sols écobués, ce rapport C/N est plus faible à 10-20 cm .

Les variations de C/N peuvent s'expliquer : soit par une disparition plus rapide du carbone que de l'azote ; soit par une néosynthèse de matières organiques à C/N bas.

II - L'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE

Nous étudierons ici les arrières-effets de l'écobuage et du brûlis sur les teneurs en carbone et azote minéralisés par incubation (35 jours) au laboratoire.

Les effets du feu sur l'activité microbienne sont variables. En effet, la survie de la microflore dépend essentiellement de la durée de l'échauffement, des températures atteintes pendant le brûlis et des conditions xériques qui règnent dans le sol calciné (AREFYEVA et KOLESNIKOV, 1964 ; WELLS et al., 1978 ; NZILA, 1992).

Les déterminations ont été effectuées sur des échantillons de sol prélevés plusieurs mois (12 à 30 mois) à l'avance. Ceci a nul doute un impact sur les résultats obtenus.

II - 1/ Minéralisation microbienne du carbone

Les résultats détaillés sont portés dans le tableau 14. La totalité des résultats sur le dégagement journalier du CO² ne sera pas représenté. Il en ressort que l'activité respirométrique de ces sols n'a pas produit le pic habituel pour les trois premiers jours d'incubation relevé par exemple pour les sols de Lamto (Tsakala, 1993). Ceci est dû à la conservation après prélèvement (12 à 30 mois) des échantillons avant le début de l'expérimentation, provoquant l'épuisement du stock de carbone le plus facilement métabolisé.

Le taux de carbone minéralisable évolue plus nettement en surface qu'en profondeur dans tous les sols étudiés. Les valeurs du carbone minéralisé sont à peu près identiques (6,03 à 6,66 mg de C minéralisé par 100 g de sol) dans les sols de savane (SAV) du brûlis (BRU) et écobués (MAA) à 0-10 cm de profondeur. Elles diminuent progressivement au fur et à mesure qu'on descend dans les strates profondes (10-30 cm). La diminution se fait très prononcée à 10-20 cm dans les sols écobués (3,04 mg/C pour 100 g de sol). Dans les mêmes sols écobués on note un accroissement (5,53 mg.C/100 g de sol à 20-30 cm).

Dans tous nos essais, nous nous trouvons en phase de métabolisme constant. Les différences sont relativement faibles entre les traitements. Ce qui fait défaut, c'est la première phase (0-4 jours) où sont consommés les réserves facilement minéralisables, qui caractérisent et permettent de différencier les sols fraîchement prélevés. Cette analyse, pour des raisons évidentes, n'a pas pu être réalisée pour le présent travail. Mais, ou son intérêt fondamental, elle est envisagée pour un programme ultérieur. Car le devenir du stock de C

labile, fortement énergétique, différencie certainement brûlis et écobuage par la voie d'une influence directe sur l'activité des peuplements de macrofaune.

Echantillons	SAV 0-10	SAV 10-20	SAV 20-30	BRU 0-10	BRU 10-20	BRU 20-30	MAA 0-10	MAA 10-20	MAA 20-30
mgC (CO ₂)/100g de sol)	30,10	22,85	21,56	25,10	23,10	18,93	22,19	22,01	16,99
taux de minéralisation du carbone -mgC (CO ₂)/g C	6,62	5,11	1,78	6,66	5,96	5,97	6,03	3,04	5,53

Tableau 14: C minéralisé (mg C(CO₂)/p.100g.sol). Taux de minéralisation (Tm) (mgC(CO₂)/p.lg.C) dans les différents sols

II - 2/ Minéralisation microbienne de l'azote

Les teneurs en azote minéral ont été déterminées sur les échantillons des sols (savane, brûlis et écobuage) secs et incubés (31 jours d'incubation).

Dans l'horizon 0-10 sous brûlis l'azote ammoniacal (N-NH₄⁺) qui représente l'essentiel de l'azote minéral formé. Cette forte augmentation du taux d'azote ammoniacal est très souvent observée dans les sols immédiatement après brûlis (GIOVANNINI et al., 1990; NZILA, 1992). Cet azote ammoniacal formé résulterait de la dégradation des acides aminés (RUSSEL et al., 1974). Selon DE BANO et al. (1979), ceux-ci se détruisent entre 200 et 500°C; par contre, JUSTE et DUREAU (1967) disent que, cette destruction thermique des acides aminés pourrait commencer dès 40°C, ce qui pourrait expliquer en partie les fortes teneurs trouvées dans les échantillons de savane et du brûlis.

Le tableau 15 regroupe les teneurs d'azote minéral des différents échantillons analysés.

La minéralisation assez élevées en sols de savane (104 et 143 mg/g de sol) baissent avec le travail du sol. Elles restent relativement élevées dans les sols du brûlis (138 mg/g de sol) et plus faibles dans les sols écobués (100 mg/g de sol).

Les valeurs trouvées par NZILA (1992) dans les échantillons des sols écobués sont plus élevés que celles de cette étude, ceci pourrait s'expliquer par le vieillissement des échantillons avant le début des analyses. Alors que, les échantillons analysés par NZILA ont été traités rapidement après leur prélèvement.

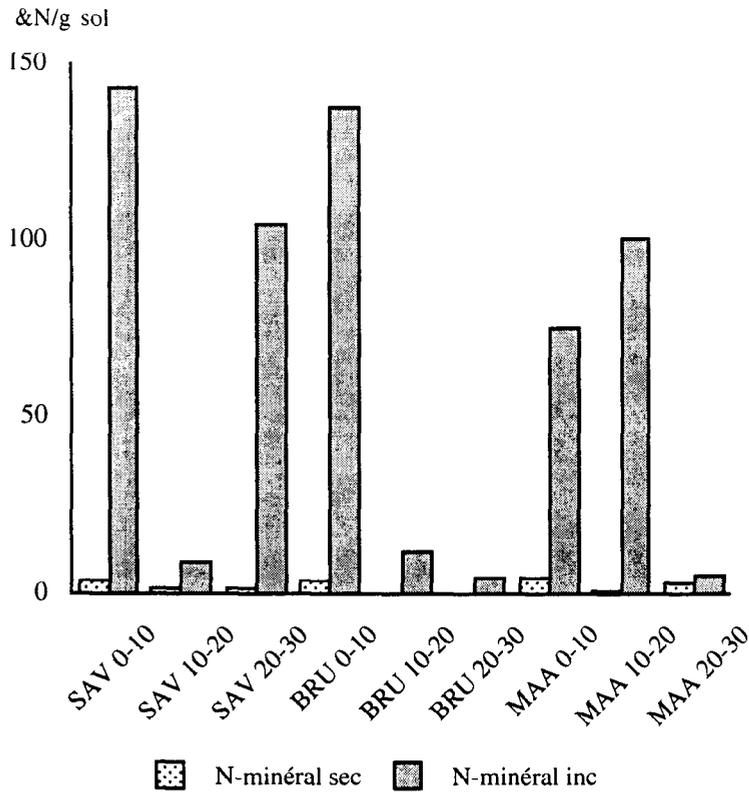


Figure 23 : Azote minéral total avant et après incubation (31 jours) dans les sols de savane (SAV), du brûlis (BRU) et écobués (MAA) (m N/g sol)

Type d'azote minéral	SAV 0-10	SAV 10-20	SAV 20-30	BRU 0-10	BRU 10-20	BRU 20-30	MAA 0-10	MAA 10-20	MAA 20-30
N-NO ₃	a 5,18 b 3,01	2,93 0,83	3,84 0,75	3,89 1,81	4,71 0,61	4,17 0,60	5,00 3,91	6,63 0,23	2,98 1,40
N-NH ₄	a 139 b 0,00	6,00 0,00	100,09 0,00	134,02 3,00	6,96 0,00	0,00 0,00	70,00 0,00	93,72 0,00	2,08 1,25
N-NH ₄ + N-NO ₃	a 143,2 b 3,01	8,93 0,83	103,93 0,75	137,91 4,81	11,67 0,61	4,17 0,60	75,00 3,91	100,35 0,23	5,06 2,65

Tableau 15 : Minéralisation (mN/g sol) nette de l'azote (dans les sols de savane (SAV), du brûlis (BRU) et écobués (MAA), avant (b) et après (a) incubation

CONCLUSION

L'évolution de la matière organique dans les sols du brûlis et écobués est liée essentiellement à la préparation du sol à savoir le degré d'échauffement atteint pendant le brûlis ou la combustion.

Les teneurs en carbone total diminuent progressivement en profondeur dans les différents sols analysés. Cette perte semble être limitée dans les sols écobués par la présence des débris végétaux épargnés par la combustion complète. Ces débris végétaux sont constitués d'une part de charbons végétaux qui ne sont pas métabolisés par les microorganismes et demeurent ainsi longtemps dans les sols, d'autre part, par des résidus facilement décomposables ultérieurement par l'activité des macroinvertébrés.

Les pertes d'azote total sont importantes pour tous les sols analysés. Ce maintien relatif des teneurs en azote total est probablement dû, faiblement à un stockage de N minéral sous forme de $N-NH_4$.

L'écobuage modifie la minéralisation du carbone et de l'azote sur le plan biologique. Certainement sous l'effet de l'échauffement à forte température, la minéralisation du carbone décroît fortement en profondeur (10-20 cm). L'élévation de la température serait à l'origine de cette faible minéralisation, elle détruirait une partie de la microflore et de la matière organique.

CHAPITRE IX

LES PROPRIETES CHIMIQUES

L'utilisation de différentes pratiques de préparation des sols est à l'origine de différentes modifications des teneurs en matière organique dans les sols. Ces modifications peuvent se répercuter sur les caractéristiques chimiques et les propriétés physico-chimiques du sol.

Plusieurs travaux font état des modifications des caractéristiques chimiques dans les sols ayant subi quelques traitements en particulier l'utilisation du feu. Les résultats obtenus sont concordants quelles que soient les conditions édaphiques (SANCHEZ, 1973; RAISON, 1979; NZILA, 1992). Le feu, par adjonction des cendres, favoriserait une augmentation du pH du sol de 0,4 à 1,5 unité (MOREAU, 1986). On note également une augmentation des cations échangeables et une diminution de la capacité d'échange cationique (RAISON, 1986; MOREAU, 1986; NZILA, 1992). Le phosphore assimilable augmente.

Dans ce chapitre, nous étudierons l'effet des pratiques sur les caractéristiques chimique telles que : l'acidité, le phosphore assimilable et l'état du complexe adsorbant (cations échangeables, capacité d'échange cationique).

I/ - Acidité (pH)

Les valeurs du pH_{eau} et celles du pH_{KCL} , augmentent du sol de savane (SAV) au sol d'écobuage. Par contre, dans les sols du brûlis ces valeurs restent approximativement égales (fig. 24) à celles dans les sols de savane.

Dans tous les strates du brûlis, le pH_{eau} est identique à celui du sol sous savane. Il varie entre 5,0 et 5,2 à 0-20 cm sous savane et brûlis et s'élève à 6,7 sous écobuage. Il est pratiquement le même en profondeur c'est à dire à 20-30 cm dans tous les sols étudiés (tabl.16). Le pH_{KCL} varie de la même façon que le pH_{eau} . La différence entre les deux valeurs de pH (acidité potentielle) montre une baisse d'acidité dans les sols écobués.

Echantillons	$pH_{\text{H}_2\text{O}}$	pH_{KCL}	ΔpH
SAV 0-10	5,0	4,3	0,7
SAV 10-20	5,2	4,4	0,8
SAV 20-30	4,8	4,1	0,7
BRU 0-10	5,0	4,2	0,8
BRU 10-20	5,0	4,2	0,8
BRU 20-30	4,9	4,3	0,6
MAA 0-10	6,7	6,1	0,6
MAA 10-20	6,9	6,4	0,5
MAA 20-30	4,8	4,3	0,5

Tableau 16 : Évolution du pH dans les sols étudiés

II/ - Phosphore

Les teneurs en phosphore total sont peu variables entre les sols de savane et les sols écobués par contre elles baissent dans les sols du brûlis (fig. 25; tabl. 17).

Les teneurs en phosphore assimilable augmentent dans les sols écobués (fig. 26; tabl. 18). Les teneurs les plus élevées sont observées en surface (0-10 cm).

Le rapport P assimilable/ P total suit l'évolution du phosphore assimilable (tab.18, fig. 27).

L'augmentation du taux de phosphore assimilable dans les sols écobués serait due à l'effet prépondérant de la température d'échauffement sur la libération du phosphore organique (GAUTHEYROU et al., 1990).

Cette évolution des teneurs de phosphore assimilable a été également observée par NZILA (1992) dans les sols écobués chez les Bakambas.

Échantillons	P _{total}	P _{ass.}	P _{ass} /P _{tot}
SAV 0-10	1,03±0,45	0,21±0,07	0,20
SAV 10-20	0,95±0,35	0,18±0,02	0,19
SAV 20-30	0,85±0,23	0,15±0,13	0,18
BRU 0-10	0,98±0,40	0,20±0,04	0,20
BRU 10-20	0,67±0,15	0,13±0,02	0,19
BRU 20-30	0,62±0,10	0,10±0,02	0,16
MAA 0-10	1,10±0,95	0,45±0,16	0,41
MAA 10-20	0,94±0,28	0,33±0,20	0,35
MAA 20-30	0,88±0,25	0,30±0,22	0,34

Tableau 17: Teneurs en phosphore total et assimilable Olsen-Dabin (%) dans les sols de savane (SAV), du brûlis (BRU) et écobués (MAA)

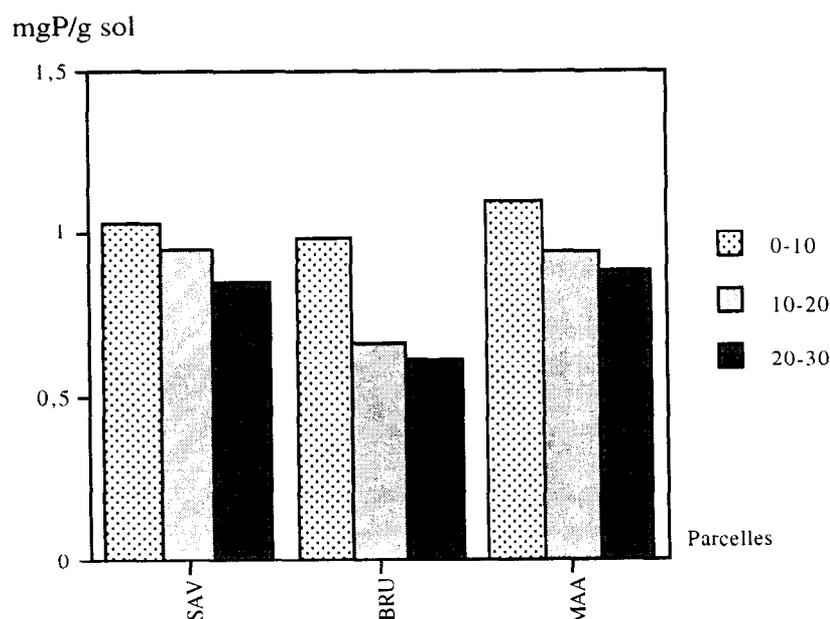


Figure 25: Teneurs en phosphore total des sols de savane (SAV), du brûlis (BRU) et écobués (en mg de P/g de sol)

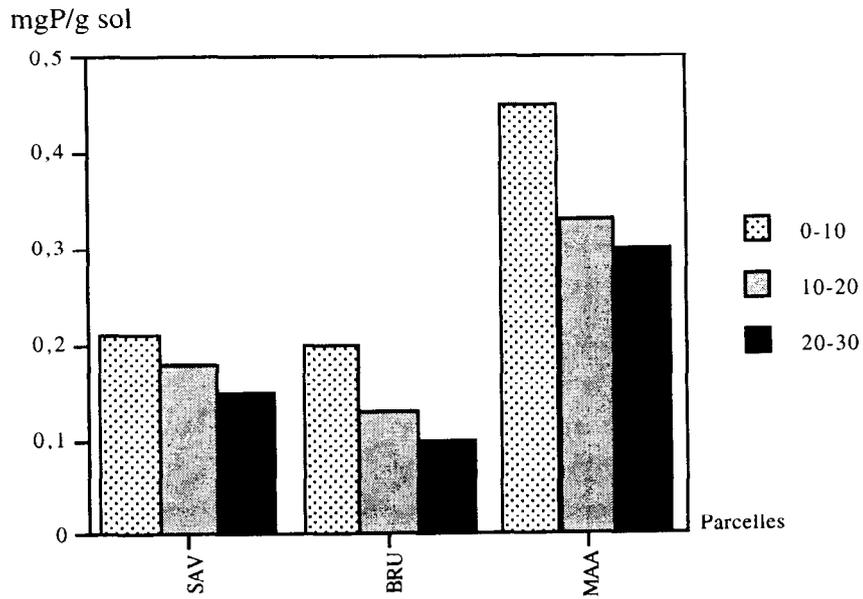


Figure 26: Teneurs en P assimilable des sols de savane (SAV), du brûlis (BRU) et écobués (en mgP/g de sol)

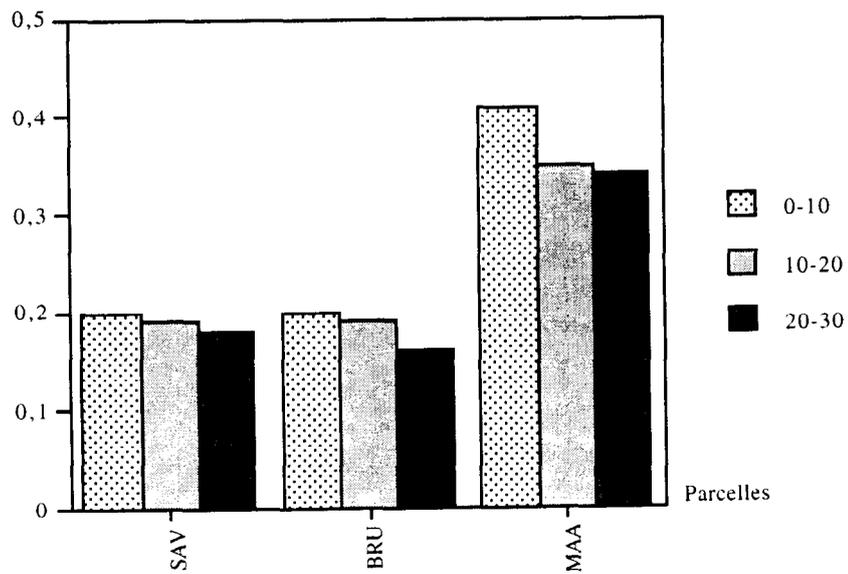


Figure 27: Rapport Pass/Ptot dans les sols de savane (SAV), du brûlis (BRU) et écobués

III/ - Complexe adsorbant

En somme les résultats observés dans le tableau 18 montrent une modification nette du complexe adsorbant des sols étudiés.

Comme dans les sous savane et sous brûlis, l'état du complexe adsorbant des échantillons de sol écobués reste marqué par une prédominance de l'ion Ca^{++} .

L'écobuage modifie nettement l'état des sols. Les sols sous brûlis n'évoluent pas vraiment par rapport aux sols témoins sous savane.

Les teneurs en calcium échangeable sont très élevées par rapport aux autres cations. Elles sont de l'ordre de 2,99 mé/100g de sol dans le sol sous savane, de 2,34 mé/100g dans le sol du brûlis et de 6,71 mé/100g dans le sol écobué et ce à 0-10 cm de profondeur. Probablement à cause de l'élévation de la température, on trouve des valeurs très forte atteignant 8,21 mé/100g à 10-20 cm de profondeur dans les sols écobués.

La capacité d'échange cationique a des valeurs comprises entre 6,11 et 14,91 mé/100g pour le sol écobué, 3,7 à 6,7 mé/100g dans le sol du brûlis et 7,4 à 8,27 mé/100g dans le sol de savane.

Le taux de saturation (S/T) augmente régulièrement en fonction de l'augmentation des cations échangeables et de la diminution de la capacité d'échange cationique dans les différents sols.

Échantillons	Ca^{++}	Mg^{++}	K^+	Na^+	S	CEC	S/T (V%)
SAV 0-10	2,99±0,55	0,49±0,45	0,36±0,15	0,04	3,77	7,36±1,56	50,60
SAV 10-20	2,11±1,24	0,27±0,22	0,24±0,19	0,04	2,64	8,27±4,14	31,00
SAV 20-30	0,47±0,16	0,31±0,28	0,19±0,04	<0,01	0,78	7,29±1,20	12,20
BRU 0-10	2,34±0,53	0,96±0,28	0,46±0	<0,01	3,75	6,70±0,47	56,00
BRU 10-20	0,23±0,07	0,15±0,02	0,18±0,02	<0,01	0,55	4,60±0,14	12,00
BRU 20-30	0,15±0,13	0,07±0	0,12±0,02	<0,01	0,34	3,70±0,54	9,20
MAA 0-10	6,71±2,96	2,59±0,85	1,50±0,49	<0,01	12,82	14,91±3,5 5	106,00
MAA 10-20	8,21±2,34	1,64±0,62	0,84±0,23	<0,01	8,60	11,17±2,7 9	92,97
MAA 20-30	1,60±1,09	0,45±0,10	0,25±0,07	<0,01	3,00	6,11±1,55	77,27

Tableau 18 : Complexe adsorbant (mé/100 g de sol) et taux de saturation (en %) des sols de savane (SAV), du brûlis (BRU) et écobués (obtenus sur 2 répétitions pour SAV et BRU et 3 répétitions sur écobués)

En dépit du fait que la terre apportée au dessus des végétaux à consumer proviennent essentiellement de la couche 0-15 cm du sol en place, l'accroissement en éléments échangeables et de la CEC dans les sols écobués peuvent s'expliquer par l'apport du :

- aux éléments contenus dans la végétation consommée;
- à des libération d'éléments chimiques, probablement de la réserve cationique (éléments dits totaux), du aux températures élevées de la combustion, comme pour le phosphore.



Photo 4 et 4bis :
Manioc sur pied dans
un champ «maalas»



Photo 5 :
Tubercules de manioc

CHAPITRE X

RENDEMENTS DES PRINCIPALES CULTURES

Les résultats obtenus à partir des différentes observations menées sur l'activité des macroinvertébrés du sol d'une part et les analyses des caractères tant physiques que chimiques des sols effectuées dans les systèmes étudiés nous ont conduit à faire une observation complémentaire sur les rendements des principales cultures, pour mieux conclure cette étude.

I- ARACHIDE

Densité: pour le calcul de la densité des plantes, une surface de 1 m^2 a été choisie. La densité totale est de 31 pieds par m^2 .

1- Rendement biologique (arachide gousses)

295 grammes/2m² (150 gousses)

2- Rendement économique (arachide coque)

Le rendement est égal à 275 grammes/2m² soit 142 gousses

3- Surface nette

Conformément à la méthode de triangulation, la surface totale du champ est égale à:

$$S = 1546,91 \text{ m}^2$$

Ce qui est la somme de la surface de 4 triangles + un rectangle.

4- Production estimée

a)-Production biologique estimée

$$0,295 \text{ kg} \rightarrow 2 \text{ m}^2$$

$$X \text{ kg} \rightarrow 1546,91 \text{ m}^2$$

$$X = 1546,91 \text{ m}^2 \times 0,295 \text{ kg}/2\text{m}^2 = 228,17 \text{ kg}$$

b)-Production économique estimée

$$0,275 \text{ kg} \rightarrow 2 \text{ m}^2$$

$$X \text{ kg} \rightarrow 1546,91 \text{ m}^2$$

$$X = 1546,91 \text{ m}^2 \times 0,275 \text{ kg}/2 \text{ m}^2 = 212,7 \text{ kg}$$

Parcelles	Rendement biologique arachide coque (g/2m ²)	Rendement économique arachide gousse (g/2m ²)	Surface nette (m ²)	Production biologique estimée (kg)	Production économique estimée (kg)	Production récoltée (kg)
BRULIS	128	167	1523	195	127	95
ÉCOBUAGE	295	275	1547	228	213	203

Tableau 19 : Production de l'arachide dans la parcelle du brûlis et dans celle écobuée.

5- Production récoltée :

154 kg d'arachide stokés ont été pesés. Tenant compte des déclarations des paysans, une estimation de 49 kg a été faite en ce qui concerne la quantité enlevée par les paysans lors des précédentes récoltes. Ainsi la production récoltée est d'environ

$$\underline{154 \text{ kg} + 49 \text{ kg} = 203 \text{ kg}}$$

On peut constater que, cette production est sensiblement égale à la production économique (tel que cela se fait par les paysans) et n'est inférieure que de 10 kg.

II/ - MAÏS

1- Calcul des surfaces

a)-Surface brute

C'est la surface réellement occupée par le maïs semé en poquet de 2-3 pieds (chaque yila ou butte). On compte sur chaque yila, 2 à 3 poquets en association avec la patate, l'igname et/ou les cultures légumières (oseille, baselle, tomate, courge...).

* surface moyenne de chaque yila ou butte écobuée = 1,95 m²

* nombre total de yila est égale à : 260 yilas

* surface totale des yilas est de: 507 m²

2- Calcul des rendements

a)- Rendement économique plus ou moins égal au rendement biologique

925 g/ 1,95 m² (maïs grains) soit environ 4,7 tonnes / ha.

b)- Production estimée sur surface nette 507 m² x 0,925 / 1,95 m² = 240,5 kg.

Parcelles	Rendement biologique arachide coque (tonnes/ha)	Rendement économique arachide gousse (tonnes/ha)	Surface nette (m ²)	Production récoltée
BRULIS	1,5	1,5	507	157
ÉCOBUAGE	4,7	4,7	507	475

Tableau 20 : Production de maïs dans la parcelle du brûlis et dans celle écobuée

III/ - MANIOC

Parcelles	Surface nette (m ²)	Nombre de pieds de manioc	Poids moyen/tubercule(kg)	Production récoltée kg/nbre de pieds
BRULIS	507	60	1	60
ÉCOBUAGE	507	60	3	180

Tableau 21 : Production de manioc dans la parcelle du brûlis et dans celle écobuée

Les différentes productions obtenues dans les deux pratiques agricoles montrent que la technique d'écobuage est plus productive que la technique sur brûlis.

Les rendements (21 T/ha) des tubercules de manioc dans l'écobuage sont comparables à ceux obtenus par DENIS (non publié) dans la vallée du Niari dans les sites IBSRAM de Loudima avec apport d'intrans (bas et haut) à savoir 19,3 T/ha et 27 T/ha.

**CONCLUSIONS
PERSPECTIVES**

CONCLUSIONS

Dans ce travail, nous nous sommes d'abord attachés à faire une évaluation globale de l'impact des différents systèmes agricoles sur les peuplements de macroinvertébrés du Sud du Congo. **L'évaluation de la macrofaune dans différents écosystèmes a permis de mieux relier les modifications observées aux systèmes pratiqués.**

Nos travaux ont été ensuite consacrés à l'étude **des effets de l'écobuage et du brûlis sur les peuplements de macroinvertébrés en générale, et sur celui des vers de terre en particulier, dans la région de la Bouenza (Vallée du Niari) où nous avons pu suivre les opérations de mise en culture et l'évolution des peuplements de macroinvertébrés du sol au cours de trois années de culture. Pour la fiabilité des résultats, deux autres parcelles écobuées ont été échantillonnées durant deux années.**

Enfin, nous avons effectué des observations sur l'effet de ces deux pratiques sur le sol et sur les rendements agricoles obtenus.

Les données obtenues conduisent à porter un diagnostic d'ensemble sur la réponse de la macrofaune des sols à la mise en exploitation des savanes du Sud-Ouest du Congo d'une part et les spécificités notifiées dans les systèmes traditionnels (écobuage et brûlis) d'autre part.

A - EVALUATION DES PEUPEMENTS DE MACROINVERTÉBRÉS DANS LES SOLS

Les peuplements de macroinvertébrés répondent de façon très nette aux changements du milieu induits par l'homme.

Les cultures annuelles ont un effet très négatif sur les peuplements de vers de terre et d'arthropodes du sol s'exprimant par une diminution spectaculaire de la biomasse, de la densité et de la diversité. Les pratiques agricoles (travail du sol, utilisation des produits chimiques, culture en monoculture...), la réduction de la production racinaire ainsi que les modifications microclimatiques qui suivent la disparition de la végétation naturelle, sont les facteurs responsables de ce phénomène.

Les cultures d'arbres à croissance rapides donnent des effets différents selon le type de sol et d'espèce d'arbre considérée.

Elles abritent d'importantes populations de termites (humivores) sur sol sableux et de vers de terre endogés sur les sols argileux. Les conditions d'ombrage, de température et d'humidité les rapprochant plus des forêts, leur donnent une position particulière et elles

semblent plus adéquates pour la conservation de peuplements de macroinvertébrés divers et actifs.

L'exploitation traditionnelle de la savane influence peu la faune du sol, la recolonisation du sol après le passage du feu se faisant rapidement dès le retour des pluies. Les vers de terre épigés et endogés (*Dichogaster modiglianii*, *bolaii*, *affinis* et *saliens*; *Nematogenia banamensis*, *Eminoscolex sp. juv.*, *lamani* et *kisantuanus*; *Buttneriodrilus sulcatus*) sont favorisés par la pratique d'écobuage, qui est un système de culture complexe qui consiste à incinérer une végétation herbeuse entassée sous forme de buttes et enfouie sous une couche de terre prélevée aux alentours. Cette technique est encore utilisée dans de nombreux pays tropicaux d'Asie, d'Amérique latine et d'Afrique. C'est un système traditionnel plus évolué que les systèmes de culture sur brûlis existant le plus couramment en zone intertropicale.

Dans la région de la Bouenza (Vallée du Niari), au Congo, un système d'écobuage, localement appelé "*maala*", coexiste avec le système de culture sur brûlis de savane. Mais ce dernier, considéré comme moins productif, n'est pratiqué que de façon complémentaire alors que le *maala* représente le principal système de culture pour la production des cultures vivrières dans cette région. Ce type d'écobuage sur butte est également pratiqué dans une autre région du Congo (Plateaux Batékés).

Le *maala* et les autres systèmes de cultures se distinguent également par l'emplacement sur lequel ils sont pratiqués et les coutumes en matière de droit foncier. En effet, le *maala* se pratique sur des sols couverts d'une végétation dense à dominance d'*Hyparrhenia diplandra*, localisés sur le plateau ou sur des pentes très faibles. Ce travail confère à celui qui l'a réalisé un droit foncier sur l'emplacement du champ.

B - ÉVOLUTIONS DES PEUPELEMENTS DE MACROFAUNE ET LES MODIFICATIONS DES CARACTÉRISTIQUES DU SOL SOUS LA PRATIQUE DU BRÛLIS ET D'ÉCOBUAGE (MAALAS).

La préparation d'un champ de brûlis ne modifie pas l'activité de la macrofaune du sol par rapport à sa situation dans la savane témoin. Par contre, la construction des buttes dans les *maalas* modifie non seulement la structure des peuplements des macroinvertébrés, mais aussi l'aspect et l'agencement des éléments structuraux de la partie superficielle du sol.

La pratique d'écobuage favorise les peuplements de macroinvertébrés, plus particulièrement ceux de vers de terre. Sous l'effet de la température, l'écobuage provoque la "coagulation" des particules argileuses, il en résulte des agrégats très cohérents qui ne se dispersent pas avec les méthodes classiques, d'où une augmentation des sables grossiers (pseudosables) et une baisse des taux d'argile granulométrique. La texture du sol devient sableuse au toucher. Elle améliore la stabilité structurale du sol et favorise le maintien de la

porosité en surface, créant ainsi des conditions favorables au développement racinaire des plantes.

L'observation micromorphologique permet; de distinguer plusieurs couches plus ou moins homogènes en profondeur et plutôt hétérogène en surface. Elles se distinguent par leur couleur et une diminution de la porosité en profondeur, ce qui ralentit le dessèchement rapide des sols, ce qui est dû probablement à l'effet compactant des vers de terre qui sont très présent dans les *maalas*.

L'écobuage modifie sensiblement le statut organique du sol. Les teneurs en carbone et en azote baissent en surface (0-10 cm) mais augmentent en profondeur (10-30 cm). Les débris végétaux charbonneux épargnés par la combustion qui demeurent longtemps dans les buttes écobuées permettent de limiter dans une certaine mesure la diminution des teneurs en carbone du sol. En outre, on note le stockage d'azote minéral, sous forme ammoniacale (N-NH₄⁺).

L'activité biologique est fortement réduite du fait de la disparition d'une partie du carbone et certainement d'une partie des microorganismes sous l'effet de la chaleur ou de l'inhibition de leur activité.

La perte de la matière organique provoque une diminution de la capacité d'échange cationique et de la densité de charges variables. La destruction de la matière organique du sol et la combustion des matières végétales incorporées dans les buttes favorisent la libération d'éléments minéraux qui provoque une augmentation du pH, des cations échangeables et une saturation du complexe adsorbant. Elle augmente également l'assimilabilité du phosphore.

Le *maala* présente des avantages et des inconvénients. Le maintien de l'équilibre biologique des sols sous *maala*, l'élévation du pH et la libération des éléments minéraux sous des formes disponibles pour les plantes, empêchant ainsi la libération d'aluminium échangeable et réduisant les teneurs en manganèse échangeable susceptibles de provoquer des toxicités au niveau des plantes, constituent des avantages agronomiques non négligeable de cette pratique.

La perte de la matière organique et la baisse de la capacité d'échange cationique en constituent les principaux inconvénients.

Elle augmente les teneurs en azote minéral, particulièrement l'azote ammoniacal (N-NH₄⁺) qui, à court terme, n'est ni nitrifié ni dénitrifié (activité biologique réduite). Cet azote ammoniacal peut être retenu dans le sol plus longtemps que s'il était sous forme de nitrates, il pourra être utilisé par les plantes soit sous forme de N-NH₄⁺, soit sous forme de N-NO₃⁻ dès les premières pluies avec la reprise de l'activité nitrificatrice. A court terme le *maala* est favorable à la libération d'azote minéral.

Le *maala* fournit des éléments minéraux à travers les cendres. Il agit comme un amendement calcaire à travers l'augmentation du pH, la réduction

de l'aluminium échangeable et la baisse de la toxicité manganique fréquente dans ces sols. Le *maala* favorise enfin l'activité des vers de terre et contribue à l'amélioration des caractéristiques chimiques du sol.

Les prélèvements de la faune effectués dans des parcelles écobués de deux et trois années après l'écobuage ont permis de mettre en évidence la durabilité de la présence des peuplements de vers de terre au moins jusqu'à la troisième année, même si l'on note une baisse de la densité par rapport à la première année, mais qui reste supérieure à celle de la parcelle sur brûlis et de la savane naturelle.

Au cours de cette même étude, une parcelle sur brûlis a été également suivie durant une année. Les résultats obtenus sur ces sols peuvent être résumés de la façon suivante :

I/ Les densités et les biomasses des peuplements de macroinvertébrés sont proches des valeurs faibles de la savane témoin ainsi que les teneurs en matière organique.

II/ La nitrification est plus importante en profondeur, mais moins importante que dans les *maalas*.

III/ Le pH reste très acide comme dans la savane témoin c'est à dire très acide, le brûlis étant effectué en surface ouverte. La porosité reste stable comme dans les sols de savane témoin. Il y a une perte de la matière organique comme dans les sols écobués. Les teneurs en carbone et en azote baissent. Il n'augmente pas l'assimilabilité du phosphore.

En somme, le brûlis ne contribue pas vraiment à l'amélioration des caractéristiques du sol favorable à une augmentation de la productibilité du sol.

Le rendement des cultures dans les *maalas* montrent que ce système est performant malgré les contraintes liées à la technique. Il permet la culture de plante exigeantes en mettant des nutriments à leur disposition. En améliorant la porosité de ces sols argileux par l'activité des peuplements de vers de terre, il permet la culture des plantes à tubercules qui ont besoin d'un sol meuble et aéré pour se développer. Les rendements de manioc sont plus élevés que ceux de la culture sur brûlis amélioré avec apport d'intrants à Loudima-IBSRAM (Denis, non publié). La butte écobuée enrichie en nutriment, offre un volume relativement important de terre meuble, fertile et moins acide sur 20 cm d'épaisseur, ce qui est favorable à l'enracinement de plantes cultivées. Le brûlis n'offre pas ces avantages, car on note une forte acidité et une présence d'aluminium et de manganèse échangeables dès 5 cm de surface.

PERSPECTIVES

Notre étude a consisté à mettre en évidence l'impact de l'écobuage (*maala*) sur les peuplements de macroinvertébrés et sur les propriétés du sol en passant par une analyse plus générale d'autres systèmes agricoles dans le Sud-Ouest du Congo. Il serait important de suivre l'évolution de ce système durant quelques années de suite.

Compte-tenu des effets de l'écobuage sur la recolonisation massive des *maalas* par les peuplements de vers de terre, il serait souhaitable d'envisager une observation sur une parcelle écobuée non brûlée avec enfouissement des végétaux verts en les soumettant à une décomposition lente sous l'effet des pluies.

Il serait intéressant d'observer le type de *maalas* pratiqué chez les Bakambas de la Vallée du Niari, qui consiste à fabriquer des billons à la place des buttes. Ensuite approfondir les analyses des différents caractéristiques du sol.

La comparaison des deux types de *maala* de la Vallée du Niari permettra de définir une technique offrant de meilleurs potentialités d'utilisation des sols: conservation des macroinvertébrés du sol et donc amélioration des propriétés du sol, l'absence de transfert de fertilité, faible niveau d'intrants et durabilité du niveau de production.

Compte tenu du capital de fertilité accumulé dans les buttes, il serait intéressant de prolonger la période de la culture dans les champs écobués en apportant des amendements de calcaire à partir de la quatrième année et laissé le champ en jachère cultivée en engrais vert en cinquième année et le cycle culturale reprendrait la sixième année avec l'écobuage. On pourrait alors avoir des terres en cultures permanentes et cela limiterait le phénomène du déplacement des agriculteurs qui sont de plus en plus confrontés au problème de distance entre le lieu d'habitation et le lieu de travail.

Cette pratique de *maalas* devra être proposée dans d'autres zone du pays, ce qui limitera le problème de la déforestation.

Enfin, on pourra envisager une mécanisation partielle de la technique d'écobuage en introduisant par exemple les charrues adaptées à l'écobuage dans les zones peu accidentées et pourvues d'une végétation herbeuse (savane peu arbustive).

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- ABBADIE L., 1983 ; Contribution à la biogéochimie des savanes de Lamto (Côte d'Ivoire).
Thèse doct. 3ème cycle Univ. Pierre et Marie Curie : 136 p.
- AGBOGBA C., ROY-NÖEL J. ; 1982 ; L'attaque des arbres par les termites dans la
presqu'île du Cap-Vert (Sénégal) III. Cas du parc forestier de Dakar-Hann sur sables
ogoliens. Bulletin de l'I.F.A.N.; 44 (A 3-4) : pp 341-364. Note : 647.
- AIMÉ J. ; 1960 ; Rapport national de la République du Congo (Brazzaville) CCTA, Londres
(GBR), 17 p.
- AINA P.O., 1984 ; Contribution of earthworms to porosity and water infiltration in a
tropical soil under forest and long term cultivation. *Pedobiologia*, pp 131-136.
- AKADIRI SOUMAÏLA K., 1970 ; Comparaison de méthodes d'estimation de la vitesse de
filtration de l'eau dans le sol et influence du taux de matière organique. Centre
ORSTOM d'Adiopodoumé - Côte d'Ivoire, 37 p.
- ANDERSON J.M., 1987 ; Interactions between invertebrates and microorganisms : noise or
necessity for soil processes In : *Ecology of Microbial Communities*, (ed. Cambridge
University Press, pp. 125-145.
- ANDERSON T.H., DOMSCH K.H., 1985 ; Determination of ecophysiological
maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state, *Biol.
Fert. Soils*, pp. 81-89.
- ANDERSON J.M., FLANAGAN P., 1989 ; Biological processes regulating organic matter
dynamics in tropical soils, in : *Dynamics of soil organic matter in tropical
ecosystems.*, (eds. T. Oades, G. Uehara and D.C. Coleman), NifTAL project, Univ.
of Hawaii,, pp. 97-125.
- ANDERSON J.M., INESON P., HUIISH S.A., 1983 ; The effects of animal feeding
activities on element release from deciduous forest litter and soil organic matter. In :
Ph. Lebrun et al. (eds.) *Trends in Soil Zoology*. Dieu-Brichart, pp. 87-100.
- ANDERSON J.M., LEONARD M.A., INESON P., HUIISH S.A., 1985 ; Faunal biomass
: a key component of a general model of nitrogen mineralization. *Soil Biology and
Biochemistry*, pp. 735-737.
- ANDERSON J.M., WOOD T.G., 1984 ; Mound composition and soil modification by two
soil feeding termites (Termitidae, Termitinae) in a riparian Nigerian forest.
Pedobiologia, pp. 77-82.
- ANDREN O. LINDBERG T., BOSTROM U., CLARHOL M., HANSON A.C,
JOHANSSON G., LAGERLÖF J., PAUSTIAN K., PERSSON J., PETTERSON
R., SCHNURER R., SOHLENIUS B., WIVSTAD M., 1990 ; Organic carbon and

- nitrogen flows in : Ecology of arabe land-organisms, carbon and nitrogen cycling, (eds. O. Andren, T. Lindberg, K. Paustian, T. Rosswall), pp. 84-125.
- ATHIAS F., JOSENS G., LAVELLE P., 1974 ; Le peuplement animal des sols de la savane de Lamto (Côte d'Ivoire) N° spécial, Bulletin de liaison des chercheurs de Lamto, 5 : les organismes endogés, pp. 45-54.
- ATKINSON P.R., NIXO K.M., SHAW M. J. P.; 1992 ; On the susceptibility of Eucalyptus species and clones to attack by *Macrotermes natalensis* Haviland (Isoptera : Termitidae). Forest Ecology and Management. ; 48 , pp. 15-30. Note : 2.
- ATU U.G.; 1993 ; (UG Atu/Fed Univ Technol Owerri/Dept Crop Prod/PMB 1526/Owerri, Nigeria). Cultural Practices for the Control of Termite (Isoptera) Damage to Yams and Cassava in South-Eastern Nigeria. International Journal Of Pest Management, 39 (4), pp. 462-466.
- AUGER P., BAUDRY J., FOURNIER F.; 1992 ; Hiérarchies et échelles en écologie. Naturalia Publications, 300 P.
- AVENARD J.M.; 1969 ; Réflexion sur l'état de la recherche concernant les problèmes posés par les contacts forêts - savanes : essais de mise au point et de bibliographie. Initiations - documentations techniques, ORSTOM Paris, 154 p.
- AVENARD J.-M.; 1972 ; Le contact forêt-savane : rôle des régimes hydriques des sols dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Annales de Géographie (FRA), 81, (446) pp. 421-450.
- AVENARD J.-M., EL DIN M., GIRARD G., SIRCOULON J., TOUCHEBEUF P., GUILLAUMET J.-L., ADJANOHOUN E.; 1971 ; Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. ORSTOM, Paris 2, 391 p.
- BAATH E., BERG B., LOHM U., LUNDGREN B., LUNDKVIST H., ROSSWALL T., SODERSTROM B., WIREN A., 1980 ; Effects on experimental acidification and liming on soil organisms and decomposition in a Scots pine forest. Pedobiologia, pp. 85-100.
- BACHELIER G., 1973 - Activité biologique des sols et techniques simples qui en permettent l'évaluation. Cah. ORSTOM, série pédologique, 9, (1) : pp. 65-77.
- BACHELIER G., 1978. La faune des sols, son écologie et son action. ORSTOM Paris, Initiations - Documentations Techniques n°38, 391 P.
- BACHELIER G., CURIS M., MARTIN D.; 1956 ; Les sols des savanes du Sud-Cameroun (Communication au Congrès des Africanistes de l'Ouest) Sao-Tomé, Août 1956. Ministère de la France d'Outre-Mer, ORSTOM, Territoire du Cameroun, Institut de Recherches (IRCAM), 21 P.

- BAMFORTH S.S., 1988 ; Interactions between protozoa and other organisms. Agriculture, ecosystems and environment, pp.229-234.
- BARBAULT R.; 1981 ; Ecologie des populations et des peuplements. Ed. Masson ; 200 P.
- BAROIS I.; 1987 ; Interaction entre les vers de terres (Oligochaeta) tropicaux et la microflore pour l'exploitation de la matière organique du sol. Travaux des chercheurs de la station de Lamto, Université d'Abidjan (Côte d'Ivoire), n°7, 152 P.
- BAROIS I., LAVELLE P., 1986 ; Change in respiration rate and some physicochemical properties of a tropical soil during transit through *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta). Soil Biology and Biochemistry, pp. 539-541.
- BAROIS I., VERDIER B., KAISER P., MARIOTTI A., RANGEL P., LAVELLE P. ; 1987 ; Influence of the tropical earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae) on the fixation and mineralization of nitrogen. In : Bonvicini, A.M. & P. Omodeo (eds.) On earthworms. Selected Symposia and Monographs. U.Z.I.,2, Mucchi, Modena. pp. 151-158.
- BAROIS I., VILLEMEN G., LAVELLE P., TOUTAIN F.; 1993 ; Transformation of the soil structure through *Pontocolex corethrurus* (Oligochaeta) intestinal tract. Geoderma, 56 : pp. 57-66.
- BARTHES B., HARTMAN C., TOUTOU-MISSIE E., N'GOMA P.; 1993 ; Mesures de teneur en eau pondérale et de résistance à la pénération sur le site IBSRAM de Loudima (Congo) ; choix de sites de mesures, rapp. ORSTOM, 25 P.
- BARTHES B., HARTMANN C., NYETE B., 1992 ; Mesures de la résistance à la pénétration sur 4 fosses du site IBSRAM à Loudima (Congo), rapp. ORSTOM, 7 P.
- BARTHES B., HARTMANN C., NYETE B.; 1992 ; Résultats d'analyses chimiques sur 3 fosses du site IBSRAM à Loudima (Congo), rapp. ORSTOM, 6 P.
- BARTHES B., HARTMANN C., NYETE B.; 1992 ; Résultats d'analyses chimiques du niveau 0-20 CM sur 28 parcelles du site IBSRAM à Loudima (Congo), rapp. ORSTOM, 17 P.
- BARTHES B., HARTMANN C., NYETE B., DE PAUW E., MASSALA A., NKOUA M.; 1992 ; Compte-rendu des missions pédologiques de novembre 1992 sur le site IBSRAM à Loudima (Congo) - Description macromorphologique sur fosses et sondages ; profils hydriques, rapp. ORSTOM, 15 P.
- BARRÉ C.; 1995 ; Structure des peuplements de coleoptères de divers sols naturels et cultivés d'Afrique occidentale. Mémoire de maîtrise. Mention Ecologie Générale, 32 P.

- BARTOLI F., BURTIN G., GUERIF J., 1992 ; Influence of organic matter on aggregation in oxisols rich in gibbsite or in goethite. II. Clay dispersion, aggregate strength and water-stability, *Geoderma*, Elsevier Science Publishers, pp. 259-274.
- BEAUDOU A. G., CHATELIN Y., COLLINET J. M. D., SALA G -H.; 1977 ; Notes sur la micromorphologie de certains sols ferrallitiques jaunes de régions équatoriales d'Afrique, *Cahiers ORSTOM ; Série Pédologie (FRA)*, 15, (4), pp. 361-379.
- BERGEAL D.; GUIBON S.; 1994 ; Etude de la restauration de la fertilité des sols du nord Cameroun à partir de l'analyse de leur macrofaune, *rapp. INRA*, 27 P.
- BERNHARD-REVERSAT F.; 1977 ; Observations sur la minéralisation "in situ" de l'azote du sol en savane sahélienne (Sénégal) *Cahiers ORSTOM. Série Biologie : Ecologie et Biologie Végétale (FRA)*, 12, (4), pp. 301-306.
- BERTHELIN J., SOUCHIER B., TOUTAIN F., 1979 ; Intervention des phénomènes biologiques dans l'altération. *Science du Sol.*, pp 175-187.
- BHADAURIA T., P.S. RAMAKRISHNAN ; 1989 ; Earthworms population dynamics and contribution to nutrient cycling during cropping and fallow phases of shifting agriculture (JHUM) in north-east India. *Journal of Applied Ecology*, 26 : pp. 505-520.
- BINET F., TREHEN P. ; 1990 ; The effects of earthworms on nitrogen reorganization in cultivated soils. In: Calvet, R (eds.). *Nitrates,-agriculture,-eau*. INRA, Paris, France. pp.209-214.
- BLANCANEAUX Ph., ARAUJO J.; 1982 ; L'action déterminante de l'homme et du climat actuel sur l'évolution des sols et des savanes du sud du Vénézuéla, Territoire Fédéral de l'Amazone, *Cahiers ORSTOM. Série Pédologie (FRA)*, 19, (2), pp. 131-150.
- BLANCHART E.; 1992 ; Restoration by earthworms (Megascolecidae) of the macroaggregate structure of a destructured savanna soil under field conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 24, (12) : pp. 1587-1594.
- BLANCHART E., BRUAND A., LAVELLE P.; 1993 ; The physical structure of casts of millsonia anomala (Oligochaeta: Megascolecidae) in shrub savanna soils (Côte d'Ivoire). *Geoderma*, Elsevier Science Publishers B.V., 56 : pp. 119-132.
- BLANCHART E., LAVELLE P., SPAIN A., 1989 ; Effects of two species of tropical earthworms (Oligochaeta : Eudrilidae) on the size distribution of aggregates in an african soil. *Revue d'Ecologie et Biologie du Sol*, pp. 417-425.
- BLOEM J., ELLENBROEK F.M., BAR-GILISSEN M.J.B., CAPPENBERG T.E., 1989 ; Protozoan grazing and bacterial production in stratified lake Vechten estimated with

- fluorescently labeled bacteria and by thymidine incorporation. *Applied and Environment Microbiology*, pp. 1787-1795.
- BLYDENSTEIN J.; 1967 ; Tropical savanna vegetation of the Llanos of Colombia. *Ecology*, 48 : pp. 1-15.
- BOCQUIER G.; 1958 ; Caractérisation des sols de la station de l'I.F.A.C. de Loudima (AEF). ORSTOM Paris, 39 P.
- BODOT P.; 1969 ; Composition des colonies de termites : ses fluctuations au cours du temps *Ins. Soc.*, 16, pp. 39 - 54.
- BOIFFIN J., PICARD D.; 1989 ; Analyse et diagnostic de la fertilité, nouveaux éléments. In : *Fertilité et systèmes de production*. (Eds.), INRA TEC DOC, Paris, pp.133-206.
- BONVALLOT J.; 1968 ; Etude du régime hydrique de quelques sols de Lamto (Côte d'Ivoire), rapport de stage, ORSTOM, Adiopodoumé : 51 P.
- BOUCHE M.B., KRETZSCHMAR A.; 1974 ; Fonction des lombriciens. II. recherches méthodologiques pour l'analyse du sol ingéré (étude du peuplement de la station R.C.P. 165/P.B.I.), pp.12-139.
- BOUCHE M.B., RAFIDISON Z., TOUTAN F. ; 1983 ; Etude de l'alimentation et du brassage pédo-intestinal du lombricien *Nicodrilus velox* (Annelida, Lombricidae) par l'analyse élémentaire. *Revue d'Ecologie et Biologie du Sol*, pp. 49-75.
- BOUTRAIS J.; 1979 ; Le milieu naturel. ONAREST ; ISH, Yaoundé (CMR), 1, pp. 2-115.
- BOUTRAIS J.; 1984 ; les milieux naturels et l'occupation du sol ORSTOM, Paris, pp.63-100.
- BOUTRAIS J., BOULET J., BEAUVILAIN A., GUBRY P., BARRETEAU D., DIEU M., BRETON R., SEIGNOBOS C., PONTIE G., MARGURAT Y., HALLAIRE A., FRECHOU H.; 1984 ; Le nord du Cameroun : des hommes, une région, pp. 19 - 200.
- BOYER J.; 1982 ; Les sols ferrallitiques . Facteurs de fertilité et utilisation des sols, *Clay Mineralogy*, X, pp. 218-384.
- BOYER P., 1982 ; Quelques aspects de l'action des termites sur les argiles. *Clay Mineralogy*, X, pp. 453-462.
- BRAUDEAU E.; 1984 ; Evolution des sols sous culture mécanisée, essais "système de culture" CRAL, 38 P.
- BREMER F.; 1995 ; Sociologie rurale et systèmes agricoles dans la région du Niari - République du Congo, Rapp. projet GTZ ; 85 P.

- BREZNAK J.A.; 1984 ; Biochemical aspects of symbiosis between termites and their intestinal microbiota, in : Invertebrate-microbial interactions, (eds. J.M. ANDERSON et al.), Cambridge University Press, pp. 173-204.
- BROSSARD M., LAVELLE P., LAURENT J. Y.; 1994 ; Digestion of a vertisol by an endogeic earthworm (*Polypheretima elongata*, Megascolecidae) increases soil phosphate extractibility. *European Journal of Soil Biology*.
- BRUGIÈRE J.M.; 1957 ; Alimentation en eau des sols pendant la saison sèche sous savane. ORSTOM Paris, 9 P.
- BRUGIÈRE J.M.; 1957 ; Etude de quelques sols du canton sous-Bouenza - District de Mouyondzi. ORSTOM Paris, 7 P.
- BRUGIERE J.M.; 1962 ; La connaissance des sols dans le Mayombe, la Vallée du Niari et Le Massif du Chaillu. Leur mise en valeur. ORSTOM, Institut de Recherches Scientifiques au Congo, Service Pédologique - Brazzaville, 35 P.
- **BUFFIER D., FAERBER J., LE CARO Ph.,METAILIE J.P.; 1992 ; Des "écobuages" aux feux dirigés dans les Pyrénées centrales et occidentales, évolution et rôle actuels de la pratique du débroussaillage par le feu, pp. 103-110.
- BUNDERS J. F.G., E. W. BROERSE J.; 1991 ; Appropriate biotechnology in small-scale agriculture : how to reorient research and development, pp. 153.
- BUSE A., 1990 ; Influence of earthworms on nitrogen fluxes and plant growth in cores taken from variously managed upland pastures. *Soil Biology and Biochemistry*, 22 (6) : pp. 775-780.
- BUTLER J. H. A., BUCKERFIELD J.C., 1979 ; Digestion of lignin by termite. *Soil Biology and Biochemistry*, pp. 507-513.
- CACHAN P.; 1950 ; Les termites de Madagascar et leurs dégâts, ORSTOM ; 1-27 P.
- CASENAVE A., VALENTIN C., 1989 ; Les états de surface de la zone Sahélienne. Influence sur l'infiltration. ORSTOM, Paris.
- CATROUX G., CHAUSSOD R., NICOLARDOT B.; 1987 ; Appréciation de la fourniture d'azote par le sol. *C.R.Acad. Agric. fr.*, 73(3) : pp. 71-79.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical ; 1985. Sistemas de producción pecuaria extensiva; Brazil, Colombia, Venezuela. Informe final del proyecto ETES (Estudio Técnico y Económico de producción pecuaria), 1978-1982. Paul, R. Vera & C. Seré (eds.). Cali, Colombia. 538 P.
- CESAR J.; 1971 ; Etude quantitative de la strate herbacée de la savane de Lamto. (Moyenne Côte d'Ivoire). Thèse 3^o cycle, Paris: 125 P.

- CHAKRABORTY S., THEODORU C., BOWEN G., 1983 ; Amoebae from a take-all suppressive soil which feed on *Gaeumannomyces graminis tritici* and other soil fungi. *Soil Biology and Biochemistry*, pp. 17-24.
- CHAMAYOU , LEGROS J.P.; 1989 ; Les bases physiques, chimiques et minéralogiques de la science du sol. Agence de Coopération Culturelle et Technique Conseil International de la Langue Française/Presses Universitaires de France, 593 P.
- CHAREAU C.; 1951 ; Comparaison des sols de savane et de forêt dans la région de Dabou. ORSTOM - Paris, 5 P.
- CHARPENTIER F.; 1992 ; "Effet de la qualité des litières produites sur le peuplement de macroinvertébrés du sol en forêt Guyanaise". D.E.A. Géosciences, Filière pédologie : "Les sols dans les écosystèmes continentaux" Université de Nancy 1, 124 P.
- CHARPENTIER F.; 1996 ; Effets de l'inoculation d'un ver de terre endogé sur la dynamique de la matière organique d'un sol ferrallitique cultivé de l'amazone péruvienne, thèse Paris, 142 P.
- CHARREAU C., NICOU R., 1971, L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche Ouest-africaine et ses incidences agronomiques (d'après les travaux des chercheurs de l'IRAT en Afrique de l'Ouest) ; *Bulletin Agronomique*, 23 ; 254 P.
- CHARREAU C.; 1951 ; Comparaison des sols de savane et de forêt dans la région de Dabou : (tourné des 27 et 28 décembre 1951) ; 5 P.
- CHAUSSOD R., NICOLARDOT B., CATROUX G., CHRETIEN J. ; 1986 ; Relations entre les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de quelques sols cultivés. *Science du Sol*, 2 : pp. 213-226.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) ; 1974 ; Reconocimiento general de suelos del CNIA Carimagua (departamento del Meta). Bogota, D.E., Colombia, 58 P.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) & Instituto Geographico "Agustin Codazzi" ; 1983 ; Estudio semidetallado de los suelos del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Carimagua (ICA-CIAT) (Departamento del META). Bogota, D.E., Colombia. 287 P.
- CLARHOLM M., 1984 ; Microbes as predator or prey Heterotrophic, free-living protozoa : neglected microorganisms with an important task in regulating bacteria populations, in *Current perspectives on microbial ecology* (eds. Klug M.J. & Reddy C.A.), pp. 321-326.
- CLARHOLM M., 1985 ; Possible roles for roots, bacteria, protozoa and fungi in supplying nitrogen to plants, in : *Ecological Interactions in Soil ; plants, microbes and animals*,

- (eds D.A. A.H. Fitter D.J. Read, and M.B. Usher), Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 355-365.
- CLARHOLM M.; 1989 ; Effects of plant-bacterial-amoebal interactions on plant uptake of nitrogen under field conditions. *Biology and Fertility of Soils*, 8 pp. 373-378.
- CLARHOLM M., ROSSWALL T.; 1980 ; Biomass and turnover of bacteria in a forest soil and a peat. *Soil Biology and Biochemistry*, 12, pp. 49-57.
- CLEMENTS R.O., MURRAY P.J., STURDY R.G.; 1991 ; The impact of 20 years absence of earthworms and three levels of fertilizers on a grassland soil environment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, pp. 75-85.
- COCHRANE T.T.; 1978. An ongoing appraisal of the savanna ecosystems of tropical America for beef cattle production. In: Sanchez, P.A. & L.E. Tergas (Eds.). *Pasture Production in Acid soils of the Tropics*. Bogota, Colombia. pp. 1-12.
- COIFFAIT H.; Les coleoptères du sol. *Bulletin du Laboratoire Arago*. 1260, 204 P.
- COLEMAN D. C.; 1985 ; Through a ped darkly : en ecological assessment of root-soil-microbial-faunal interactions, in *Ecological Interactions in Soil ; plants, microbes and animals*; (eds. D.A. A.H. Fitter D.J. Read, and M.B. Usher), Blackwell Scientific Publications Oxford, Great Britain, pp. 1-21.
- COLEMAN D.C., ANDERSON R.V., COLE C.V., Mc CLELLAN J.F., WOODS L.E., TROFYMOW J.A., ELLIOTT E.T., 1984 ; Roles of protozoa and nematodes in nutrient cycling, in *Microbial-plant interactions*, ASA Special Publication, 47, Madison, pp. 17-28.
- COLEMAN D.C., BRUSSARD L., BEARE M.H., HENDRIX P.F., HASSINK J., HEIJNEN C.E., MARINISSEN J.C.Y., 1989 ; Microbial-faunal interactions as they influence soil organic matter dynamics. Kyoto, pp. 175-179.
- COLEMAN D.C., INGHAM R.E., Mc CLELLAN J.F., TROFYMOW J.A., 1984 ; Soil nutrient transformations in the rhizosphere via animal-microbial interactions, in : *Invertebrates-microbial interactions*, (ed A.D.M.R.J.M. Anderson and D.W.H. Walton), Cambridge University Press, pp. 35-58.
- COLEMAN D.C., INGHAM R.E., Mc CLELLAN J.F., TROFYMOW J.A., 1984 ; Soil nutrient transformations in the rhizosphere via animal-microbial interactions, in *Invertebrates-microbial interactions*, (eds. A.J.M. Anderson, D.M. Rayner and D.W.H. Walton), Cambridge University Press, Cambridge, pp.35-58.
- COLLINS N.M., 1983 ; Termite populations and their role in litter removal in Malaysian rainforests, in : *Tropical Rainforests : Ecology and Management*, (eds S L Sutton et al), Blackwell, Oxford.

- COMBEAU A.; 1960 ; Observations sur certains facteurs de la retention d'eau par le sol pour diverses valeurs remarquables de pF. Application à quelques types de sols tropicaux. ORSTOM, Paris, 22 P.
- CORREAS A.S.; PROANOS E.C.; GONZALEZ E. & . MORENO J.C ; 1986 ; Efecto de la epoca de quema sobre algunas propiedades del suelo y sobre la production de forraje. Colombia Geographica, 13(2) : pp. 31-72.
- CORTEZ J., HAMEED R., BOUCHE M.B.; 1989 ; C and N transfer, in : soil with or without earthworms fed with C and N-labelled wheat straw. Soil Biology and Biochemistry, 21 (4) pp. 491-497.
- COUTEAUX M.M.; 1985a ; Relation entre la densité apparente d'un humus et l'aptitude à la croissance de ses Ciliés. Pedobiologia, 28, pp. 289-303.
- COUTEAUX M.M.; 1985b ; Relationships between testate amoebae and fungi in humus microcosms. Soil Biology and Biochemistry, 17 (3), pp. 339-345.
- COWIE R.H., LOGAN J.W.M., WOOD T.G.; 1991 ; Termite damage and control in tropical forestry, in Advances in management and conservation of soil fauna, (eds. G.K. Veeresh. et al.), Oxford & IBH, New Dehli, pp. 161-167.
- COX G.W., GAKAHU C.G., WAITHAKA J.M., 1989 ; The form and small stone content of large earth mounds constructed by mole rats and termites in Kenya. Pedobiologia, 33, pp. 307-314.
- CURL E.A.; 1988 ; The role of soil microfauna in plant-disease suppression. CRC Critical Reviews in Plant Sciences, 7 (3), pp. 175-196.
- CURRY J.P., BOYLE K.E.; 1987 ; Growth rates, establishment and effect on herbage yield of introduced earthworms in grassland on reclaimed cutover peat. Biology and Fertility of Soils, pp. 95-98.
- DARICI C.; 1978 ; Effet du type d'argile sur quelques activités microbiennes dans divers sols tropicaux. Comparaison d'un sol à allophane, d'un vertisol à montmorillonite et d'un sol ferrugineux tropical à illite et kaolinite, thèse Orsay, 98 P.
- DASH M.C., PATRA U.C.; 1977 ; Density, biomass and energy budget of tropical earthworm populations from a grassland site in Orissa, India. Rev. Ecol. Biol. Sol., 14 : pp. 461-471.
- DAVID H., EASWARAMOORTHY S., SUBADHRA K. ; 1987 ; Influence of nutrition on the reproductive biology of sugarcane pests and their natural ennemies. Proc. Indian Acad. Sci. 96(3) : pp. 245-251.

- DE BOISSEZON P.; 1961 ; Contribution à l'étude de la microflore de quelques sols typiques du Congo. ORSTOM Institut d'Etudes Centre-africaines, Service Pédologique, 131 P.
- DE BOISSEZON P.; 1962 ; Contribution à l'étude des matières organiques des sols de la République du Congo. ORSTOM, Institut de Recherches Scientifiques au Congo, Service Pédologie - Brazzaville, 54 P.
- DE BOISSEZON P.; 1965 ; Les sols de savane des plateaux Batéké Cahiers ORSTOM. Série Pédologie (FRA), 3 (4), pp. 291-298.
- DECAËNS T.; 1993 ; Impact des pratiques agricoles sur la macrofaune des sols dans quelques pâturages et cultures des Llanos orientaux de Colombie. Mémoire de stage, Université Paris XII Val de Marne. 69 P.
- DECAËNS T.; LAVELLE P.; JIMENEZ JAEN J.J.; ESCOBAR G.; RIPPSTEIN G.; 1994 ; Impact of land management on soil macrofauna in the oriental Llanos of Colombia, pp. 157-167
- DELPHIN J.E., 1986 - Evaluation du pouvoir minéralisateur de sols agricoles en fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques. Agr.; 6 : pp. 453-458.
- DENIS B.; 1970 ; Etude pédologique du secteur sud district de Mouyondzi. ORSTOM, Centre de Brazzaville, Service pédologique, 118 P.
- DEROUARD L.; 1993 ; Effet comparé de trois espèces de vers de terre sur la structure physique d'un sol de la savane de Lamto (Côte d'Ivoire). Mémoire de D.E.S.S."Gestion des Systèmes Agro-Sylvo-Pastoraux en Zones Tropicales". Université Paris XII Val de Marne (UFR de Sciences), 55 P.
- DEVINEAU J.L.; 1984 ; Structure et dynamique de quelques forêts tropicales de l'ouest africain (Côte d'Ivoire). Travaux des chercheurs de la station de Lamto, ENS, 5, 291 P.
- DIBANGOU V., 1994 ; Etude comparée de la biologie et du métabolisme digestif de deux espèces de termites (*Pseudacanthotermes spiniger* et *P. militaris*) des plantations de canne à sucre de la vallée du Niari (Congo).Thèse d'Université, Paris XII Val de Marne, 175 P.
- DICKO I.O., LYNCH R.E., OUEDRAOGO A.P., SOME A.S.; 1991 ; Evaluation de la résistance des gousses de quelques variétés d'arachide aux attaques des termites (Isoptères : Termitidae) et des iules (Myriapodes : Diplopodes). Rev. Res. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride. 63-72.
- DOCUMENTS ORSTOM ; 1965 ; Etude de l'évolution du profil cultural sous une rotation quadriennale et de l'influence du travail du sol sur les cultures, 43 P.

- DOMMERGUES Y., MANGENOT F.; 1970 ; *Ecologie microbienne du sol*. Masson éd. Paris : 796 P.
- DONFACK P.; 1993 ; *Dynamique de la végétation après abandon de la culture au Nord-Cameroun* - In : Floret, C. ; Serpantie, Georgeds (éds.) - *La jachère en Afrique de l'Ouest*. ORSTOM, Paris, pp. 319-330.
- DUCHAUFOR Ph.; 1991. *Pédologie : sol, végétation, environnement* 3ème édition, Masson, éd. Paris, 283 P.
- DUCHAUFOR, P.; 1995 ; *Pédologie : sol, végétation, environnement* Masson, éd. Paris, 324 P.
- DUPRAT J. ; 1961 ; *Description et classification des éléments de la structure ; S.O.M.I.V.A.C. II - Appendice, Service Pédologie*-20 P.
- DUXBURY J.M., SMITH M.S., DORAN J. W.; 1989 ; *soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients*. In : *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. Coleman D.C.Oades J.M., et Uehara G. (éds), Paris, 796 P.
- DZABA D.; 1986 ; *Contribution à l'étude de l'influence des amendements calcaires sur la dynamique du phosphore des sols acides de la République Populaire du Congo et ses conséquences sur la nutrition phosphorique des plantes*, thèse Bruxelles, 292 P.
- EDMONDS ; 1983 ; *Earthworms ecology in cultivated soils*. In : *Earthworms Ecology* ed. J.E. Satchell pp 123-137 Chapman and Hall Ltd. London.
- EDWARDS ; C.A., LOFTY J.R.; 1972 ; *Biology of earthworms*. London, Great Britain. 283 P.
- EGOUMENIDES C ; RISTERUCCI A.; MELEBOU K.E.; 1987 ; *Appréciation de la fertilisation azotée des sols tropicaux : étude des fractions de l'azote*. *Agron. Trop.*, 42 : 85-93.
- FAN Y., LIEBMAN M., GRODEN E., RANDALL A. ; 1993 ; *Abundance of carabid beetles and other ground-dwelling arthropods in conventional versus low-input bean cropping systems*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 43 : pp. 127-139.
- FELLER Ch.; 1994 ; *La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1 : 1 / recherche de compartiments organiques fonctionnels. Une approche granulométrique*, 393 p.
- FISCHER M.J., LASCANO C.E., VERA R. R., RIPPSTEIN G.; 1992 ; *Intergrading the native savanna resource with improved pastures*. In: CIAT, *Pastures for tropical lowlands*. Cali, Colombia. 238 P.
- FLORET Ch., PONTANIER R.; 1978 ; *Relations climat -sol - végétation dans quelques formations végétales spontanées du sud Tunisien (production végétale et bilan hydrique des sols)*. Document technique N°1. République de Tunisie/PNUD PROJET

- TUN 69/001/Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques Louis Emberger
CNRS-Montpellier/ORSTOM Tunisie, 96 P.
- FONTAINE V.; 1992 ; Rôle des vers de terre dans la nature et le fonctionnement du système du sol. Applications dans les agroécosystèmes., maîtrise, 36 P.
- FOURNIER A.; 1991 ; Phénologie, croissance et production végétale dans quelques savanes d'Afrique de l'Ouest : Variation selon un gradient climatique. Collection Etudes et Thèses, Paris ORSTOM, 312 P.
- FRAGOSO GONZALEZ C. E., 1993 ; Les peuplements de vers de terre dans l'Est et Sud-Est du Mexique, thèse Paris 6, 228 P.
- FRAGOSO GONZALEZ C., LAVELLE P.; 1987 : The earthworms community of a mexican tropical rain forest (Chajul, Chiapas). In : Bonvicini Pagliai, A.M. & P. Omodeo (eds.). On earthworms. Selected Symposia and Monographs. U.Z.I.,2, Mucchi, Modena. pp. 281-295.
- FRAGOSO GONZALEZ C., LAVELLE P.; 1992. Earthworm communities of tropical rain forests. Soil Biochem., 24(12) : pp. 1397-1408.
- FRASER P.M.; 1994 ; The impact of Soil and Crop Management Practices on Soil Macrofauna.
- GARNIER SILLAM E.; 1987 ; Biologie et rôle des termites dans le processus d'humufication des sols forestiers tropicaux du congo. Thèse Paris Val de Marne, 276 P.
- GARNIER SILLAM E.; 1989 ; The Pedological Role of Fungus-Growing termites (Termitidae: Macrotermitinae) in tropical environments, with Special Reference to *Macrotermes muelleri*. Sociobiology, 15 (2): pp.181-196.
- GARNIER SILLAM E., BRAUDEAU E., TESSIER D.; 1991 ; Rôle des termites sur le spectre poral des sols forestiers tropicaux. Cas de *Thoracotermes macrothorax Sjöstedt* (Termitinae) et de *Macrotermes mülleri* (Sjöstedt) (Macrotermitinae). Ins. Soc. 38 : pp. 397-412.
- GARNIER SILLAM E.; KABALA M.; SENECHAL J.; VALERIE M.; 1987 ; Facteurs et conditions du maintien de la fertilité du milieu tropical humide, rap. MAB-UNESCO, 230 P.
- GARNIER SILLAM E.; TOUTAIN F.; VILLEMIN G. & RENOUX J.; 1989 ; Transformation de la matière organique végétale sous l'action du terme *Macrotermes mülleri* (Sjöstedt) et de son champignon symbiotique. Can. J. Microbiol., 34 : pp. 1247-1255.

- GAUTHIER L.; 1992 ; Contact Forêt Savane en Côte d'Ivoire, rôle de *Chromolaena odorata* (L.) R. King & H. Robinson dans la dynamique de la végétation. Thèse Genève, 259 P.
- GILOT-VILLENAVE C.; 1994 ; Effets de l'introduction du ver géophage tropical *Millsonia anomala* Omodeo en système cultivé sur les caractéristiques des sols et la production végétale en moyenne Côte d'Ivoire. Thèse, Institut National Agronomique Paris-Grignon/ORSTOM, 178 P.
- GILOT C., LAVELLE P., BLANCHART E., KELI J., KOUASSI P., GUILLAUME G., 1992 ; Biological activity of soil under rubber plantations in Ivory Coast, Acta zool. fenn. 196. , pp. 187-189.
- GILOT-VILLENAVE C., LAVELLE P., GANRY F.; 1996 ; Effects of a tropical geophagous earthworm, *Millsonia anomala*, on some soil characteristics, on maize-residue decomposition and on maize production in Ivory Coast, LEST ORSTOM, CIRAD, Applied Soil Ecology Elsevier, pp. 201-211.
- GIRESSSE P., JAMET R.; 1980 ; Essais de fertilisation de la culture du manioc par les sédiments marins glauconiaux du Congo. Université de Perpignan/Centre ORSTOM de Papeete - Tahiti, 24 P.
- GRAS F.; 1970 ; Surfaces d'aplanissement et remaniement des sols sur la bordure orientale de Mayombe (Congo Brazzaville), ORSTOM, 30 P.
- GUILLOT B.; 1978 ; Les savanes de la Vallée du Niari : Intérêt de l'emploi de la méthode des tableaux ordonnables dans la mise en évidence de types de végétation. Cahiers ORSTOM; Série Sciences Humaines, 15, (1), pp.17-33.
- HAILE A.; 1987 ; Comparaison de deux méthodes d'extraction d'azote minéral Doc. IRAT, 11 P.
- HALLAIRE M.; 1953 ; Diffusion capillaire de l'eau dans le sol et répartition de l'humidité en profondeur sous sols nus et cultivés, 106 P.
- HAMELOL A.; LACLAU J.P.; 1996 ; Création d'une filière de bois d'énergie. Bois et Forêts tropicales, pp.47-58.
- (*****)Handbook of methods. 2d. éd. C.A.B., Oxford. 221 P.
- HARRIS W.V.; 1955 ; Termites and Forestry. Empire Forestry Review.; 34 : p.160-165.
- HARTMANN C.; TOUTOU MISSIE E.C.; 1993 ; Caractérisation du volume poral des sols du site de l'essai IBSRAM de Loudima (République du Congo), Influence du système de culture, 10 p.
- HATTORI T.; 1987 ; Soil aggregates as microhabitats of microorganisms, 36 p.

- HAUSER P.; 1978 ; L'action des termites en milieu savane sèche. Cahiers ORSTOM. Série Sciences humaines (FRA), Vol. 15, N° 1, p.35-49.
- HENIN S.; 1976 ; Cours de physique du sol. Volume I, Initiations - Documentations technique n°28. Bruxelles, ORSTOM - EDITEST, 159 p.
- HETIER J.M. ; SCHARGEL R. ; VALLEJO -TORRES O. ; SAMIENTO G.; GOMEZ C.; 1992 ; Les sols de savanes de llanos Vénézuéliens et le sol ferrugineux tropical de Barinas : Los suelos de sabanas de los llanos Venerolanos y el alfisol de Barinas. Cahiers ORSTOM. Série Pédologie (FRA), Vol. 27, N° 2, p. 167-202.
- HLLAIRE M.; 1953 ; Diffusion capillaire de l'eau dans le sol et réparation de l'humidité en profondeur sous sol nus et cultivés. Station centrale de Bioclimatologie, Versailles 106 P.
- HOEFSLOOT H. ; VAN DER POL F.; ROELEVELD L. ; 1993 ; De la jachère naturelle à la sole fourragère : à la recherche de l'intensification de l'agriculture dans la savane ouest-africaine : condensé d'une synthèse bibliographique - IN : Floret, C. (éd) ; Serpantie, Georges (éd.) - La jachère en Afrique de l'Ouest. ORSTOM, Paris (FRA°), p. 461-463.
- HOOCK J.; 1963 ; Les savanes de la Guyane française, leurs possibilités de mise en valeur. Bulletin of the Agricultural Experiment Station (SUR), N° 82, p.197-213.
- HOUSE G.J.& PARMELEE R.W.; 1985 ; Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no-tillage agroecosystems. Soil & Tillage Research, 5:351-360.
- INGHAM E.R., COLEMAN D.C., MOORE J.C., 1989 ; An analysis of food web structure and function in a shortgrass prairie, a mountain meadow and a lodgepole pine forest. Canadian Journal of Soil Science, pp. 261-272.
- INGHAM E.R., TROFYMOW J.A., AMES R.N., HUNT H.W., MORLEY C.R., MOORE J.C., COLEMAN D.C., 1986 ; Trophic nteractions and nitrogen cycling in a semi-arid grassland soil II. System responses to removal of different groups of soils microbes or fauna. Journal of applied Ecology, pp. 615-630.
- INSAM H., PARKINSON D., DOMSCH K.H., 1989 ; Influenne of macroclimate on soil microbial biomass. Soil Biology and Biochemistry, pp. 211-221.
- JAMES S.W.; 1988 ; The postfire environment and earthworm populations in tallgrass prairie. Ecology, 69 (2): 476-483.
- JAMES S.W.; 1991 ; Soil, nitrogen, phosphorus, and organic matter processing by earthworms in tallgrass prairie. Ecology, 72 (6): 2101-2109.

- JAMET R.; 1968 ; Les sols de la zone en cours de boisement du km 45. ORSTOM, Brazzaville (CG), 1968, 27 p.
- JAMET R.; 1974.; Les sols du périmètre de reboisement en pins et eucalyptus de Loudima. ORSTOM - Brazzaville, 44 p.
- JAMET R.; 1975 ; Evolution des principales caractéristiques des sols des reboisements de Pointe-Noire. ORSTOM - Brazzaville, 36 p.
- JAMET R.; 1979 Etude pédologique des environs de Dimonika. ORSTOM, Centre de Brazzaville, 75 p.
- JAVAID I.; Causes of damage to some wild mango fruit trees in Zambia. International Pest Control ; 98-99.
- JAWED M. SARKAR, LEONOWICZ A., BOLLAG J.M., 1988 ; Immobilization of enzymes on clays and soils, Laboratory of Soil Biochemistry, Department of Agronomy, the Pennsylvania State University, University Park, Soil Biol. Biochem., vol. 21, n° 2, pp. 223-230.
- JEANSON C., 1979 ; Structuration du sol par la faune terricole, incidences sur les concentrations organominérales, in : Migrations organo-minérales dans les sols tempérés CNRS, Nancy, pp. 113-123.
- JENKINSON D.S. and LADD J.N., 1981 ; Microbial biomass in soil : measurement and turnover, in Soil Biochemistry, (eds Ladd J.N. and Paul E.A.). Dekker, pp. 415-471.
- JOSENS G.; 1972 ; Etudes biologiques et écologiques des termites (Isoptera) de la savane de Lamto-Pakobo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat de sc. nat., Université de Bruxelles, 262 p.
- JOSENS G.; 1974 ; Les termites de la savane de Lamto. In "Analyse d'un écosystème tropical humide : La savane Lamto (Côte d'Ivoire). V - Les organismes endogés". Bull. Liaison. Chercheurs de Lamto, numéro spécial, 5 : 91-131.
- KABRAH YEBOUA ; N'GUETTIA R. Y.; GOUE B.D.; COULLOUD J.Y.; 1996 ; Effet de l'apport d'engrais et de matière organique sur le rendement en grains chez le maïs, p. 157-193.
- KARD B.M.; MAULDIN J.K.; JONES S.C ; 1989 ; Evaluation of soil termiticides for control of subterranean termites (Isoptera). Sociobiology.; 15 (3) : 285-297.
- KASPRZAK K.; 1980 ; Oligochaeta community structure and function in agricultural landscapes. In: Brinkhurst, R.O. & D.G. Cook (eds.). Aquatic Oligochaete Biology. Plenum Publishing Corporation.
- KILBERTUS G., KIFFER E., 1984 ; Biological activity in tropical soils (French Guyana), Rev. Ecol. Biol. Sol, pp. 439-453.

- KLAUS J. & DELASCIO F.; 1991. Plant-social insect associations in a hylean savanna: a non-specific interaction. *Ecotropicos*, 4 (2):60-67.
- KLEINHEISTERKAMP I. & HABICH G.; 1985 ; Colombia, 1. Estudio biológico y técnico. In: CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Sistemas de producción pecuaria extensiva; Brazil, Colombia, Venezuela. Informe final del proyecto ETES (Estudio Técnico y Económico de producción pecuaria), 1978-1982. aul, R. Vera & C. Seré (eds.). Cali, Colombia. 538 p.
- KOECHIN M.J.; 1961 ; La végétation des savanes dans les pays du Niari. ORSTOM, sl 108 p.
- KOECHIN M.J.; 1961 ; Quinze ans de travaux et de recherches dans les pays du Niari, 107 p.
- LAELLE P.; 1983.; Chapter 21. The soil fauna of tropical savannas. I. The community structure. In: Bourlière, F. (eds.) ; Tropical savannas. E.S.P.C., Amsterdam, Netherlands. pp.477-484.
- LAPLANTE A.; BACHELIER G ; 1968 Aspect pédologique de la mise en valeur des savanes pauvres du Centre Cameroun ORSTOM ; IRCAM, Yaoundé (CMR), 23 p.
- LASCANO C.E.; 1991 ; Managing the grazing resource for animal production in savannas of tropical America. *Tropical Grasslands*, 25: 66-72.
- LAVELE P.; BLANCHART E.; MARTIN A.; SPAIN A.V & MARTIN S.; 1992 ; 9. Impact of soil Fauna on the Properties of soils in the Humid Tropics. In: Myths and Science of soils of the Tropics, Soil Science Society of America Special Publication n° 29. pp.157-185.
- LAVELLE P & MARTIN A.; 1992; Small-scale and large-scale effects of endogeic earthworms on soil organic matter dynamics in soils of the humid tropics. *Soil Biol. Biochem.*, 24 (12): 1491-1498).
- LAVELLE P. & al ; 1992 ; Impact of Soil Fauna on Properties of Soils in the Humid Tropics p 157-184.
- LAVELLE P. & KOHLMANN ; 1984 ; Etude quantitative de la macrofaune du sol dans une forêt tropical du Mexique (Bonampak, Chiapas). *Pedobiologia*, 27:377-393.
- LAVELLE P. & PASHANASI B.; 1989 ; Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia*, 33: 283-291.
- LAVELLE P. BLANCHART E., MARTIN A., SPAIN A.V., MARTIN S., 1992 ; Impact of Soil Fauna on the Properties of Soils in the Humid Tropics, Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 677 S. Segoe Rd, Madison, Myths and Science of Soils of the Tropics. SSSA Special Publication n° 29, pp. 157-185.

- LAVELLE P., 1982 ; Faunal activities and soil processes : Adaptive strategies that determine ecosystem function, Lab. Ec. des Sols Tr., Orstom, p. 32.
- LAVELLE P., 1987 ; Interactins, hiérarchies et régulations dans le sol : à la recherche d'une nouvelle approche conceptuelle, E.N.S., Lab. d'Ec., UA 258 du CNRS, pp. 219-229.
- LAVELLE P., BLANCHART E., MARTIN A., MARTIN S., SPAIN A., TOUTAIN F., BAROIS I., SCHAEFER R., 1993 ; A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems : application to soils of the humid tropics, Biotropica, pp; 130-150.
- LAVELLE P., BLANCHART E., MARTIN A., SPAIN A.V., 1992 ; Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics, Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Myths and Science of Soils of the Tropics. SSSA Special Publication n° 29., pp. 157-185.
- LAVELLE P.; 1978 ; Les vers de terre de la savane Lamto (Côte d'Ivoire) : peuplement, population et fonction dans l'écosystème - Thèse doct. Etat, Univ. Paris VI, Pub. Lab. Zool. ENS 12 : 301 p.
- LAVELLE P.; 1982 ; Faunal activities and soil processes : adaptive strategies that determine ecosystem function, 32 p.
- LAVELLE P.; 1983 b.; Chapter 22. The soil fauna of tropical savannas. II. The earthworms. In: Bourlière, F. (eds.). Tropical Savannas. E.S.P.C., Amsterdam, Netherlands. pp.485-504.
- LAVELLE P.; 1986 ; Ecologie générale. Associations mutualistes avec la microflore du sol et richesse spécifique sous les tropiques: l'hypothèse du premier maillon. Note de P. Lavelle, présentée par J. Dorst. C. Acad. SC. Paris, 302 (III), n° 1:11-14.
- LAVELLE P.; 1988 b.; Earthworms activities and the soil system. Biol. Fertil. Soils, 6:237-251.
- LAVELLE P.; 1988. Assessing the abundance and role of invertebrate communities in tropical soils: Aims and methods. In: Ghabbour, S. I & R. C. Davis (eds.). Proceedings of the seminar on resources of Soil Fauna in Egypt and Africa. Cairo, 16-17 April 1986. Revue Zool. Afr. - J. Afr. Zool. 102:275-283.
- LAVELLE P.; 1992 ; Conservation de la fertilité des sols tropicaux humides par l'introduction des vers de terre sélectionnés. Mise en place d'expériences à grande échelle. Ministère de l'Environnement ; Laboratoire des Sols Tropicaux ORSTOM/Université Paris VI, 76 p.

- LAVELLE P.; 1992 ; Conservation of soil fertility in low-input agricultural systems of the humid tropics by manipulating earthworm communities (macrofauna project), 138 p.
- LAVELLE P.; 1994 ; The relationship between soil macrofauna and Trop soil fertility in "the Biological Management of Trop Soil Fert. ed by P.L. Woomer and M.J. Smift. 1994 OTSBF a Wiley Sayce Publication.
- LAVELLE P.; Barois I.; MARTIN A.; ZAIDI Z.& SCHAEFER R.; 1989 ; Management of earthworm populations in agro-ecosystems: A possible way to maintain soil quality? In: Clarholm, M. & L. Bergström (eds.). Ecology of arable land. Kluwer Academic Publishers. pp. 109-122.
- LAVELLE P.; CHAUVEL A.; FRAGOSO C.; 1995 ; Faunal activity in acid soils, p. 201-211.
- LAVELLE P.; MAURY M.E. & SERRANO V.; 1981 ; Estudio cuantitativo de la fauna del suelo en la region de Laguna Verde, Vera Cruz. Epoca de Lluvias. Inst. Ecol. Publ., 6:75-105.
- LEE K.E. & WOOD T.G.; 1971 ; Physical and chemical effects on soils of some Australian termites, and their pedological significance. *Pedobiologia*, 11 (8): 376-409.
- LEE, K.E.; 1985 ; Earthworms their Ecology and Relation ships with Soils and Landuse. Academic Prees, Sydney, 411 p.
- LEROUX H.; 1980 ; Contribution à l'étude de la matière organique des sols sous forêts claires (savanes) de Côte d'Ivoire en fonction des principaux facteurs de pédogenèse. Université d'Abidjan, Abidjan (CI) 67 p.
- LOGAN J.W.; 1991 ; Damage to Sorghum by termites (Isoptera : Macrotermitinae) in the Lower Shire Valley, Malawi. *Sociobiology*. 1991 ; 19 (2) : 305-307.
- LOGAN J.W.; COWIE R. H; WOOD T.G.; 1990 ; Termite (Isoptera) control in agriculture and forestry by non-chemical methods : a review. *Bulletin of Entomologicaél Research*, 80 (3) : 309-330.
- LOPEZ-HERMANDEZ D ; FARDEAU J.C.; NINO M.; NANNIPIERI P.& P. ChACON ; 1989 ; Phosphorus accumulation in savanna termite mound in Venezuela. *Journal of soil Science*, 40: 635-640.
- LOPEZ-HERMANDEZ D. & FEBRES A.; 1989 ; Cambios Quimicos en Suelos de Sabana de Costa de Marfil Introducidos por Presencia de Termitas. *Acta Biol. Venez.*, 12 (3-4): 64-71.
- LUBET E., PLENET D., JUSTE C., 1992 ; Effet à long terme de la monoculture ur le rendement en grain du maïs (*Zea mays* L) en conditions non irriguées, *Agronomie Elsevier/INRA*, pp. 673-683.

- LUCAS Y.; 1978 ; Méthodologie de la représentation cartographique des sols (région de Mouyondzi, Congo), cah. Orstom, sér. Pédol, vol.XVI, n° 4, 1978 : p.349-367.
- LUCAS Y.; 1978 ; Méthodologie de la représentation cartographique des sols. Un exemple dans le domaine ferrallitique (Région de Mouyondzi, République Populaire du Congo). Cahiers ORSTOM, série Pédologie, Volume XVI, n°4, pp 349-367.
- LUCAS Y.; 1977 ; Méthodologie de la représentation cartographique. Etude pédologique de la région de Mouyondzi (République Populaire du Congo). ORSTOM - Bangui, 213 P.
- MADGE D.S.; 1969.; Field and laboratory studies on the activities of two species of tropical earthworms. *Pedobiologia*, 9: 188-214.
- MAPANGUI A.; 1976 ; Complexe Agro-Industriel de Matsoumba, Orstom-Brazzaville (Congo) : Etude pédologique de la ferme de Ndiba, 28 p.
- MAPANGUI A.; 1976 ; Etude pédologique de la ferme de Ndiba, rap. Orstom-Brazzaville (Congo), p.44.
- MAPANGUI A.; 1992 ; Etude de l'organisation et du comportement de sols ferrallitiques argileux de la vallée du Niari (Congo). Conséquences sur l'évolution physique sous culture de manioc en mécanisé depuis 15 ans. Thèse de doctorat, Université P.et M. Curie, 246 p
- MARETIN D.; 1956 ; Rapport préliminaire sur les sols des savanes de l'est Cameroun. IRCAM, Yaoundé (CMR),10 p;
- MARTIN A.; 1989.; Effet des vers de terre tropicaux géophages sur la dynamique de la matière organique du sol dans les savanes humides. Thèse de l'Université Paris XI ; Université Paris-Sud Centre d'Orsay, 254 p.
- MARTIN A.; 1991 ; Short and long-term effect of the endogeic earthworm *Millsonia anomala* (Omodeo) (Megascolecidae, Oligochaeta) of tropical savannas, on soil organic matter. *Biol. Fertil. Soils*, 11: 234-238.
- MARTIN A.; BAROIS I.; 1989 ; Interaction entre les vers de terre et la microflore du sol pour l'exploitation de la matière organique du sol. *Processus Biologiques et Fertilité du sol dans les savanes humides de Côte d'Ivoire. Utilisation des vers de terre en Agriculture Tropicale. Rapport d'avancement N° 2*, 16-25.
- MARTIN D.; 1973 ; Les horizons supérieurs des sols ferrallitiques sous forêt et sous savane du Centre Cameroun. Cahiers ORSTOM. Série Pédologie (FRA), Vol. 11, N° 2, pp. 155-179.
- MARTIN G.; 1958 ; Essai de bilan de quatre années d'études pédologiques dans la vallée du Niari, 86 p.

- MARTIN G.; 1962 ; Etude d'un essai d'apport de matières organiques à la station IRCT de la N'Kenke (vallée du Niari), 10 p.
- MARTIN G.; 1969 ;. Etude d'un essai d'apport de matières organiques à la station IRCT de la N'kenké (Vallée du Niari). ORSTOM, Institut de Recherches Scientifiques au Congo, Service pédologique - Brazzaville, 10 p.
- Martin G., 1958. Essai de Bilan de quatre années d'études pédologiques dans la vallée du Niari. Haut Commissariat de la République en Afrique Equatoriale Française, Bureau des sols. ORSTOM, Station Agronomique de Loudima, 86 p.
- MBEMBA-MAKIZA A.; 1984 ; Contribution à l'évolution de la matière organique dans différents écosystèmes du Congo. Thèse de Docteur-Ingénieur, Institut National Polytechnique de Lorraine, 182 p.
- MBOUKOU-KIMBATSA I ; TONDOH J ; ROUSEAU L ; 1994 ; Etude de la faune du sol et des effets sur la fertilité en milieu cultivé en Afrique francophone. Rapport d'activité, Université Paris VI/ORSTOM, 53 p.
- MENAUT J.C.; CESAR J.; 1979 ; Structure and primary productivity of Lamto savannas (Ivory Coast). *Ecologie*, 60 : 1197-1210.
- Ministère de l'Environnement / ORSTOM / Programme S.O.F.T.; 28 - 29 Septembre 1993 ; Sols et Forêts Tropicaux. Bases scientifiques pour l'aménagement et la conservation de la forêt tropicale, Premier Colloque. Centre ORSTOM de Bondy, 31 p.
- MITJA D.; 1990 ; Influence de la culture itinérante sur la végétation d'une savane humide de Côte d'Ivoire (Booro-Borotou - Touba). Université de Paris 6, Paris (FRA), 371 p.
- MONG-GINE T. ; 1979 ; Mise en culture et interactions eau-sol- plante : étude de trois sites en région ferrallitique de savane (Touba, Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire) : Pédologie expérimentale ORSTOM, Adiopodoumé (CIV), 5-117 p.
- MONTADERT M.; 1985 ; D.E.A. d'écologie, Rapport de stage. Faculté d'Orsay, 41 p.
- MORA P.; 1992 ; Dégats des termites champignonnistes (*macrotermitinae*) *Pseudacanthotermes spinger* et *micotermes subhyalinus* dans les plantations de canne à sucre. Mise au point d'une lutte spécifique. Thèse, Université Paris XII Val de Marne. 176 p.
- MULLER J.P.; Les horizons supérieurs des sols ferrallitiques jaunes du Woleu Ntem (Nod-Gabon) Cahiers ORSTOM, série pédologique, volume XIX n° 2, 1982, pp.127-129.
- NKOUKA B.; 1978 ; Programme de formation du projet de recensement agricole et de la mise en place d'un système permanent de collectes des statistiques agricoles courantes. Projet PRC/78/004 ; Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage.

- NOORALLAH G. J., 1992 ; Interrelationships between soil structure/texture, soil biota/soil organic matter and crop production, Geoderma Elsevier Science Publishers, pp.3-30.
- NOORALLAH G. J.; 1993 ; Interrelationships between soil structure/texture, soil biota/soil organic matter and crop production, pp3 -30.
- NZILA J. de D.; 1992 ; Etude des transformations structurales et physico-chimiques d'un sol ferrallitique acide de la vallée du Niari (Congo) soumis à la pratique de l'écobuage, thèse 190 p.
- OLIVRY J.-C.; 1968 ; Bassin versant de la Miele (Sangha) : généralités et quelques résultats provisoires sur le ruissellement du grand bassin (43,6 km²). ORSTOM, Brazzaville (COG), 1968, 40 p.
- ORSTOM ; 1965 ; L'évolution du profil au cours de la rotation quadriennale : Engrais vert-Arachide-mil-arachide préconisée par le C.R.A de Bombay. Les modifications du profil cultural sous l'influence comparée de divers modes de préparation du sol. Rapport SCD.2, 43 p.
- ORSTOM ; 1977 ; Qinzze ans de travaux et de recherches dans les Pays du Niari, 1949-1964. La végétation des savanes dans les pays du Niari. Extrait de l'ouvrage de M.J. Koechlin "La végétation des savanes dans le sud de la République du Congo-Brazzaville" 1961, 108 p.
- PETIT M.; 1990 ; Géographie physique tropicale : approche aux études du milieu (morphogénèse, paysages). Karthala ; ACCT, Paris (FRA), 352 p.
- PIERI C.;1989 ; Fertilité des terres de savane ; Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Ministère de la Coopération et CIRAD-IRAT, 444 p.
- PONTIE G.; MAGUERAT Y.; HALLAIRE Y.; FRECHOU H.; 1984 ; Le Nord du Cameroun. Des hommes, une région. ORSTOM-Paris, 551 p.
- PULFORD I.D.; TABATABAI M.A.; 1988 ; Effect of waterlogging on enzyme activities in soils, p 215-219.
- RAMADE F.; 1989 ; Eléments d'écologie : écologie appliquée Mc Graw-Hill, Paris (FRA), 578 p.
- RAMAKRISHMAN P.S.; SAXENA K.G.; SWIFT M.J.; SEWARD P.D.; 1993 ; Tropical soil biology and fertility research : south asian context, 146 p.
- RAMAKRISHNAN P.S., 1991 ; Ecology of biological invasion in the tropics, 195 p.
- Rapport ; Novembre 1965 ; Etude de l'Evolution du profil cultural sous une rotation quadriennale et de l'influence du travail du sol les cultures, 43 p.

- RIOU G.; 1974 ; Les sols de la savane de Lamto. In : Analyse d'un écosystème tropical humide : La savane de Lamto (Côte d'Ivoire), les facteurs physiques du milieu, Bull. Liaison des rech. Lamto, ENS; 1 : 3-44.
- SAIDANI S.; 1995 ; L'évaluation de l'impact des termites du genre *cubitermes* sur la conservation du stock organique de parcelles cultivées de la vallée du Niari (République du Congo) ; mem. DESS, 63 p.
- SALA G.-H.; 1978 ; Le Martret, Hervé - Etude pédologique des savanes de Matadi (Moyen-Ogoué) : Rapport définitif CENAREST-IRAF, Libreville (GAB), 1978, 87 p.
- SAM W. J.; 1996 ; Earthworms, CAB INTERNATIONAL. Methods for the Examination of Organismal Diversity in Soils and Sediments p.250-262.
- SARKAR J. M.; LEONOWICZ A.; BOLLAG J.M.; 1989 ; Immobilization of enzymes on clays and soils, p.223 -230.
- SCHAEFER R., 1965 ; Aspects du cycle de l'azote dans un mull et un anmoor calciques. Minéralisation de l'azote organique et immobilisation de l'azote minéral ; influence sur ces processus, d'une addition de carbone organique, d'azote organique ou minéral, d'ins Ca^{++} ou K^{+} , Ann. Inst. Pasteur, pp. 301-315.
- SCHAEFER R., 1966 ; Associations végétales et peuplement microbien de l'humus, Conditions écologiques de l'humidification dans une association de tourbière mésotrophique (*Caricetum gracilis*). Ann. Inst. Pasteur, pp. 169-177.
- SCHAEFER R., 1968 ; L'absorption des acides aminés par les racines des végétaux, L'Année biologique, pp. 147-187.
- SCHAEFER R.; 1964 ; Influence d'une fumure au compost végétal sur certaines caractéristiques physico-chimiques et biologiques d'un sol, C.R. Acad. Agric., pp. 68-77.
- SCHAEFER R., 1970 ; Observations sur l'activité microbienne dans des mélanges d'humus : interaction des micropopulations de deux types humiques dans une chaîne d'évolution par assèchement de sols hydromorphes, C.R. 92. Congr. Nat. Soc. Sav., pp. 331-352.
- SCHAEFER R., 1972 ; La lutte microbiologique contre les populations de concurrents (phytophages), nuisances (phytopathogènes) ou vecteurs de maladies. Cours de Microbiologie et Biochimie des Milieux Naturels, Institut Pasteur, p. 35.
- SCHAEFER R., 1972, Humidification and mineralisation of plant remains as steps of ecosystem regulation in Nadi Soils of Southern Chile. Proceed. Symp. Soil Microbiol, Symp. Biol. Hungar, pp. 109-115.

- SCHAEFER R., 1973 ; Associations végétales et peuplement microbien de l'humus. Activité microbienne dans des groupements d'hydrophytes hélophiles de la plaine d'Alsace, C.R., 98 Congr. Nat. Soc. Sav., pp. 231-248.
- SCHAEFER R., 1974 ; Analyse d'un écosystème tropical humide : la savane de Lamto (Côte d'Ivoire) - PBI/RCP n° 60, CNRS.
- SCHAEFER R., 1974 ; Effet d'un apport de compost végétal humifié de l'incorporation de matériel végétal sur la productivité d'un sol de la zone centrale du Chili (climat méditerranéen). Collab. Internat. Biodégradation et Humification, (en collab. A. URBINA) pp. 314-324.
- SCHAEFER R., 1974 ; Etude écologique de la dégradation et de l'humidification de feuilles de hêtre (*Fagus silvatica*). Effet des conditions de l'incubation (oxybiose et anoxybiose) sur le bilan chimique. Coll. Internat. Biodégradation et Humification, (en collab. M.T. VARNERO) pp. 340-351.
- SCHAEFER R., 1975 ; La matière organique, sa dynamique liée aux facteurs de l'environnement, son rôle de régulation dans les écosystèmes. Cas particulier des sols calcimorphes et des sols halomorphes sous climat de type méditerranéen. Séminaire sur la connaissance des sols du Maghreb, Inst. Nat. Agronomique E Harrach-Alger, p. 23.
- SCHAEFER R., 1977 ; Research into seasonal change of organic C and N mineralization capacity in soils of non-temperate climates. In : Soil Biology and Conservation of the Biosphere, Academy of Sciences Hungary, Proceed. VII Intern. Meeting, Kezthely, pp. 129-137.
- SCHAEFER R., 1978 ; Seasonal course of plant biomass and mineral cycling in relation to soil respiration and energy flux in a tropical savana (Lamto, Ivory Coast). (en collab. J. CESAR). Internat. Congr. of Ecology, Jerusalem, Abstracts, vol.), p. 331.
- SCHAEFER R., 1978 ; Observations sur l'interdépendance, dans sa variabilité saisonnière, entre l'économie des ressources énergétiques et les activités microbiennes dans une chaîne topographique de sols. (en collab. G.H. RASHID). C.R., 103ème Congr. Nat. Soc. Sav., pp. 243-256.
- SCHAEFER R., 1979 ; The geophagous earthworms community in the Lamto savanna (Ivory Coast) : niche partitioning and utilization of soil nutritive resources. (en collab. P. LAVELLE et B. SOW). Proc. VII. Internat. Soil Zool. Col., ISSS-Syracuse, N.Y. in : Soil Biology as related to Land use practices. D. DINDAL (Ed). EPA, Washington D.C., pp.653-672.

- SCHAEFER R., 1980 ; Echange respiratoire de divers sols : sa dépendance du régime hydrique (en collab. B. LEGAY). C.R., 105ème Congr. Nat. Soc. Sav., Caen, Sect. Sciences, pp. 169-185.
- SCHAEFER R., 1980 ; La biodégradation des litières de diverses espèces forestières. (en collab. Claudine BIGNAND). C.R., 105ème Congr. Nat. Soc. Sav., Caen, Sect. Sciences, pp. 157-168.
- SPICHIGER R.; 1977 ; Contribution à l'étude du contact entre flore sèche et humide sur les lisières des formations humides et semi-décidues du V Baoulé et de son extension Nord-Ouest (Côte d'Ivoire centrale) - Bull. Liaison Chercheurs Lamto, Pub. Labo. Zool. ENS., 47 : 380-384.
- THIAIS J.L.; 1959. Quelques mises au point sur le dosage de l'azote minéral dans le sol. ORSTOM, Institut d'Etudes Centrafricaines, Service pédologique - Brazzaville, 11 p.
- THOMANN C.; 1971 ; Contribution à l'étude de l'évolution de la matière organique des sols tropicaux. Centre ORSTOM de Dakar, 14 p.
- TONDOH E. J.; 1994 ; Rôle de la Macrofaune, de vers de terre et termites dans la dynamique de la MO du sol dans les EcoEuras trop. Mémoire de DESS. Univ. Paris XII Val de Marne.
- TOUSIGNANT S.; CODERRDE D.; POOVICH S.; 1988 ; Effet du labour-hersage sur la mésofaune du sol en plantation de feuillus, p. 283-292.
- TRAUTE-HEIDI A., DOMSCH K. H., 1984 ; Maintenance carbon requirements of actively-metabolizing microbial populations under in situ conditions, Soil Biol. Biochem. Vol. 17, n° 2, pp. 197-203.
- TRAUTE-HEIDI A.; DOMSCH K. H.; 1985 ; Maintenance carbon requirements of acively-metabolizing microbial populations under in situ conditions, p. 197 -203.
- TSAKALA R., 1992 ; Evolution spatio-temporelle de la minéralisation du carbone et de l'azote dans les sols de deux parcelles à "Lamto" (Côte d'Ivoire) - validation de méthodes, (mémoire DESS), 58 p.
- TSUTOMU HATTORI, 1987 ; Soil Aggregates as Microhabitats of Microorganisms, The 525th report of the Institute for Agricultural Research, Tohoku University, pp.23-36.
- TURENNE J. F.; THIAIS J.-L. (collab.) ; LAPLANCHE G. (collab.) ; 1972 ; Dynamique de la matière organique sous végétation de savane, en Guyane Française. Caribbean Food Crops Society 10th Annual Meeting. ORSTOM-Cayenne (GF), 9 p.
- VILCOSQUI L.; 1993 ; Etude de l'effet à court terme de 3 espèce de vers de terre tropicaux sur le sol. Conséquences sur la production du maïs et de l'arachide. Mémoire de

- D.E.A. Institut Agronomique Paris-Grignon ; Université Paris VI ; Université Paris XI Orsay, 36 p.
- VISSER S.; 1985 ; Role of the soil invertebrates in determining the composition of soil microbiol communities (Photocop) dans Ecological Interactions in Soil. (plant, microbes and animals) Blackmell Scientific Publication.
- VISSER S.A.; 1984 ; Effect of humic acids o nombres and activities of micro-organisms within physiological groups, p. 81-85.
- VUATTOUX R ; 1973 ; Observation sur l'évolution des strates arborées et arbustives dans la savane de Lamto (Côte d'Ivoire). Ann. Univ. Abidjan. Série E, 3 (1) : 285-315.
- WANEUKEM V., 1991 ; Test de diagnostic de la fertilité azotée d'un sol tropical. Essai de validation in situ d'un indicateur chimique du sol, p. 39.
- WANEUKEM V.; 1991 ; Test de diagnostic de la fertilité azotée d'un sol tropical. Essai de validation in situ d'un indicateur chimique du sol. Diplôme d'Etudes Approfondies "Traitements des matières premières végétales" (Option production). Institut National Polytechnique de Toulouse, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie. IRAT/CIRAD-Montpellier, 39 p.
- WANEUKEM V.; GANRY F.; 1992 ; Relations entre les formes d'azote organique du sol et l'azote absorbé par la plante dans un sol ferrallitique du Sénégal ; cah. Orstom, sér. pédol., vol. XXVII, n° 1, p. 97-107.
- WAREMBOURG F.R ; 1975 ; Le dégagement de CO₂ dans la rhizosphère des plantes. Soc Bot. Fr., Coll. Rhizosphère, 122 : 77-87.
- WARING S.A.; BREMNER J.M.; 1964 ; Ammonium production in soil under waterlogged condition as an availability. Nature, (vol. 201) 4922 : 951 - 952.
- ZAÏDI Z.; LAVELLE P.; SCHAEFER R.; 1983 ; Vers la modélisation d'un système d'interaction : vers de terre - matière organique - microflore dans une savane tropicale humide (Lamto, Côte d'Ivoire). Séminaire de biologie des sols. 7-9 juin 1983. Univ. de Constantine ONRS/CURER ; Algérie, 1 : pp 123-141.

ANNEXES

ESPECES DE VERS DE TERRE	I	II	III	IV	V	VI	VII
<i>Eminoscolex scidlae</i> , Zicsi et Csuzdi (1986) - épigé	x						
<i>Dichogaster (Diplotheochilus)</i> , lavellei Czusdi (1992) - épigé	x						
<i>Dichogaster (Diplotheochilus)</i> sp. nov. juv.	x						
<i>Dichogaster (Diplotheochilus) modiglianii</i> , Rosa (1896) - épigés	x		x	x	x	x	x
<i>Nematogenia panamensis</i>	x						x
<i>Eminoscolex</i> sp. juv.	x						x
<i>Dichogaster (Diplotheochilus)</i> sp. juv. - épigé	x		x				
<i>Dichogaster (Diplotheochilus) bolau</i> , Michaelsen (1891) - épigé		x	x	x		x	x
<i>Dichogaster (Diplotheochilus) affinis</i> , Michaelsen (1890) - épigé					x		x
<i>Dichogaster (Diplotheochilus) saliens</i> , Bddard (1892) - épigé			x	x		x	x
<i>Pontoscolex corethrurus</i> , Fr. M. II. (1857) - endo polyhumique				x			
<i>Eminoscolex lamani</i> , Michaelsen (1921) - épigé							x
<i>Eminoscolex kisanuanus</i> , Michaelsen (1935) - épigé						x	x
<i>Eudrilus eugeniae</i> , Kinberg (1867) -épigé						x	
<i>Hyperiodrilus africanus</i> , Beddard (1891) -épiendogé						x	
<i>Buettneriodrilus sulcatus</i> , Zicsi et Csuzdi (1986)							x

Tableau : Liste des espèces de Vers de terre identifiés dans 7 sites différents du Sud-Congo (I- (forêt primaire- Mayombe) ; II- (Brûlis amélioré-IBSRAM) ; III- (Plantation de canne à sucre, Saris) ; IV- (Jachère 7 ans, Mantsouba) ; V- (Jachère 1 an, OCV) ; VI- (maraîchage, potager) ; VII- (Ecobuage, maalas)).

SITES	I	II	III	IV	V	VI	VII
ESPECES DE TERMITES	XXXX XX	XXXX XX	XXXX XX	XXXX XX	XXXX XX	XXXX XX	XXXX
<i>Trinervitermes rhodesiensis</i> (xylophage)		X					
<i>Adaiphrotermes</i> (humivore)		X	X				
<i>Amitermes</i> (humivores)				X			
<i>Pseudacanthotermes spiniger</i> (champignonniste)			X				X
<i>Pseudacanthotermes militaris</i> (champignonniste)			X				
<i>Acanthotermes acanthothorax</i> (champignonniste)	X						
<i>Cubitermes speciosus</i> (humivore)	X						
<i>Macrotermes renouxi</i> (champignonniste)	X						
<i>Nasutitermes spp.</i>							X
<i>Basidentitermes</i>							X
<i>Apicothermes</i>							X
<i>Microcerotermes</i>							X
<i>Odontotermes sp.</i> (champignonniste)	X						

Tableau : Liste des espèces de termites identifiés dans 7 sites différents du Sud-Congo (I- (forêt primaire- Mayombe) ; II- (Brûlis amélioré-IBSRAM) ; III- (Plantation de canne à sucre, Saris) ; IV- (Jachère 7 ans, Mantsouba) ; V- (Jachère 1 an, OCV) ; VI- (maraîchage, potager) ; VII- (Ecobuage, maalas)).

ESPECES DE COLEOPTERES ET LARVES	I	II	III	IV	V	VI	VII
<i>Scarabaeidae</i>				L			
- <i>Rutelinae</i>	L				L	L	L
- <i>Sericinae</i>			I		L		L I
- <i>Scarabaeinae</i>							
- <i>Geotrupinae</i>			I				
<i>Carabidae</i>						L, I	I
<i>Rutelidae</i>						L.	
<i>Tenebrionidae Gonocephalum opatrinae</i>	L.	L, I, N	I				I, L.
<i>Elateridae</i>	L.	L.	I.				L.
<i>Lagriidae</i>							I
<i>Nitiulidae</i>				I.	I.		
<i>Rutelidae</i>	L.				L.		L.
<i>Aleculidae</i>	L.				L.		L.
<i>Chrysomelidae galirucinae</i>							I
<i>Curculionidae</i>							L.

Tableau : Liste des familles de coléoptères identifiés dans 7 sites différents du Sud-Congo (I- (forêt primaire- Mayombe) ; II- (Brûlis amélioré-IBSRAM) ; III- (Plantation de canne à sucre, Saris) ; IV- (Jachère 7 ans, Mantsouba) ; V- (Jachère 1 an, OCV) ; VI- (maraîchage, potager) ; VII- (Ecobuage, maalas)). I = imago, L = larves, N = nymphe.

MYRIAPODES	I	II	III	IV	V	VI	VII
<i>Polydesmidae</i>	x						
<i>Iuliformes odontopygidae</i>							x
<i>Iuliformes spirostreptidae</i>	x						x
<i>Scolopendres</i>		x	x	x	x	x	x
<i>Lithobies</i>					x		
<i>Géophiles</i>	x		x	x			x

Tableau : Liste des espèces de myriapodes identifiés dans 7 sites différentes du Sud-Congo (I- (forêt primaire- Mayombe) ; II- (Brûlis amélioré semi intensive-IBSRAM) ; III- (Plantation de canne à sucre intensive, Saris) ; IV- (Jachère 7 ans, Mantsouba) ; V- (Jachère 1 an, OCV) ; VI- (maraîchage, potager) ; VII- (Ecobuage, maalas)).

*La détermination n'a pas été effectuée sur tous les sites, soit par manque d'individus adultes, soit par la date de la récolte des échantillons.

SITES	Sol	Végétation	Vers Ép.	Vers An.	Vers En.	Term h.	Term A.	Coléo.	L. coléo	L. dipt	Diplo	Chilo	Four	Arac	Blattes	L. lépido	Escar	Ortho	Autres	TOTAL
Mayombe	argile	forêt primaire	5,16	1,24	2,67	2,27	8,49	0,02	1,07	0,06	0,71	1,37	0,03	0	0	0	0,04	0	0,08	23,22
Forêt Pointe-Noire	sable	forêt secondaire	20,22	1,04	0,73	1,51	2,02	3,65	0,01	0,21	1,46	0,26	0,13	0,18	0,03	0,13	0,02	0,05	0,28	31,94
Pins Pointe-Noire	sable	forêt de pins	0	0	1,78	0,06	0,72	0	0,77	0	2,81	0,05	0,04	0,01	0	0	0	0	0,1	6,32
Pins Loudima	argile	forêt de pins	0	0,21	9,39	0,02	3,21	0,03	2,83	0	0,15	0,04	0,11	0,15	0,01	0	0,01	0	1,51	17,68
Eucalyptus 20ans Pointe-Noire	sable	forêt eucalyptus	0	0	10,47	0,22	14,82	0,01	3,57	0,04	0	0	0,16	0,01	0,05	0	0	0	0,02	29
Eucalyptus 6ans Pointe-Noire	sable	forêt eucalyptus	0	0	4,66	0,05	0,01	0,02	0,1	0	13	0	0,05	0,04	0,1	0	0	0	0,2	18
Eucalyptus traités Pointe-Noire	sable	forêt eucalyptus	0	0	0	0,41	2,02	0	3,95	0,1	0,01	0	0,11	0,1	1,03	0,1	0	0	0,1	7,84
Eucalyptus Loudima	argile	forêt eucalyptus	0,02	0	74,44	0,13	0	0	0	1,19	0,33	0,01	0,1	0,1	0,03	0	0	0	0,02	76,29
Acacia auriculiformis Pointe-Noire	sable	forêt acacia	6,93	0	34,01	8,2	2,51	1,03	4,96	0,05	0,28	0	1,01	0,57	1,47	0	0	0	0,44	61,5
Acacia mangium Pointe-Noire	sable	forêt acacia	0,29	0	3,3	7,57	0	0,78	0,84	0,25	2,17	0,35	0,11	0,46	0,44	0	0,44	0,65	0,17	17,4
Acacia auriculiformis Loudima	argile	forêt acacia	2,62	0	0,66	8,15	8,59	0,1	1,05	0,04	0,02	0,1	0,2	0,1	0,1	0,36	0,1	0,1	0,1	22,13
Savane Pointe-Noire	sable	Loudita	0	0	0	0,28	0,27	0,03	0,01	2,55	0	0	0	0,12	0,04	0	0	0,03	0,03	3,34
Savane Loudima	argile	Hyparrhenia	1,3	0	0,11	0,43	0,72	0,01	1,08	0,1	0	0,01	0,84	0,1	0	0	0	0,02	0,66	5,28
Savane Mou-yondzi	argile	Hyparrhenia	1,88	0	1,22	2,14	1,02	0,28	1,14	0,3	0	0,02	0,01	0	0	0	0	0	0,01	8,09
Canne à sucre (Satis)	argile	canne à sucre	0,51	0	0,1	0,1	0,21	0,1	0,01	0	0	0,03	0,14	0	0	0	0	0	0,05	1,18
Brûlis amélioré	argile	arachide-maïs	0	0	0,24	2,95	0,48	0,082	0,04	0,01	0	0	0,15	0	0	0	0	0	0,01	3,97
Marai-chage	argile	légumineuses	7,67	0	30,06	0	0	4,65	5,1	0,23	0,03	0,05	0,21	0	0,29	0	0	0	0,04	48,33
Brûlis	argile	arachide-maïs	0,13	0	0,48	1,6	0	0,25	0,42	0,13	0,1	0,1	1,01	0,28	0,01	0,16	0,01	11,7	0,49	16,85
Écobuage 1ère(Maala)	argile	maïs-légum.	22,21	6,34	19,24	0,95	1,21	5,06	3,55	0,3	8,07	0,1	0,58	0	0,02	0	0	6,29	0,14	74,03
Écobuage 2ème(Maala)	argile	arach.-manioc	8,4	0	3,76	0,53	0	2,4	2,76	0	1,36	2,13	1,7	0,03	0,01	0	0	0,34	0,36	23,81
Écobuage 3ème(Maala)	argile	manioc	1,66	0	1,28	1,33	0	0,77	0,3	0	0,1	0,11	0,05	0,16	0,02	0,24	0	13,2	0,15	19,36
Jachère 1an naturelle	argile	Imperata	0	0	0,71	0,01	0	5,24	3,16	0,11	0	0,11	0,57	0,1	0	0	0	3,5	0,02	13,5
Jachère 2 ans naturelle	argile	Hyparrhenia	0,1	0	0	0,56	0,11	0,01	0,01	0	0	0,01	0,24	0	0	0	0	0	0,01	1,02
Jachère 7 ans naturelle	argile	Hyparrhenia	0,13	0	1,76	0,19	0,19	0,37	1,04	0	0,01	0	0,01	0,12	0,11	0,04	0	0	0,05	3,78

B/ Caractéristiques et biomasses moyennes.

SITES	Sol	Végétation	Vers Ép.	Vers An.	Vers En.	Term h.	Term A.	Coléo.	L. coléo	L. dipt	Diplo	Chilo	Four	Arac	Blattes	L. lépido	Escar	Ortho	Autres	TOTAL
Mayombe	argile	forêt primaire	34	13	122	981	1128	2	22	14	18	18	67	0	0	0	2	0	109	2528
Forêt P/N	sable	forêt secondaire	10	0	96	2770	675	19	40	18	112	170	86	61	14	10	3	6	66	3986
Pins P/N	sable	forêt de pins	0	0	6	1093	528	2	8	2	5	11	51	16	0	0	0	0	6	1728
Pins Lou	argile	forêt de pins	0	3	66	45	531	8	6	3	6	29	155	10	5	2	2	0	10	881
Eucalyptus 20ans P/N	sable	forêt eucalyptus	0	0	58	366	14034	5	27	2	0	2	125	16	13	0	0	0	3	14646
Eucalyptus 6ans P/N	sable	forêt eucalyptus	0	0	14	67	10	2	2	0	3	0	83	11	8	0	0	0	13	213
Eucalyptus traités P/N	sable	forêt eucalyptus	0	0	0	118	1133	3	6	6	0	5	178	11	14	5	0	2	29	1510
Eucalyptus Lou	argile	forêt eucalyptus	2	0	291	45	2	2	0	6	26	6	58	2	21	0	2	0	13	474
Acacia auriculiformis P/N	sable	forêt acacia	18	0	117	8802	430	37	18	6	42	83	1370	139	54	0	0	0	21	11136
Acacia mangium P/N	sable	forêt acacia	16	0	10	6511	0	8	19	183	79	0	566	21	11	0	21	5	22	7471
Acacia auriculiformis Lou	argile	forêt acacia	18	0	22	1227	331	13	30	43	3	165	243	118	18	3	10	2	13	2259
Savane P/N	sable	<i>Loudéïa</i>	0	0	11	354	56	2	51	2	0	0	69	10	0	0	0	6	8	568
Savane Lou	argile	<i>Hyparhenia</i>	5	0	2	507	176	5	14	11	0	2	435	13	0	0	0	3	32	1205
Savane Mou	argile	<i>Hyparhenia</i>	18	0	61	1707	318	8	24	27	6	40	24	0	0	0	0	0	18	2251
Canne à sucre (Saris)	argile	canne à sucre	19	0	8	34	83	11	3	0	0	13	165	3	0	0	2	0	75	416
Brûlis amélioré	argile	arachide-mais	0	0	3	909	203	8	2	6	0	5	50	0	0	0	0	0	14	1200
Maraîchage	argile	légumeuses	53	0	296	0	0	21	64	24	3	45	80	0	6	0	0	0	38	630
Brûlis	argile	arachide-mais	0	0	13	282	0	5	16	29	8	5	3	88	5	3	2	5	67	530
Écobuage 1ère (Maala)	argile	maïs-légumeuses	74	26	451	218	358	61	24	42	40	21	48	3	8	0	0	24	96	1493
Écobuage 2ème (Maala)	argile	arachide-manioc	14	0	67	37	234	5	8	13	8	18	67	5	0	0	0	0	22	498
Écobuage 3ème (Maala)	argile	manioc	16	0	138	0	400	13	3	6	54	85	149	6	5	0	0	11	72	958
Jachère 1an naturelle	argile	<i>Imperata</i>	0	0	14	19	0	21	6	16	0	6	80	8	0	0	0	18	37	225
Jachère 2 ans naturelle	argile	<i>Hyparhenia</i>	3	0	0	171	74	11	2	0	0	10	144	0	0	0	0	0	30	445
jachère 7 ans naturelle	argile	<i>Hyparhenia</i>	3	0	27	101	1016	8	0	14	0	5	29	11	2	0	0	0	18	1234

Tableau C1 : PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES ET COMPOSITION DE LA MACROFAUNE DANS LES 36 STES ÉTUDIÉS. A/ Caractéristiques et densités moyennes. B/ Caractéristiques et biomasses moyennes. (P/N = Pointe-Noire ; Lou = Loudima ; Mou = Mouyondzi) ; (Vers Ép = Ver épigés, Vers An = vers anéciques, Vers En = vers endogés, Term h = termites humivores, Term A = termites autres, Coléo = coléoptères, L.coléo = larves de coléoptères, L.dipt = larves de diptères, Diplo = diplopodes, Chilo = Chilopodes, Four = fourmis, Arac = arachnides, L. lépido = larves de lépidoptères, Ortho = orthoptères, Escar = escargots)