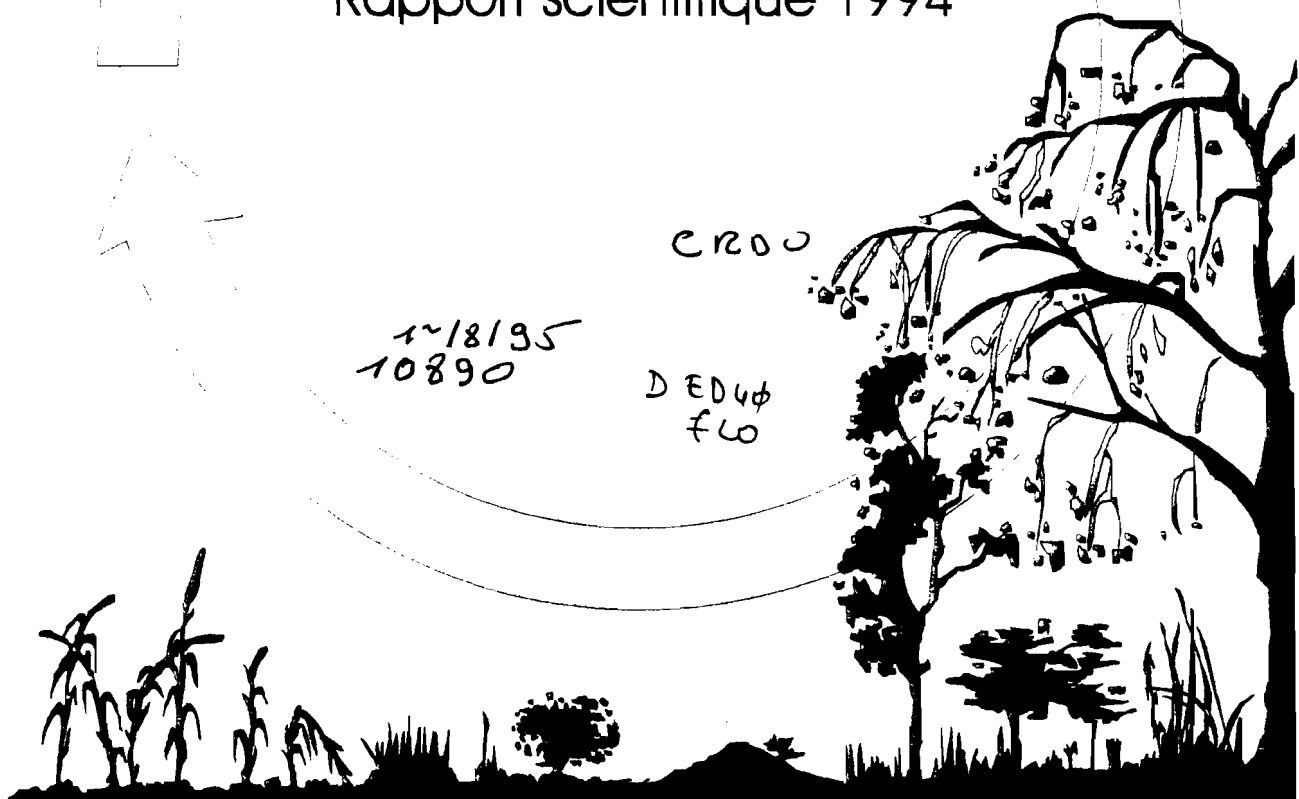


Commission des Communautés Européennes

Contrat TS3-CT93-0220 (DG1 2HSMU)

Raccourcissement du Temps de Jachère, Biodiversité et Développement Durable en Afrique Centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali).

Rapport scientifique 1994



Equipes participantes :

ORSTOM (France) - Contractant principal

CNRS (France)

IRA (Cameroun)

IER (Mali)

ISRA (Sénégal)

IRB (Grande Bretagne)

Principaux participants

Bodian Alphousseiny. DRPF, ISRA. Sénégal
Braudeau Erik. ORSTOM. Sénégal
Cadet Patrice. ORSTOM. Sénégal
Chancel Régis. IRA. Cameroun
Chaudron Jacques. ORSTOM. Sénégal
Dembele Fadiala. IER. Mali
Derouard Laurent. ORSTOM. France
Diatta Malaïny. DRPF, ISRA. Sénégal
Donfack Paul. IRA. Cameroun
Dreyfus Bernard. ORSTOM, Sénégal
Fanchette Sylvie. ORSTOM. Sénégal
Faye El Hadj. DRPAF, ISRA. Sénégal
Floret Christian. ORSTOM/CNRS. Sénégal (coordonnateur ORSTOM)
Galan Marie-Jo. CNRS, France
GrandJanny Michel. CNRS, France
Gueye Mamoudou. MIRCEN/DRPF, ISRA. Sénégal
Kaïre Maguette. DRPF, ISRA. Sénégal
Lavelle Patrice. ORSTOM. France
Le Floc'h Edouard. CEFEC/CNRS. France (coordonnateur CNRS)
Logan J. NRI, Grande Bretagne
Maïga Ousmane. IER. Mali
Manlay Raphaël. ORSTOM. Sénégal
Martiny Bernard. ORSTOM. Sénégal
Masse Dominique. ORSTOM. Sénégal
N'diaye Samba Baïdy. ORSTOM. Sénégal
Ndaka Bonguen Samuel IRA. Cameroun
Neyra Marc. ORSTOM. Sénégal
Niang Abdoulaye. IST/UCAD, Sénégal
Obale Francis IRA. Cameroun
Onguene Mala IRA. Cameroun
Pontanier Roger ORSTOM, Tunis
Russel Smith Anthony. NRI, Grande Bretagne (Coordonnateur NRI)
Sarr Makhphouss. UCAD, Sénégal
Sall Pape Ndiegu. DRPF, ISRA, Sénégal (coordonnateur Sénégal)
Seignobos Christian. ORSTOM. Cameroun
Seiny Boukar Lamine. IRA. Cameroun (coordonnateur Cameroun)
Wood I.G. NRI, Grande Bretagne
Yiebi Manjeck Olivier. Cameroun
Yossi Harouna. IER. Mali (coordonnateur Mali)

1. Tables des matières

1. TABLES DES MATIERES	3
2. INTRODUCTION	5
3. PLACE DE LA JACHERE DANS LES SYSTEMES AGRAIRES	7
3.1. Jachères du Nord Cameroun	7
3.1.1. Traitement d'une image SPOT	7
3.1.2. Les levers de terroir (Christian Seignobos et Olivier Iyebi Manjeck)	7
3.2. Jachères du Sénégal	7
3.2.1. Le rôle de la jachère dans les systèmes de culture de la région de Kolda (Sylvie Fanchette)	7
3.2.2. Enquêtes sur les modes d'utilisation des ligneux des jachères et sur la perception de la jachère par les paysans en moyenne Casamance (Kolda) (Maguette Kaire)	9
3.2.3. Evolution de l'occupation des sols dans la communauté rurale de Thyse Kaymor (Sonkorong) de 1972 à 1987 (Alphousseyni Bodian)	11
3.2.3.1. Principe de l'interprétation des images satellitaires Landsat MSS.	11
3.2.3.2. Les cartes d'occupation des sols, interprétées à l'aide des imageries Landsat (MSS).	13
3.2.3.3. Evolution des surfaces des différentes unités cartographiées	13
3.3. Jachères du Mali (Ousmane Maïga)	15
4. CARACTERISATION ENVIRONNEMENTALE DES JACHERES ET INVENTAIRE DE LA BIODIVERSITE	17
4.1. Travaux réalisés au Sénégal	17
4.1.1. Influence du temps de jachères sur des caractéristiques physico-chimiques et la matière organique du sol (Raphaël Manlay, Dominique Masse)	17
4.1.1.1. Conditions régionales	17
4.1.1.2. Choix des parcelles	17
4.1.1.3. Echantillonnage	17
4.1.1.4. Relation entre les différentes variables physico-chimiques	18
4.1.1.5. Evolution du carbone total et de l'azote total en fonction de l'âge de jachère	20
4.1.1.6. Conclusions	22
4.1.2. Influence du temps de jachère sur la végétation	22
4.1.2.1. Caractérisation de la strate ligneuse (Maguette Kaire)	22
4.1.2.2. Composition, structure de la végétation et temps de jachère (Alphousseiny Bodian)	27
4.1.2.3. Temps de jachère et biomasse racinaire (Raphaël Manlay)	38
4.1.3. Diversité de la faune du sol	40
4.1.3.1. Diversité des nématodes (Patrice Cadet, Samba Baïdy Ndiaye)	40
4.1.3.2. Variation de la macrofaune du sol au cours des différentes étapes de la jachère dans des systèmes agricoles au Sénégal (Laurent Derouard, Patrice Lavelle)	47
4.1.3.3. Termite studies (Makhphouss Sarr, Anthony Russel-Smith, Constance Agbo Ba)	60
4.1.3.4. Diversité des Rhizobiums (Laboratoire de microbiologie, Orstom Dakar)	64
4.1.4. Modification de la structure des sols (Erik Braudeau)	68
4.1.4.1. Objectifs de l'étude	68
4.1.4.2. Matériel et méthode	68
4.1.4.3. Résultats	69
4.1.4.4. Conclusion, perspectives	71
4.2. Observations réalisées au Cameroun	73
4.2.1. Typologie de la végétation des jachère (Paul Donfack)	73
4.2.1.1. Introduction	73
4.2.1.2. Comparaison sommaire des trois zones étudiées..	73

4.2.1.3. Approche méthodologique	74
4.2.2. Etude de la jachère en mode synchrone	76
4.2.2.1. Choix des parcelles et méthodes	76
4.2.2.2. Indicateurs édaphiques et biologiques mesurées	81
4.2.2.3. Biomasse aérienne et racinaire . Résultats (Paul Donfack)	86
4.2.2.4. Propriétés physico-chimiques et pédo-hydriques des sols (Mala Onguene, Samuël NDaka, Régis Chancel)	93
5. ETUDE EXPERIMENTALE SUR L'IMPORTANCE DE DIVERS GROUPES FONCTIONNELS SUR LE FONCTIONNEMENT DE L'ECOSYSTEME JACHERE	105
5.1. Etude expérimentale au Sénégal (Dominique Masse, Christian Floret, Malainy Diatta)	105
5.1.1. Description de l'expérimentation	105
5.1.2. Caractérisations initiales (« point zéro ») et observations réalisées en année 1994	107
5.1.2.1. Description pédologique (Abdoulaye Niang, Erik Braudeau)	107
5.1.2.2. Caractérisation physico-chimique (Dominique Masse)	111
5.1.2.3. Composition, structure, biomasse aérienne et racinaire de la végétation (Alphousseiny Bodian, El hadj Faye, Christian Floret, Maguette Kaïre, Dominique Masse)	112
5.1.2.4. Caractérisation nématologique (Patrice Cadet)	112
5.1.2.5. Caractérisation de la macrofaune invertébrée du sol (Laurent Derouard, Patrice Lavelle)	119
5.1.2.6. Introduction d'Acacia holosericea dans une jachère (Mamadou Gueye, Marc Ducousso, Maguette Kaïre)	119
5.1.3. Observations prévues pour l'année 1995	120
5.2. Etude expérimentale au Nord-Cameroun	121
5.2.1. Description des parcelles mises en place	121
5.2.2. Premiers résultats	121
5.2.2.1. Influence du feu sur la jachère (Paul Donfack)	121
5.2.2.2. Influence du feu sur le stock de graines (Paul Donfack)	122
5.2.2.3. Pluviométrie et bilans hydriques (Samuël NDaka)	123
5.2.3. Travaux en perspectives	123
5.2.3.1. Aspects agronomiques (Francis E. Obale)	123
5.2.3.2. Modélisation du bilan organique	126
5.3. Etude expérimentale de l'influence du feu sur de jeunes jachères au Mali (Fadiala Dembele, Harouna Yossi)	127
5.3.1. Influence du feu sur le stock de graines viables du sol des jachères avec ou sans protection	128
5.3.1.1. Matériels et méthodes	128
5.3.1.2. Résultats après une campagne de d'observations	128
5.3.1.3. Conclusion	132
5.3.2. Influence du feu sur la démographie de la population ligneuse	133
5.3.2.1. Matériels et méthodes	133
5.3.2.2. Résultats	133
5.3.2.3. Conclusion	139
5.3.3. Influence du feu sur l'évolution de la biomasse herbacée	139
5.3.3.1. Matériels et méthodes	139
5.3.3.2. Résultats	139
5.3.3.3. Conclusion	140
5.3.4. Influence du feu sur la compacité des sols	140
5.3.4.1. Matériels et méthodes	140
5.3.4.2. Résultats	140
5.3.4.3. Conclusion	141
5.3.5. Discussion et conclusions	141
6. CONCLUSIONS GENERALES (CHRISTIAN FLORET)	143
7. BIBLIOGRAPHIE	147

2. Introduction

L'objectif du projet est d'étudier l'influence du raccourcissement du temps de jachère et de la surexploitation des ressources durant la phase de jachère en Afrique tropicale, sur un certain nombre d'espèce ou de groupe d'espèce animales et végétales qui concourent au maintien ou à la reconstitution des propriétés physiques et chimiques des sols.

La notion de biodiversité n'est pas abordée dans ce projet sous l'angle de la conservation de la diversité génétique, mais en tant que moyen d'assurer un meilleur fonctionnement des écosystème pour un développement durable. Il s'agit :

- d'expérimenter, sur différents groupes fonctionnels (espèces fonctionnant de façon voisines) et sur des espèces-clé, pour la régénération durant la jachère parmi les végétaux supérieurs, la microflore du sol (mycorhizes, rhizobiums), mésofaune du sol (termites, vers de terre) ;
- identifier les pratiques qui concourent à la diminution de la biodiversité, soit au cours du cycle cultural, soit au cours de l'utilisation de la jachère ;
- proposer des pratiques optimales pour le maintien d'une biodiversité utile à la production sur le long terme ;
- former des chercheurs africains dans le domaine des sciences du milieu naturel.

Durant cette première année du projet, une partie des travaux a été consacrée au choix et à la caractérisation des zones d'études par les différentes équipes. Les dispositifs expérimentaux ont été installés avec une caractérisation initiale du milieu. On a choisi les indicateurs qui vont être suivis durant les quatre années. Ces travaux ont donné lieu à plusieurs rapports d'étudiants (DEA, mémoire de chercheur) à deux communications à des séminaires et à un article.

Une des difficultés et en même temps une des richesses du projet réside dans la multiplicité des équipes et des disciplines qui se retrouvent autour d'une même thématique et si possible sur les mêmes stations expérimentales. Chaque équipe présente dans ce rapport ses protocoles et les premiers résultats obtenus.

Le rapport s'organise autour des grandes lignes du document de projet : place de la jachère dans les systèmes agraires ; caractérisation environnementale des jachères et inventaire de la biodiversité des différents groupes d'espèces considérées ; étude expérimentale sur l'importance de ces différents groupes sur le fonctionnement de l'écosystème jachère.

3. Place de la jachère dans les systèmes agraires

3.1. Jachères du Nord Cameroun

3.1.1. Traitement d'une image SPOT

Dans chaque région climatique des enquêtes auprès des paysans sont réalisées dans quelques terroirs représentatifs de modes d'utilisation différents du milieu. Elles portent sur les pratiques paysannes du cycle culture jachère : mode de défrichement pour la culture, arbres laissés dans le champ, durée du cycle cultural, raison d'abandon, mode d'utilisation de la jachère, fréquence des feux, pâturage, prélèvement sélectif de bois, etc, afin d'appréhender l'importance relative sur la biodiversité des perturbations d'origine anthropique. On cherche à comprendre le degré d'intérêt du paysan pour la diversité biologique des différentes espèces.

L'enquête doit également permettre d'identifier les indicateurs biologiques traditionnels, par exemple les plantes indicatrices, pour le paysan, de dégradation ou de régénération du milieu.

L'enquête sert aussi de support à l'échantillonnage pour l'étude de la biodiversité dans les jachères.

Des images spot peuvent servir pour l'échantillonnage des parcelles et l'interprétation du thème "Pression anthropique" ou "jachère et diversité de paysage".

Nous nous sommes intéressés aux images récentes de la région de Maroua. Les images intéressantes ont été trouvées au Laboratoire de Télédétection de l'ORSTOM de Bondy et mises à notre disposition au laboratoire de l'ORSTOM de Dakar où un premier traitement a été réalisé (ACP et indice de végétation). Il s'agit de deux images sur le Bassin versant de Mouda prises à deux dates : le 15 janvier 1987 et le 11 octobre 1988. Nous avons entrepris de faire un contrôle sur le terrain de ces images traitées. S'il est facile de distinguer les terres de Mouskwaari, les habitations avec les cultures de case, les sols dénudés (hardé) et les cours d'eau, il n'est pas du tout aisé de distinguer les jachères des savanes. Une typologie des jachères à l'aide de l'outil télédétection ne semble pas être une tâche facile.

Un levé du terroir apporte plus d'informations. C'est ce qui ressort du levé du terroir de Gazal qui a révélé deux blocs de jachères distincts. Ce levé a servi de base pour l'échantillonnage des parcelles pour l'étude phyto-écologique en mode synchrone.

3.1.2. Les levés de terroir (Christian Seignobos et Olivier Iyebi Manjeck)

Les levés des terroirs d'Ouro Labo, Gazal ont commencé. Les levés de la zone de Bamé, Kolifata Gouzoudou sont programmés.

3.2. Jachères du Sénégal

Au Sénégal, le rôle et la place des jachères dans les systèmes de culture et le paysage ont été étudiés dans la région de Kolda (moyenne Casamance 1300 mm de pluie moyenne annuelle où l'espace n'est pas encore saturé, et dans la région de Sonkorong (Sine Saloum 900 mm de pluie moyenne annuelle) dans le bassin arachidier très anthropisé.

3.2.1. Le rôle de la jachère dans les systèmes de culture de la région de Kolda (Sylvie Fanchette)

Depuis avril 1994, date à laquelle j'ai commencé mes enquêtes dans la région de Kolda, j'ai orienté mon travail concernant les jachères dans deux directions :

- à l'échelle micro : des enquêtes préliminaires dans les villages de Bantankountou et de Santankoy pour mieux appréhender la problématique de l'utilisation des jachères avant de dresser un questionnaire précis. Dans ce cadre j'ai relevé un parcellaire de Santankoy avec les attributions de cultures pour l'année 1994 et les noms des propriétaires et des utilisateurs. Ce parcellaire me permettra de mieux définir les exploitants à enquêter mais surtout de suivre, durant toute la durée de mon programme, l'évolution de l'utilisation des terres de ce village et la place de la jachère dans le terroir.

- à l'échelle macro : une carte de l'évolution de l'utilisation des terres dans le département de Kolda au 1/40 000ème. Ce travail a été effectué pour l'année 1969, à partir de photographies aériennes, par un cartographe de Kolda. Nous avons commandé avec le programme ABT de l'ISRA/CIRAD une image satellite pour la fin 1994, image qui nous permettra de dresser une carte de l'utilisation des sols pour cette période. En complément de ces deux cartes, nous avons établi une carte de localisation des villages de toute la zone de Kolda-Vélingara. Celle-ci nous permettra de localiser les terroirs en fonction de la place que les villageois ont donné depuis 1969 aux jachères. J'étudierai ainsi les villages les plus représentatifs de la zone durant les deux années à venir.

Dans la région de Kolda, localisée en zone soudano-guinéenne, l'espace cultivé n'occupe pas, comme dans le bassin arachidier, la majorité des terres. Dans cette zone de densités encore faible, les Peuls, autrefois essentiellement pasteurs, ont entrepris depuis plusieurs siècles une intégration assez poussée de l'agriculture et de l'élevage. Le terroir agricole est occupé en hivernage par les cultures, tandis que les zones de parcours à la périphérie du terroir sont le lieu de refuge du troupeau. Puis à la fin des récoltes, le bétail descend peu à peu vers les zones de culture, à la fois pour s'alimenter des chaumes, mais aussi pour fumer les terres.

Si on remarque depuis plusieurs années, une diminution des zones pâturées, concomitante à la pression démographique et à l'extension des superficies cultivées, force est de constater que les exploitants peuls du Fouladou continuent à préserver des zones de parcours pour leur bétail, des passages à bétail pour traverser les terroirs en hivernage, etc...

Toutefois, une des principales transformations qu'ont connue les terroirs est la diminution des jachères. Si le terroir villageois s'étend au détriment des zones pastorales, l'utilisation des sols devient de plus en plus intensive. Les jachères se présentent sous deux aspects :

- les jachères longues, qui parfois ont plus d'une vingtaine d'années et que l'on trouve en périphérie des terroirs. Ce sont en général des terres qui ont été défrichées par les ascendants de l'exploitant, et qui, étant trop éloignées du village (deux ou trois kilomètres) restent à l'abandon lorsque ce dernier a suffisamment de terres. Ces terres constituent des réserves foncières pour les exploitants et tant que la loi sur le Domaine Nationale ne sera pas mise en vigueur dans cette région, ces terres resteront en l'état.

Ceux qui s'adonnent à la dure entreprise de défrichage des terres sont en général des navétanes qui viennent travailler en hivernage ou des exploitants en manque de terre qui empruntent des parcelles pour quelques années. Là se pose le problème de l'outillage dont dispose l'exploitant. En l'absence de charrue, rares sont les Peuls qui entreprennent ce genre de travail.

De plus, ces terres étant en périphérie du terroir villageois, à la limite de la forêt sur les plateaux, leur qualité agronomique reste faible. En revanche, elles constituent de très bons lieux de parcage pour les bovins en hivernage. Etant moins éloignées que la forêt, les peuls y attachent leur troupeau la nuit à la limite cultivée du terroir. Ces jachères seront ainsi améliorées par la fumure du bétail.

Dans un contexte où les exploitants cherchent à intensifier leurs systèmes de culture par l'utilisation d'engrais chimiques et organiques, par l'utilisation de la traction attelée, ils préfèrent concentrer leur énergie sur les terres les plus rentables.

Toutefois, d'un village à un autre, selon l'ancienneté de l'occupation du site, la surface de ses bas-fonds, son encadrement par des organismes de vulgarisation agricole, l'importance des jachères longues peut varier. De plus, d'un exploitant à l'autre, selon son origine ethnique, l'importance de son troupeau, son capital technique et de la taille de son exploitation, la mise en jachère de terres sur de longues durées varie.

- les jachères courtes de deux ou trois ans : dans les deux villages étudiés, leur importance paraît minime, même si les exploitants paraissent conscients de la diminution de la fertilité de leurs terres. D'après les quelques enquêtes que j'ai menées, j'ai remarqué que :

A Santankoy, village encadré par la SODEFITEX depuis plus de dix ans, les exploitants agricole sont assez bien pourvus en matériel (charrues, engrais chimiques), ce qui leur permet de cultiver leurs terres année après année. Ils font des rotations maïs/coton en général. Au bout de cinq années, certains laissent la terre se reposer un an ou deux.

Le manque de main-d'oeuvre est énoncé souvent comme cause de mise en jachère des terres.

A Santankoy, le relevé parcellaire de l'hivernage 1994 a montré l'importance des défrichements de vieilles jachères depuis 1990, date, de la dernière photographie aérienne du village.

Autant de remarques que l'enquête approfondie devrait permettre de développer.

3.2.2. Enquêtes sur les modes d'utilisation des ligneux des jachères et sur la perception de la jachère par les paysans en moyenne Casamance (Kolda) (*Maguette Kaire*)

Une enquête auprès des chefs d'exploitation a été menée sur la base d'un questionnaire simple centré sur les éléments suivants : âge de la jachère lors des premiers prélèvements de ligneux, distance de prélèvement, quantité quotidienne de bois utilisée par foyer, espèces préférées, espèces épargnées, usages, devenir des souches ligneuses durant la culture et les sarclages, pâturage des ligneux, commercialisation.

L'enquête a permis de connaître les espèces utilisées et leurs différentes utilisations, les quantités quotidiennes de bois consommées par foyer, la pratique ou non du dessouchage après défrichement, et l'importance que les populations accordent à la jachère dans ce milieu.

Quantité moyenne de bois consommée par foyer

Les quantités de bois utilisées par foyer sont estimées à partir du nombre de fagots récoltés. Une charge de charette peut contenir 25 à 30 fagots de bois. Chaque fagot pèse environ 10 kg (Poids sec). La quantité quotidienne de bois consommée est estimée à 1/2 fagot soit 5 kg de bois. Cependant, pendant le mois de Ramadan, les consommations journalières peuvent doubler et atteindre 10 kg. Le bois n'est pas commercialisé. La vente ne concerne que les produits de cueillette (fruits, miel, etc.).

Les prélèvements importants sont effectués à 6-10 ans d'abandon dans les jachères les plus proches du village. Le bois constitue dans cette zone, la seule source d'énergie pour les populations ; la distance du village semble jouer un rôle non négligeable sur la pression dans les jachères. En effet, 55% des prélèvements sont effectués dans la jachère de 6 ans contre 24% dans la jachère de 10 ans et 8% dans la jachère de 15 ans pour des distances respectives de 900 m, 1200 m et 1400 m.

L'enquête a aussi révélé que les espèces sélectionnées dans les parcs cultivés le sont pour principalement quatre raisons : l'ombrage, le fruit, le bois d'oeuvre, les utilisations médicinales.

Perception de la jachère par les paysans

La jachère pour les paysans n'est pas envisagée principalement pour la production ligneuse.

Cette importance est perçue en fonction du rôle qui est assigné à la jachère dans la zone :

- remontée de la fertilité des terres ;
- lutte contre les adventices des cultures ;
- lutte contre l'érosion hydrique.
- les jachères sont aussi perçues comme étant :
 - une réserve de terres de cultures ;
 - des terrains de parcours naturels ;
 - des points de collecte de bois de chauffe, de service, d'oeuvre, de plantes médicinales et de produits de cueillette.

Le temps de jachère est souvent fonction des causes de l'abandon cultural Donfack (1993). Les causes de l'abandon peuvent être la baisse de la fertilité, la lutte contre les adventices des cultures, le manque de semences ou de main d'oeuvre, etc. Ces causes sont donc liées aussi à la structure des systèmes d'exploitation des terres. Il est alors important, pour répondre à la question posée, de partir de l'étude des systèmes d'exploitation pour mieux comprendre la pratique de la jachère. Une analyse structurelle peut fournir les éléments essentiels de compréhension d'un système. Cette analyse a montré le contraste de jachères appartenant à des exploitations possédant de grands moyens de production et de jachères dans des exploitations à faible niveau d'équipement. Les causes de l'abandon cultural ne sont souvent pas les mêmes dans ces différents types d'exploitation. En effet, dans les exploitations dites modernes où les jachères sont rares, l'abandon cultural est souvent dû à une baisse de fertilité ou à un envahissement des champs par les adventices, alors que pour les exploitations traditionnelles où on rencontre plus de jachères, l'abandon cultural est souvent dû à un manque de semences ou de main d'oeuvre. Sur Saré Yorobana, nous sommes arrivés aux conclusions suivantes :

- pour une production de tiges de ligneux propres aux différentes utilisations que ces populations en font, l'étude montre que 6 à 10 ans de jachère suffisent.
- pour une remontée de niveau de fertilité, les populations de la zone étudiée estiment le temps nécessaire à 6-8 ans. L'enquête a montré que le cycle culture-jachère le plus courant était : 8-10 ans de culture / 8-15 ans de jachères ;
- si c'est l'envahissement par les adventices qui est la cause de l'abandon, Donfack (1993) estime que 4 ans sont suffisants pour qu'elles soient remplacées par des espèces de savane. C'est aussi sensiblement le cas dans la zone de Saré Yorobana (Bodian, communication verbale) ;
- si l'abandon est dû à un manque de semences ou de main-d'oeuvre, la remise en culture peut intervenir d'une année à l'autre ;

Ces temps de jachère optimaux sont modulés en fonction de la dynamique des facteurs de production de l'exploitation.

3.2.3. Evolution de l'occupation des sols dans la communauté rurale de Thyse Kaymor (Sonkorong) de 1972 à 1987 (*Alphousseyni Bodian*)

Le plus souvent, les terres sont utilisées pour la culture de l'arachide (principale culture de rente), du mil (principale culture vivrière). Dans la zone d'étude, les cultures arachidières et vivrières sont localisées principalement sur des glaciés supérieurs et inférieurs des plateaux cuirassés.

Par contre les cultures fruitières et maraîchères sont pratiquées la plupart du temps dans les vallées en mosaïque avec les galeries forestières. La culture maraîchère se pratique pendant la période estivale (entre janvier à juin) à cause du retard des pluies de ces dernières années. En ce qui concerne la culture fruitière, elle se pratique toute l'année avec un suivi moyen pendant la période pluvieuse et intense en saison sèche (arrosage, traitement, etc.). Le coton se cultive sur les glaciés et les plateaux faiblement cuirassés ou non ; on peut y rencontrer des jachères.

La forêt est constituée de grands arbres avec un taillis plus ou moins dense. Elle se situe dans des zones protégées consécutivement à un décret de classement ministériel (par exemple la forêt classée de Ngayène).

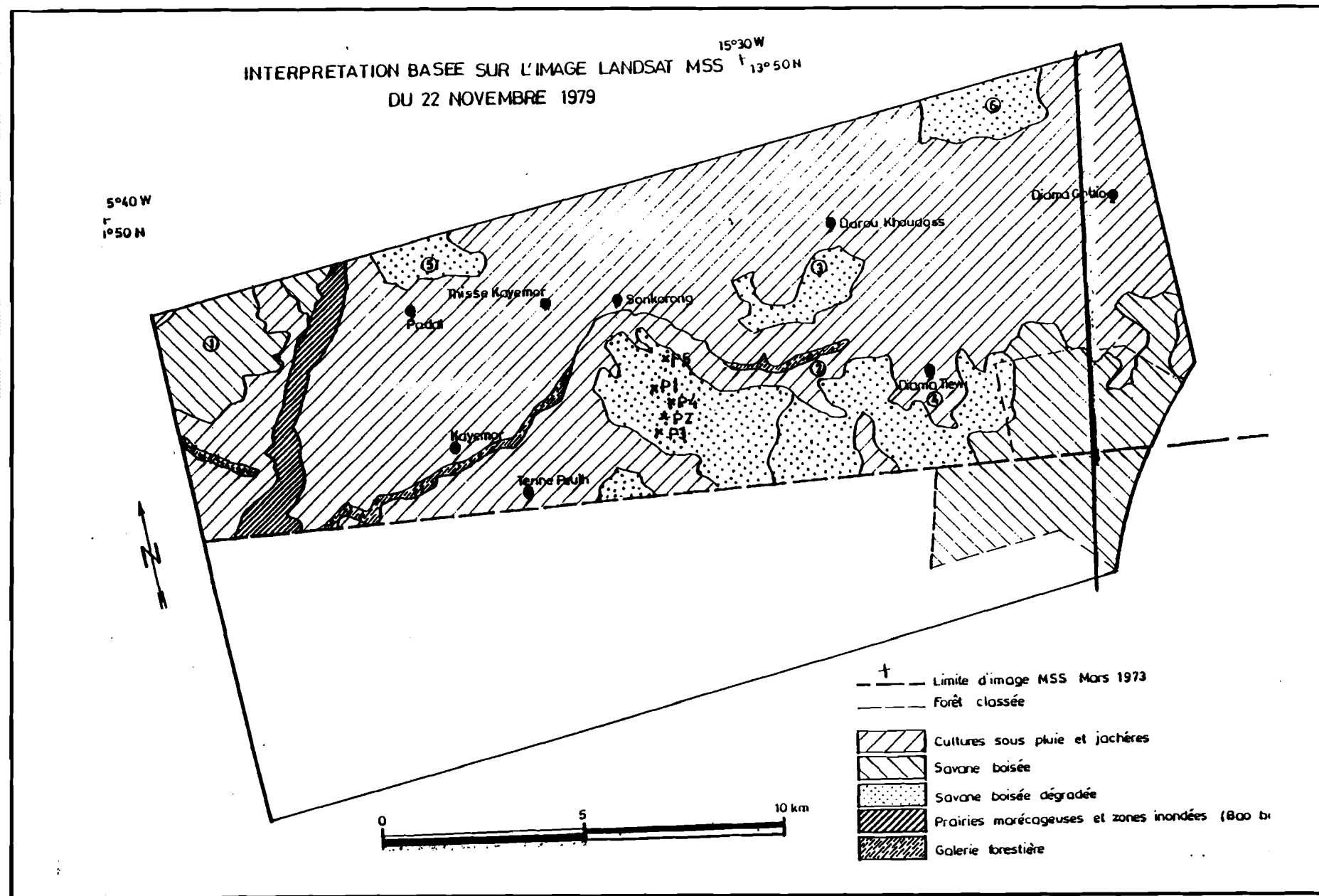
Nous avons cherché à suivre l'évolution des surfaces occupées par ces types d'unités au cours des vingt dernières années en utilisant les images satellitaires disponibles.

3.2.3.1. Principe de l'interprétation des images satellitaires Landsat MSS.

L'interprétation est faite à l'aide de l'imagerie Landsat composée en fausses couleurs au 1/200.000. Cette échelle a été agrandie au 1/100.000 pour des images prises différentes années (1972, 1979 et 1987) et presque à la même période de l'année. Les images de la meilleure qualité et montrant le meilleur contraste entre les divers types de végétation ou occupation des sols, ont été choisies pour l'interprétation. Nous avons observé que les images prises juste à la fin de la saison des pluies sont les plus utiles, car la strate herbacée jaunit avant que les ligneux ne perdent leurs feuilles ; ce qui se traduit par un bon contraste spectral sur ces images entre les formations herbacées claires et les formations ligneuses denses. Les images d'hivernage sont surtout utiles pour une cartographie des zones agricoles déboisées et des savanes boisées ou dégradées. Des unités retenues ont donc été délimitées sur des images Landsat prises à des dates différentes : le 4 novembre 1972, le 12 novembre 1979 et le 19 octobre 1987.

L'image de 1987 était la plus récente disponible sur la zone d'étude. Il y a un balayage légèrement décalé du satellite d'une année à l'autre (voir sur les cartes n°1, 2 et 3). Les techniques conventionnelles d'interprétation ont été employées. On utilise les caractéristiques des unités que l'on peut distinguer sur l'image satellitaire (teinte, forme, taille, texture) et on les relie aux divers types de formations végétales et d'occupation repérées sur le terrain. Nous nous sommes fixés un certain seuil minimal pour une unité à cartographier. Cette taille est de 1m² sur l'image satellitaire ce qui correspond environ à 6 km² (600ha) sur le terrain. En ce qui concerne les caractéristiques linéaires, les plus petites ont une longueur de 1km.

Figure 2 : Carte n°2 d'occupation des sols : interprétation de l'image Landsat MSS du 22 novembre 1979



Pour l'identification des différentes unités d'occupation des sols sur les images satellitaires, on tient compte de la quantité de pluie de l'année qui joue un rôle très important sur le contraste des types de végétation et même des types géomorphologiques.

Les unités cartographiques retenues sont les suivantes : savanes boisées, savanes boisées dégradées et jachères, galeries forestières, zones agricoles, prairies marécageuses (zones inondables).

Pour apprécier les surfaces des unités d'occupation des sols, nous avons déterminé d'abord la surface totale de la zone considérée (surface de base). Les surfaces balayées par le satellite Landsat ne sont en effet pas toutes identiques d'une année à une autre. L'année 1979 a été choisie comme superficie de base par rapport aux deux autres années. Après reproduction sur papier calque de la carte, les différentes surfaces, ont été découpées et leur surface mesurées à l'aide d'un planimètre optique. Ces surfaces sont ensuite transformées en km² et en ha. Ces résultats nous ont permis de tracer les courbes d'évolution des surfaces des unités d'occupation des sols pour les années considérées. Il n'a pas été possible de séparer les rares jachères des savanes boisées dégradées.

3.2.3.2. *Les cartes d'occupation des sols, interprétées à l'aide des imageries Landsat (MSS).*

Les cartes 1, 2 et 3 représentent les unités d'occupation des sols (figure 1, figure 2 et figure 3). On a marqué sur chaque carte, par des numéros, des zones qui ont évolué entre les différentes dates.

Carte n°1 (1972)

Sur cette carte le nord, le nord-ouest et le nord-est du village de Sonkorong constituent les parties les plus occupées par l'agriculture pluviale, avec quelques rares zones de savanes boisées dégradées. Au sud de Sonkorong on rencontre des savanes boisées dégradées accompagnées de quelques petites zones d'occupation agricole. Cette dernière partie montre par endroit des affleurements de cuirasse, ce qui explique la faible mise en culture. A l'est de Sonkorong, se trouvent des savanes boisées avec peu d'affleurement de cuirasse, ce qui amène à constater un empiètement des champs cultivés sur la forêt classée de Ngayène. La profondeur de la couche meuble dans cette partie est supérieure à 80 cm. Les savanes boisées dégradées sont peu nombreuses.

Carte n°2 (1979)

La carte n°2 montre un balayage décalé du satellite Landsat par rapport à la carte n°1. Sur la carte n°2, la majeure partie des surfaces est occupée pour l'agriculture, surtout au nord, nord-ouest et nord-est de Sonkorong; alors qu'au sud-est, on remarque une formation de savanes boisées dégradées vers le village de Diama-Thiéwi.

Au sud, les parties cultivées en 1972 apparaissent comme savanes boisées dégradées ; ce sont les terres mises en jachères. La forêt classée de Ngayène reste toujours une savane boisée à part quelques enclaves cultivées.

Carte n°3 (1987)

La carte n°3 montre un balayage satellitaire décalé un peu vers le sud par rapport à la carte n°2.

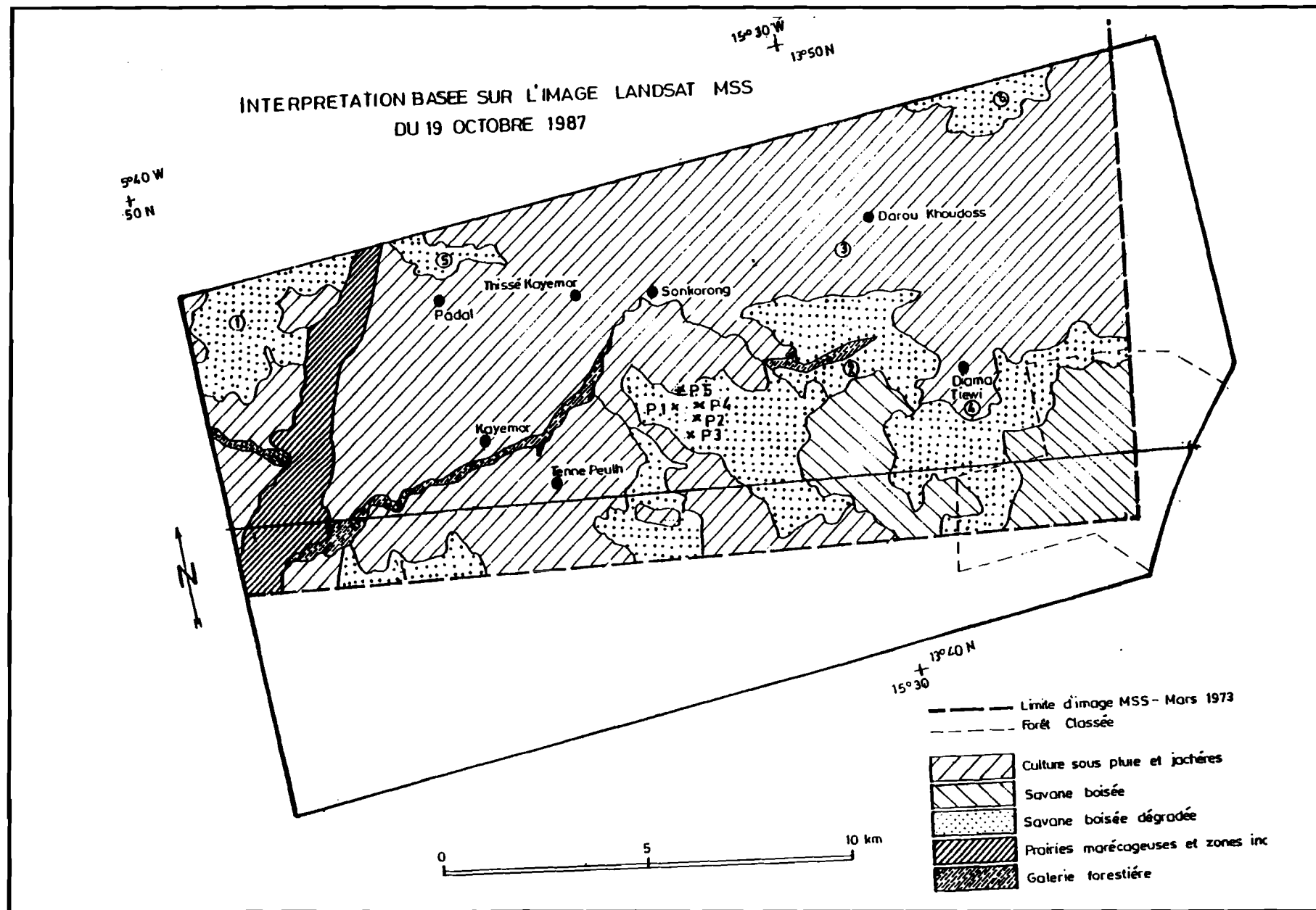
On observe une savane boisée dégradée (zone 1 sur la carte) à l'extrême nord. Cette surface était cartographiée en 1972 et 1979 comme zone d'occupation agricole. Par contre la savane boisée (3) qui existait sur la carte n°2 à l'est de Sonkorong a disparu en 1987 pour céder la place à une zone d'occupation agricole. De même des zones de jachères apparaissent à l'endroit du grossissement de la galerie forestière (2) dont une partie avait été défrichée pour l'agriculture en 1979.

3.2.3.3. *Evolution des surfaces des différentes unités cartographiées*

La figure 4 représente l'évolution des surfaces des différentes unités cartographiées.

Deux unités ont augmenté en superficie durant les 15 années séparant les dates extrêmes observées :

- les zones à cultures pluviales, avec 10,6% d'augmentation, soit une augmentation de 0,7% par an (pour une augmentation de la population de 3%) Ce sont les savanes boisées et boisées dégradées qui perdent de la surface au profit des cultures pluviales. D'après nos observations sur le terrain la mise en jachère n'a pas compensé les défrichages ;



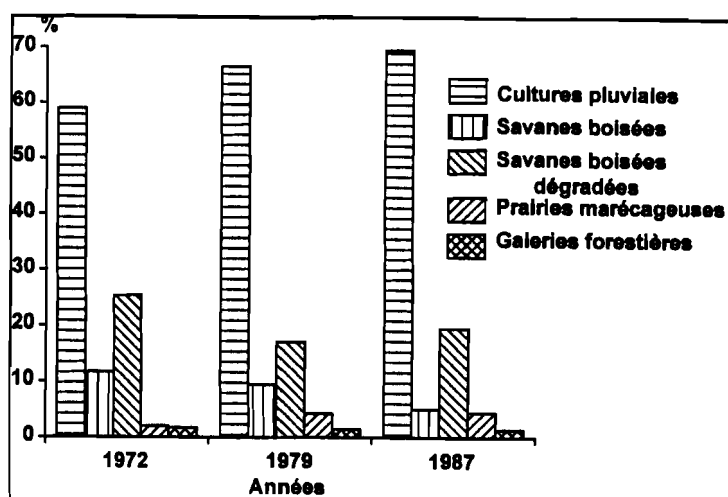


figure 4 : Evolution des différentes unités d'occupation des sols

figure 3 : Carte n°3 d'occupation des sols ; interprétation de l'image Landsat MSS du 19 octobre 1987

- les prairies marécageuses (zones inondées) avec 2,5% d'augmentation, soit 0,1% par an. Cette augmentation est étonnante. Etant donné la diminution de la pluviosité ceci peut s'expliquer par une augmentation très sensible de l'aptitude au ruissellement des bassins versants. La dégradation relative du milieu engendre deux conséquences contraignantes pour l'agriculture, d'une part, la réduction de la disponibilité en eau du sol, et d'autre part le risque de submersion dans les bas-fonds. Cette augmentation de surface des zones inondables est faite au détriment des zones de cultures pluviales ou des savanes boisées.

Deux unités ont perdu de la surface. Ce sont les savanes boisées avec un taux de régression de -6,7%, soit -0,4% par an, et les savanes boisées dégradées avec un taux de régression de -5,8%, soit -0,3% par an. Les galeries forestières sont restées presque stables.

L'évolution rapide de l'occupation des sols durant les vingt dernières années a pour cause : l'augmentation galopante de la population, la diminution des rendements qui est dû à la fertilité des sols, la mécanisation qui facilite le défrichage.

3.3. Jachères du Mali (Ousmane Maïga)

La socio-économie est l'un des volets essentiels du projet jachère. Se situant dans le cadre général du programme, elle aborde la jachère dans toutes ses composantes socioculturelles, économiques et agronomiques.

Les activités pour l'année 94 ont consisté en l'élaboration et au test de questionnaires socio économiques avec la collaboration de *Sophie Boulanger-Mahé*.

Nous avons élaboré et testé un questionnaire qui prend en compte "jachère-foncier-systèmes agraires". Des entretiens semi-directifs seront aussi puis enregistrés sur bandes magnétiques.

Le questionnaire est divisé en quatre grandes parties :

- Structure et composition des ménages : ce thème de démographie des ménages nous permettra d'approfondir l'analyse "accroissement démographique et pratique (ou non) de la jachère" sous l'angle de l'anthropisation du milieu.
- Description et passé culturel des jachères : nous établirons une typologie des jachères,
- Pratiques paysannes des jachères : nous déterminerons les fonctions de la jachères dans les systèmes culturels et sont importance dans l'économie de l'environnement dans les terroirs où elle est encore pratiquée.
- Modes d'utilisation des ligneux : là nous allons pouvoir déterminer la valeur économique et le degré d'anthropisation des ligneux dans les champs et dans les formations naturelles.

Du fait de la responsabilité de plus en plus grandissante des femmes et des enfants dans la gestion des unités de production, la migration masculine prise pour cause, nous avons jugé nécessaire d'élaborer un questionnaire "femmes et ressources" pour analyser le mode féminin d'exploitation des ressources naturelles. Cette dernière réflexion est en cours.

Complétant les données quantitatives, des entretiens semi-directifs nous permettront d'approfondir les analyses de la place et rôle de la jachère dans les systèmes agraires et fonciers.

4. Caractérisation environnementale des jachères et inventaire de la biodiversité

4.1. Travaux réalisés au Sénégal

4.1.1. Influence du temps de jachères sur des caractéristiques physico-chimiques et la matière organique du sol (*Raphaël Manlay, Dominique Masse*)

Sur le principe d'une approche synchrone, il a été comparé des jachères voisines mais d'âge différent en Haute Casamance (Sare Yorobana) et dans le Sine-Saloum (Sonkorong). L'objectif est de décrire un modèle d'évolution des caractéristiques physico-chimiques en fonction de l'âge de la jachère.

4.1.1.1. Conditions régionales

Le tableau 1 résume le contexte régional de cette étude ; l'ensemble des observations réalisées au Sénégal concerne principalement ces deux régions dont les terroirs de Sonkorong et Sare Yorobana sont représentatifs.

4.1.1.2. Choix des parcelles

L'approche, par examen simultané de parcelles d'âges différents, est de type synchrone. L'une des hypothèses fondamentales avec la **méthode synchrone** est, pour l'ensemble des parcelles retenues, l'équivalence des caractéristiques du substrat édaphique et des perturbations anthropiques (mode de défrichement, intensité du pâturage, etc...). Il convenait de sélectionner des parcelles d'âge d'abandon variable et pour lesquelles les caractéristiques étaient les plus semblables possibles lors de la mise en jachère. Le choix est cependant lié également à des contraintes de disponibilité de parcelles sur les zones concernées ; à Sonkorong, par exemple, il s'avéra difficile de trouver des parcelles répondant aux critères évoqués ci-dessus, du fait de la pression anthropique qui limite la surface de mise en jachère¹.

Après prospection, le choix s'est porté sur 4 parcelles pour chacun des terroirs. A Sonkorong, il s'agit d'une jachère de 1 an sur glakis, d'une jachère de 9 ans et de deux jachères de 17 ans sur le même sol de plateau. Les deux jachères anciennes sont contiguës. L'une a été mise en défens durant 5 ans.

A Sare Yorobana, les 4 parcelles sont situées sur plateau. Les durées d'abandon sont 1, 6, 10 et 15 ans.

4.1.1.3. Echantillonnage

Douze points de prélèvement ont été définis sur chaque parcelle. En chaque point, trois prélèvements, destinés à des analyses de sol, ont été effectués à la tarière (horizons 00-10 cm, 10-20 cm et 20-30 cm).

L'échantillonnage a été réalisé de façon pseudo aléatoire. Les situations peu représentatives de la parcelle (termitières, axe d'écoulement de l'eau...) ont été évitées. En revanche, dans les parcelles où se distinguent nettement des unités sous couvert ligneux et hors couvert ligneux, 6 points de prélèvements dans chacune de ces situations ont été réalisés.

Les échantillons ont été séparés en deux groupes déterminés par les caractéristiques des points de prélèvements (couvert arboré, espèce végétale dominante...). Les échantillons de ces groupes ont été mélangés, par niveau de profondeur, soit au total 6 échantillons composites par parcelle. Les analyses de sol sur ces échantillons composites concernent les descripteurs classiques permettant la caractérisation physico-chimique des sols. Les unes caractérisent les qualités physico-hydriques du sol : granulométrie 5 fractions, pF 2.5, pF 4.2, densité apparente. Les autres sont des variables

¹ On verra au paragraphe suivant les méthodes concernant le choix des parcelles et notamment les principes suivis pour déterminer l'âge d'une jachère après abandon cultural.

chimiques : pHeau, pHKCl, carbone et azote totaux, rapport C/N, Capacité d'Echange Cationique (CEC), calcium, magnésium, sodium, potassium.

Pour tester la variabilité des paramètres importants dans la description du statut organique des sols, les teneurs en carbone et azote total sont mesurées sur les 12 points d'observation et sur les 3 niveaux de profondeur.

Tous ces échantillons ont été prélevés en fin de saison des pluies (novembre 1993).

	SONKORONG	SARE YOROBANA
Pluviométrie normale (1945-1968) des 20 dernières années de 1992 de 1993	900 mm 600/700 mm 560 mm sur 130 jours 700 mm sur 151 jours	1300 mm 1000 mm 1320 mm sur 171 jours 1190 mm sur 191 jours
Température moyenne mensuelle	25 à 32°C	29 à 32°C
Géomorphologie	Paysage tabulaire d'éléments topographiques horizontaux : plateaux résiduels (altitude 40 m), glacis de racordement, terrasses et bas fonds	
Pédologie sur plateaux	Sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions Sols tronqués (cuirasse à moins de 1 m) Sols profonds et moins argileux	
sur glacis	Sols rouges et jaune rouges ferrugineux tropicaux lessivés remaniés	
sur pentes et bas fonds	Sols peu évolués d'apport alluvial sur matériau de démantèlement de cuirasse Sols hydromorphes à gley profond	
Paysage et végétation sur plateaux	Savane arbustive à base de Combretacées (<i>Combretum glutinosum</i> , <i>Guiera senegalensis</i> , <i>Acacia macrostachya</i>). Les effets de la cuirasse peu profonde et prélèvement intense donne un paysage de brousse tachetée	Formation très boisée à <i>Terminalia macroptera</i> , <i>Combretum geitonophyllum</i> et <i>Combretum glutinosum</i>
sur glacis	Zone essentiellement de culture. Parc arboré à <i>Cordylla pinnata</i>	Alternance de culture, jachères et forêts claires
sur pentes et bas-fonds	Couvert végétal peu dégradé. Présence d'espèce soudanienne <i>Khaya senegalensis</i> , <i>Daniella olivieri</i> , ainsi que des essences plus hygrophiles	Formation à <i>Elaeis guineensis</i> . Jardins et vergers
Activité humaine	Wolof majoritaire. (70 habitants/km ²). Trois types d'occupation du terroir : les forêts, les jachères et les cultures. 80 % des cultures sont consacrées au mil et à l'arachide, en rotation biennale. Pastoralisme sédentaire bovin (Animaux exclus des cultures en saison des pluies et parqués en forêt et dans les jachères). Forêts et jachères ne représentent plus que 36% de la superficie du terroir	Peuls Fouladou. Vastes surfaces inexploitées. Céréales sèches et inondées, arachide étroitement associée à un élevage extensif sédentaire. Paysages constitués de trouées de cultures et de jachères dans une vaste forêt claire. Jachères sont source de fourrage et participent aux transferts de fertilité vers les cultures par les mouvements journaliers des troupeaux en saison sèche

tableau 1 : Description des sites étudiées au Sénégal en 1994

4.1.1.4. Relation entre les différentes variables physico-chimiques

Dans un premier temps, le tableau concernant les 19 variables physico-chimiques mesurées sur 48 échantillons (8 parcelles, 2 composites, 3 niveaux de profondeur) a été analysé afin d'établir les liaisons entre les différentes variables (corrélation, opposition...). Pour cela, le tableau a été soumis à une analyse en composantes principales.

La figure 5 donne une représentation sur les plans définis par les trois premières composantes.

Les 3 premiers axes dont la contribution relative cumulée est de 78.5 % sont exploités pour l'analyse. L'axe 3 apportant peu d'informations, seuls les axes 1 et 2 sont considérés ici. Les variables physico-chimiques les plus liées à l'axe 1 sont la teneur en sable grossier, en opposition à l'humidité à pF2.5, aux teneurs en limon fin et l'humidité à pF4.2 ; cet axe explique une variabilité due à des variables relatives à la texture du sol. L'azote total et le carbone total sont les deux variables essentiellement liées à l'axe 2. Les variables décrivant le statut organique expliquent donc ce deuxième axe. Notons que le magnésium est également corrélé à cet axe. Les échantillons représentés sur le plan 1-2 se séparent, selon l'axe 1, en fonction de la provenance : d'un coté Sonkorong et de l'autre Sare Yorobana. L'environnement pédologique est effectivement différent ; les sols de Sare Yorobana sont beaucoup plus lessivés et présentent des teneurs en sables grossiers plus importantes, surtout sur les horizons supérieurs.

Concernant la deuxième composante, les groupes d'échantillons de Sonkorong et de Sare Yorobana ont une répartition interne différente :

Pour les échantillons de Sonkorong, on distingue 3 sous-groupes ; les échantillons de la parcelle de 1 an se distinguent avec des teneurs en azote et en carbone moins forte ; à l'opposé de cet axe « matière organique », se place la parcelle de 17 ans avec mise en défens ; on trouve en position intermédiaire un groupe d'échantillons provenant des parcelles de 9 ans et de 17 ans non mise en défens

Les échantillons de Sare Yorobana restent très groupés et sont peu différenciés par l'axe 2 ; on peut observer cependant un léger étalement selon cet axe en fonction du niveau de prélèvement : les échantillons prélevés en surface (0-10 cm) s'opposant au niveau inférieur (10-20 cm et 20-30 cm)

En résumé, l'analyse en composantes principales fait apparaître des liaisons entre les variables liées à la texture du sol d'une part, et les variables liées aux teneurs en matière organique d'autre part. Les échantillons sont séparés selon le premier axe, en deux groupes appartenant respectivement aux deux sites Sonkorong et Sare Yorobana, ce que confirme des environnements pédologiques différents.

4.1.1.5. Evolution du carbone total et de l'azote total en fonction de l'âge de jachère

Résultats à Sonkorong.

Les valeurs observées varient de 2 à 6 g C / kg terre fine sèche en moyenne sur les 30 premiers centimètres pour le taux de carbone et de 0. 3 à 0. 6 g N / kg terre fine sèche pour le taux d'azote (figure 6). Dans chaque horizon les taux de carbone et azote augmentent avec l'âge de jachère. Les différences sont significatives sur les trois profondeurs au vu des résultats de l'analyse de variance (tableau 2). Les tests de comparaison de moyennes (test de Newmanns et Keuls) séparent dans l'ordre croissant les parcelles de 1 an, puis 9 et 17 ans non protégée, et enfin la parcelle de 17 ans mise en défens durant 5 ans.

Variables par niveaux	Moyennes par parcelles (g/1000g de terre fine)				F Observé	Probabilité Fobs.>Fthé.
	1 an	9 ans	17 ans	17 ans (pro.)		
C 0-10 cm	3.7	5.81	6.49	9.89	32.7	0.000 ++
C 10-20 cm	3.03	4.36	4.7	5.63	35.9	0.000 ++
C 20-30 cm	2.57	3.96	4.15	4.44	34.7	0.000 ++
N 0-10 cm	0.34	0.55	0.64	0.01	42.2	0.000 ++
N 10-20 cm	0.29	0.44	0.48	0.56	48.2	0.000 ++
N 20-30 cm	0.26	0.45	0.46	0.47	30.2	0.000 ++

Variables par niveaux	Moyennes par parcelles (g/1000g de terre fine)				F Observé	Probabilité Fobs.>Fthé.
	1 an	6 ans	10 ans	15 ans		
C 0-10 cm	6.84	7.83	6.98	7.19	0.67	0.576 --
C 10-20 cm	5.09	6.87	6.27	5.72	3.68	0.018 +
C 20-30 cm	4.78	5.72	6.1	4.86	5.08	0.004 +
N 0-10 cm	0.55	0.6	0.6	0.64	0.44	0.730 --
N 10-20 cm	0.44	0.55	0.54	0.52	2.86	0.046 +
N 20-30 cm	0.44	0.5	0.54	0.47	2.79	0.050 +

(++ : significatif au risque α 1%, + : significatif au risque α 5%: -- non significatif)

tableau 2 : Carbone et Azote total sur les parcelles de Sonkorong et Sare Yorobana. Résultats d'une analyse de variance (sur variables transformées en logarithme); comparaison des différentes parcelles pour chaque niveau de profondeur.

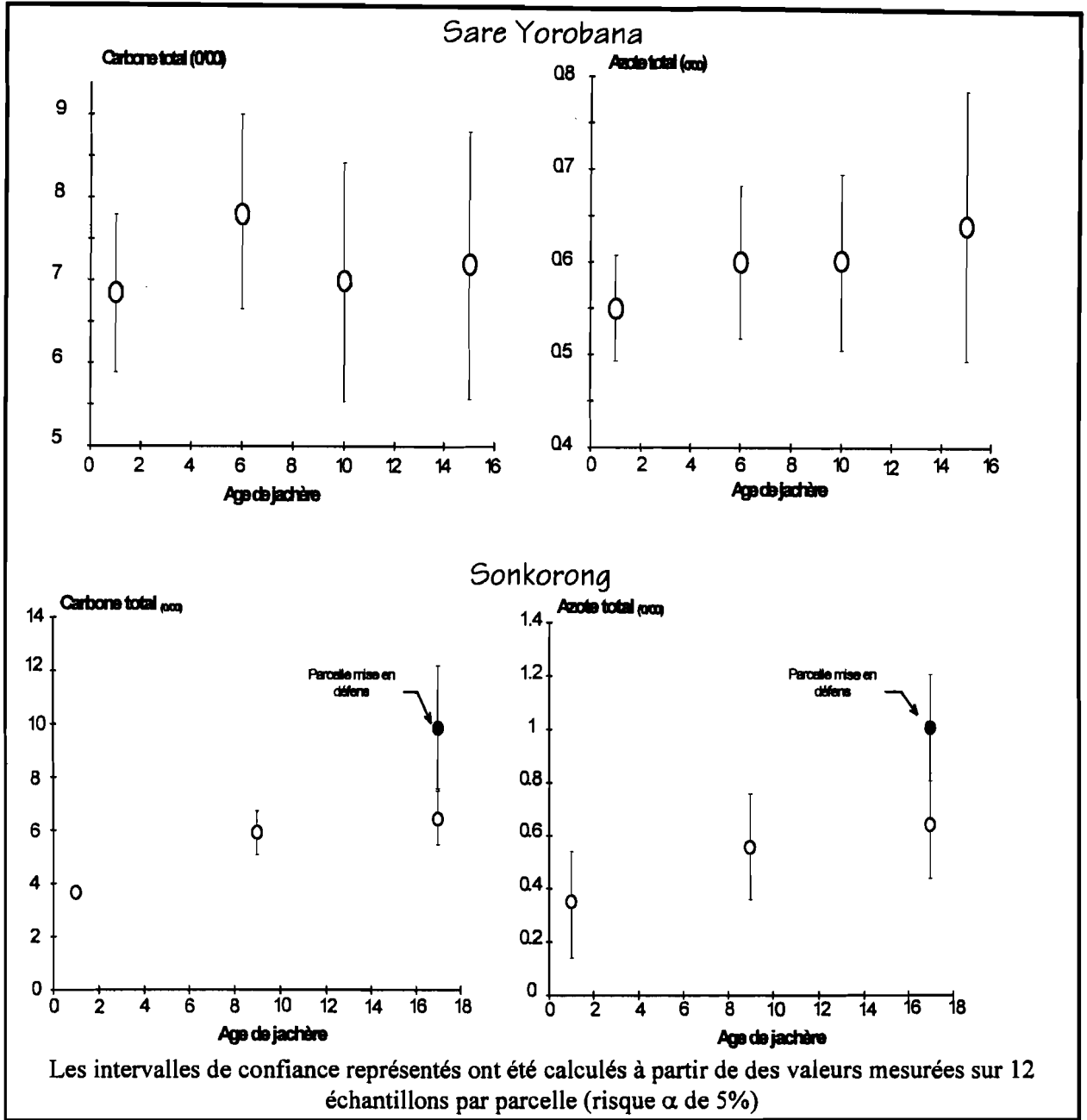


figure 6 . Evolution des teneurs en carbone et azote total entre 0 et 10 cm de profondeur à Sare Yorobana et Sonkorong en fonction de l'âge de la jachère (en année)

La mise en défens a une influence importante. Entre 0 et 10 cm de profondeur, le taux de carbone augmente de 50 % par rapport à celui mesuré sur la parcelle témoin non protégée ; le taux d'azote progresse quant à lui de 40% (tableau 2).

Les teneurs en matière organique augmentent avec l'âge de jachère. L'accumulation de matière organique est ralentie, voire inexistante après 9 années, sans doute en raison des conditions d'exploitation intense des jachères (parcours, prélèvements de bois). La mise en défens, qui a limité la pression anthropique, a permis une accumulation de matière organique. Ceci montre clairement **l'importance d'une gestion adéquate de la jachère** pour qu'elle puisse jouer pleinement son rôle de remontée biologique des sols, surtout dans le cas de vieilles jachères.

Résultats à Sare Yorobana.

On ne dégage aucune évolution nette des taux de carbone et azote en fonction de l'âge de jachère (figure 6). Le taux de carbone augmente entre 1 et 6 ans de jachère. Ensuite il diminue. Le taux d'azote augmente aussi entre 1 et 6 ans et n'évolue guère ensuite. Les différences entre moyennes sont significatives au seuil de 5% pour les niveaux 10-20 cm et 20-30 cm, pour le carbone comme pour l'azote (tableau 2).

Le modèle n'est pas le même qu'à Sonkorong. Le statut organique des parcelles plus âgées n'est pas modifié de façon significative. Seules les teneurs en azote montrent une tendance à l'augmentation. Feller *et al.* (1993) indiquent que **plus la texture du sol est grossière moins l'effet de la jachère se manifeste sur la matière organique**. Nos résultats confirmeraient cette thèse et mettraient en avant les **teneurs en sables grossiers**, principales différences texturales entre les deux sites observés. Le climat peut également jouer un rôle avec une évolution plus rapide de la matière organique dans des climats plus humides limitant de ce fait l'accumulation sous formes organo-minérales de la matière organique (Jones, 1973).

4.1.1.6. Conclusions

L'étude réalisée à Sare Yorobana montre qu'en jachère naturelle des évolutions positives et significatives de variables biologiques comme la biomasse racinaire se dégagent. En revanche les taux de carbone et d'azote du sol n'évoluent guère. L'hypothèse selon laquelle l'alternance entre cultures et jachères naturelles relativement courtes est une pratique favorable au maintien d'une production durable, lorsque l'homme sollicite raisonnablement l'espace cultivable comme à Sare Yorobana, ne peut être ni rejetée ni acceptée par le seul examen de ces premiers résultats.

Par contre les résultats observés à Sonkorong, dans le Sine Saloum, montrent que, dans un milieu dont le potentiel est faible en raison des conditions naturelles difficiles et où la pression anthropique est forte, la gestion de la jachère est incontournable, si l'on veut que cette pratique ait un effet sur la régénération du sol.

En 1995, il sera organisé une large prospection de jachères dans les deux régions, ce qui permettra d'augmenter le nombre de parcelles observées pour chaque catégorie d'âge de jachère. Par ailleurs, on abordera également la matière organique avec une approche fonctionnelle par la caractérisation de compartiments de matière organique à partir d'un fractionnement granulométrique

4.1.2. Influence du temps de jachère sur la végétation

4.1.2.1. Caractérisation de la strate ligneuse (Maguette Kaire)

L'étude concerne la production ligneuse des jachères dans un terroir villageois de Kolda en zone soudano-guinéenne du Sénégal (1200 mm). L'objectif principal était d'estimer cette production ligneuse, de déterminer le temps de jachère nécessaire pour une production optimale compte tenu des utilisations actuelles de cette ressource. Il s'agissait en outre de faire une typologie des systèmes d'exploitations incluant la jachère pour mieux comprendre son fonctionnement.

La végétation est une forêt claire à *Terminalia macroptera* accompagné de *Combretum geitonophyllum*, *Combretum glutinosum* et *Dichrostachys glomerata*. On rencontre aussi quelques grands arbres éparses tels que : *Pterocarpus erinaceus*, *Lannea acida*, *Erythrophleum africanum*, *Parkia biglobosa*, *Bombax costatum*, *Prosopis africana*. On note aussi la présence caractéristique du

bambou africain *Oxytenanthera abyssinica*. Les formations étudiées sont caractérisées par la présence de nombreuses combretacées.

4.1.2.1.1. Matériels et méthodes

Détermination de l'âge des jachères

Les jachères constituent un stade évolutif des formations anthropiques vers les formations naturelles (Blanfort, 1991). L'âge de ces jachères est donc déterminant quant à leur structure et leur biodiversité. Deux méthodes complémentaires sont utilisées pour la détermination de l'âge :

- *la méthode des enquêtes* : elle consiste à interroger le propriétaire de la parcelle sur l'année d'abandon cultural. Pour les vieilles jachères (15 ans et plus) les paysans essayent de situer la date d'abandon cultural par rapport à un événement local ou national. L'âge d'abandon des jeunes jachères (1, 2, 3 ans) est toujours facile à obtenir par enquête.
- *le comptage des cernes* : le principe consiste à compter le nombre de cernes sur une section de tige ayant poussé avec la jachère. Les cernes annuels sont des couches d'accroissement annuel qui marquent le rythme de fonctionnement saisonnier du cambium. A chaque flux de végétation, une certaine épaisseur (cerne) s'ajoute aux précédents. Le nombre de cernes devrait correspondre au nombre d'hivernage. Le rythme saisonnier auquel est soumise la végétation de la zone (alternance d'une saison pluvieuse courte et d'une longue saison sèche) est favorable à la formation de cernes. Plusieurs espèces de la zone soudanienne au Sénégal développent des cernes annuels nettement discernables. Sur les cinq espèces principales ayant fait l'objet dans cette étude d'élaboration de tarifs de biomasse, l'une présente des cernes assez nets (*Combretum glutinosum*) ; une autre (*Piliostigma thonningii*) développe des cernes moins nets mais discernables ; les trois autres (*Combretum geitonophyllum*, *Terminalia macroptera* et *Acacia macrostachya*) présentent des cernes peu discernables.

Pour notre étude, nous avons donc choisi *Combretum glutinosum* pour déterminer l'âge de la parcelle grâce au comptage des cernes. C'est aussi l'une des espèces qu'a utilisé Donfack (1993) pour dater des jachères au Nord-Cameroun.

Choix des jachères à étudier

Six jachères d'âges différents ont été retenues parmi beaucoup d'autres visitées. Elles nous ont semblé bien refléter une physionomie moyenne représentative de chaque âge : une de 1 an, une de 2 ans, une de 3 ans, une de 6 ans, une de 10 ans et une de 15 ans. Toutes ces parcelles sont situées à proximité les unes des autres, dans un rayon de 500 m environ².

Aire minimale et parcelles de jachère échantillonnées

La recherche de l'aire minimale a donc consisté à compter successivement le nombre de tiges (de diamètre supérieur à 2 cm) présentes dans des placeaux échantillons de superficies croissantes. Les superficies des placeaux inventoriés ont été les suivantes : 100 m², 225 m², 400 m², 625 m², 900 m², 1225 m² et 1600 m². Ce test a été effectué dans la jachère de 10 ans.

La figure 7 montre comment varie la moyenne calculée du nombre de tiges à l'hectare, quand la superficie inventoriée augmente. A partir de 900 m², une augmentation de la surface n'apporte qu'une faible variation du nombre de tiges. Le seuil de stabilisation du nombre de tiges à l'hectare semble alors être atteint pour une superficie de 900 m². Déjà à partir de 400 m², on s'approche du palier moyen. Nous avons retenu 900 m² comme aire minimale.

² les parcelles âgées de 1, 6, 10 et 15 ans sont celles qui ont fait l'objet d'une caractérisation des caractéristiques physico-chimiques et de la biomasse racinaire.

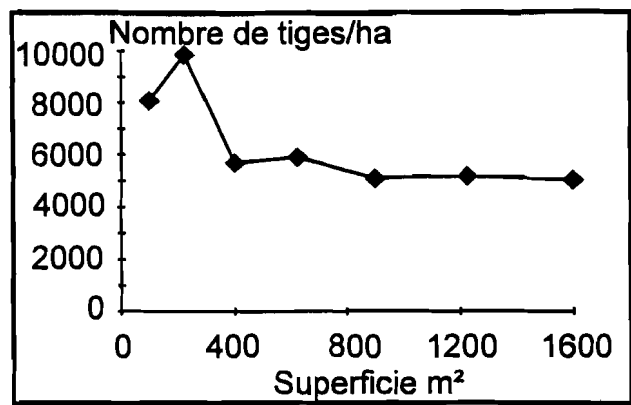


figure 7 : Détermination de l'aire minimale

Estimation de la biomasse ligneuse des parcelles.

Elle a été effectuée à l'aide de tarifs établis à partir des principales espèces que sont *Terminalia macroptera*, *Piliostigma thonningii*, *Combretum glutinosum*, *Combretum geitonophyllum*, et une autre espèce non moins importante *Acacia macrostachya*.

Nous avons abattu un certain nombre d'individus pour les peser après avoir mesuré des paramètres relatifs à la dimension de l'arbre : 25 individus par espèce répartis dans six classes de diamètre au plus ont été échantillonnés ; la biomasse aérienne de chaque individu est fractionnée en billons et pesée. Les paramètres destinés à relier à la biomasse aérienne ont été le diamètre basal, le diamètre à 1,30 m (pour les hautes tiges) ou à mi-hauteur pour les jeunes individus, et la longueur de la tige après abattage. Pour chaque individu, le diamètre moyen a été calculé à partir de diamètres pris dans deux directions perpendiculaires.

Les données obtenues, liant la biomasse ligneuse aérienne au diamètre (130 ou basal) pour les cinq espèces ont été ajustées à une fonction exponentielle du type :

$$Y = a (1 - \exp (bx))$$

(y = biomasse aérienne ligneuse ; x = diamètre considéré ; a = coefficient constant ; b = coefficient de régression)

Ces relations sont illustrées sur la figure 8 (pour le diamètre à 130 cm).

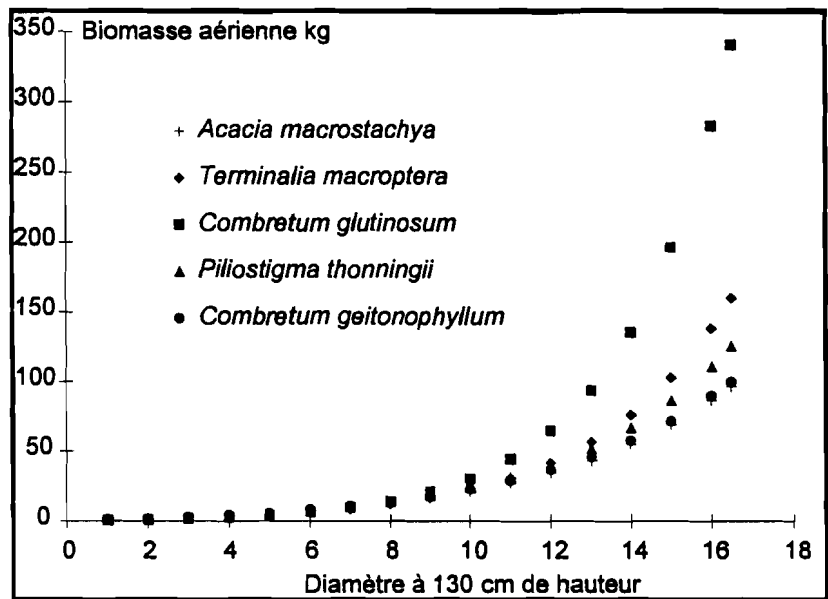


figure 8 : Relation entre la biomasse ligneuse et le diamètre à 130 cm.

Pour les espèces secondaires n'ayant pas fait l'objet de tarifs, l'estimation des biomasses a été effectuée sur le modèle moyen obtenu en calculant la moyenne des données sur les 5 espèces. Kestemont (in Poupon, 1980) utilise pour 138 arbres de diverses espèces une seule et unique droite de régression moyenne et obtient une bonne estimation de la biomasse aérienne ligneuse totale.

Choix des placeaux échantillons

La densité (nombre de tiges/ha) n'étant pas homogène sur toute l'étendue des parcelles, le choix du plateau retenu pour les mesures est conduit de la façon suivante : 3 carrés de 30 m x 30 m (aire minimale) sont choisis au hasard. Dans chacun de ces placeaux, le nombre de tiges de diamètre supérieur à 2 cm a été compté et ramené à l'hectare. Une moyenne est ensuite calculée et le plateau ayant le nombre de tiges/ha le plus proche de la moyenne a été retenu comme échantillon pour cette jachère.

4.1.2.1.2. Les ligneux dans les jachères étudiées

Densité

Les jachères présentent toutes de fortes densités de ligneux. Le nombre de tiges à l'ha varie de 23.820 à 45.500 (figure 9). La richesse en espèces ligneuses est relativement faible et augmente avec l'âge de la jachère (figure 10).

La figure 9 montre que la densité des tiges à l'ha est sensiblement la même dans les parcelles de 1, 2 et 3 ans. La parcelle de 6 ans montre une densité importante, sans doute parce que des brins commencent à échapper au feu. Ensuite cette densité diminue vraisemblablement en raison du prélèvement de bois de feu et de l'élimination par concurrence.

Contribution des différentes espèces au nombre total de tiges

L'examen de la contribution des espèces représentée par la figure 11 montre un fond commun d'espèces pour toutes les jachères. Ce fond commun est constitué par les espèces pionnières avec une nette dominance de *Terminalia macroptera* (45% du total des tiges). Le second groupe est constitué par *Piliostigma thonningii* (12%), *Combretum glutinosum* (8%), *Combretum geitonophyllum* (7%), *Dichrostachys glomerata* (7%). On constate néanmoins un léger recul de *Terminalia macroptera* dans les vieilles jachères (10-15 ans).

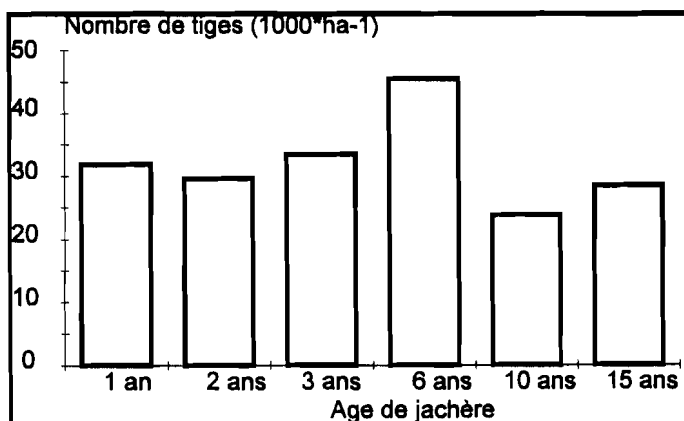


figure 9 : Densité des tiges d'espèces ligneuses dans des jachères de différents âges

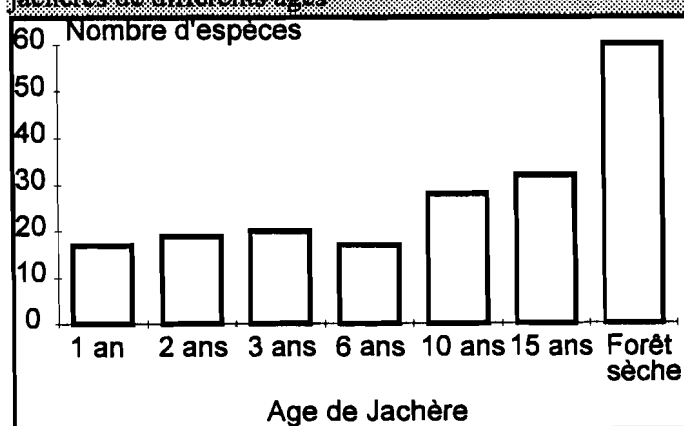


figure 10 : Richesse en espèces ligneuses dans des jachères de différents âges et dans la forêt sèche voisine

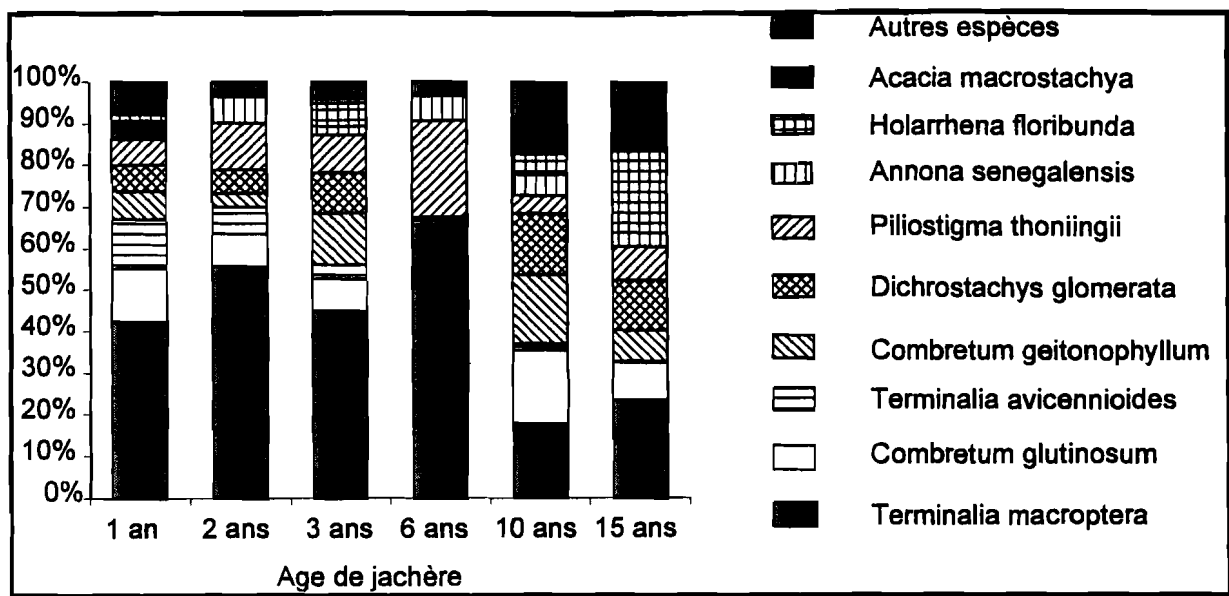


figure 11: Contribution des différentes espèces ligneuses au nombre total des tiges.

4.1.2.1.3.La biomasse aérienne ligneuse totale

Evolution de la biomasse ligneuse avec l'âge de la jachère

La figure 12 montre comment évolue la biomasse ligneuse au cours du temps. On a tenu compte, pour cette biomasse, de la partie prélevée par la population. Cette partie a été estimée sur la base du diamètre des souches restantes après coupe. De 6 à 8 ans, sur un hectare de superficie, la biomasse ligneuse est estimée à 25 tonnes pour les jachères de 1 an, 29 tonnes pour celles de 2 ans, 36 tonnes pour celles 3 ans, 48 tonnes pour celles 6 et 10 ans, et 60 tonnes pour celles de 15 ans.

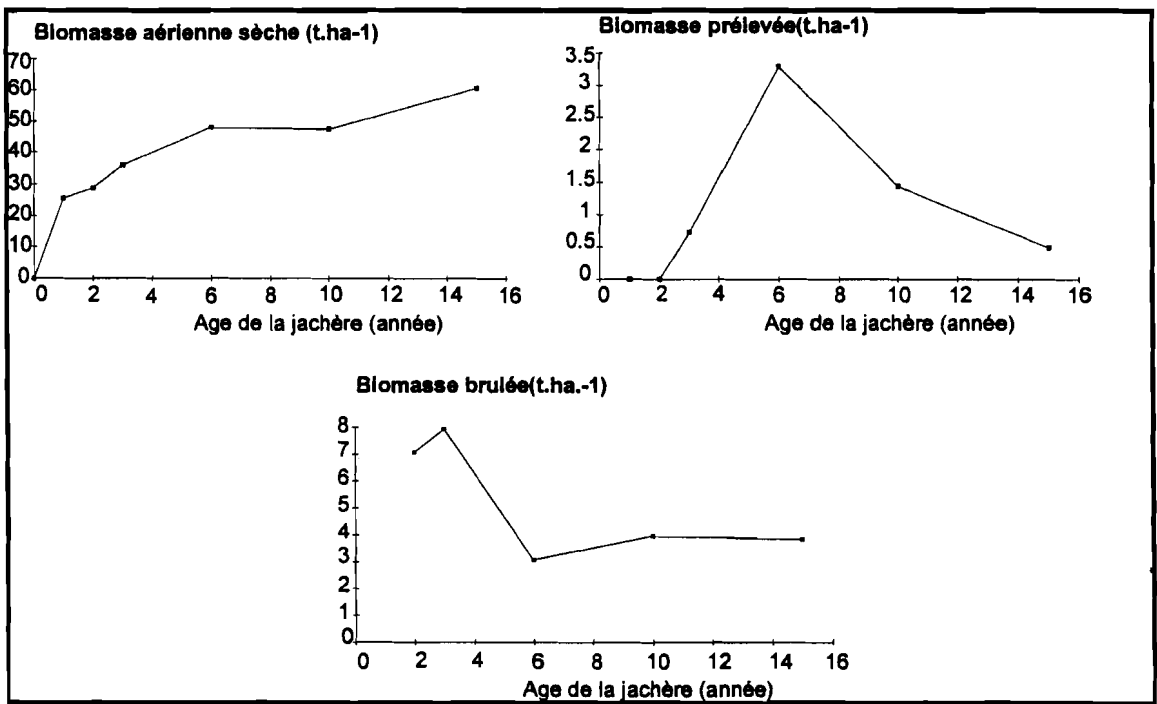


figure 12 : Evolution de la biomasse aérienne ligneuse totale, prélevée et brûlée avec l'âge de la jachère

La contribution des espèces à la biomasse totale confirme la nette dominance de *Terminalia macroptera* (40% de la biomasse totale toutes jachères confondues) suivi de *Combretum geitonophyllum* (12%), *Combretum glutinosum* 11% et *Piliostigma thonningii* 10%. Ces quatre espèces jouent un rôle majeur dans la production de biomasse ligneuse totale (73% du total).

La parcelle de 15 ans dont la surface terrière totale est de 1,64 m² atteint une biomasse ligneuse de 5,4 tonnes (parcelle de 900 m²).

Les prélèvements de biomasse ligneuse

Ces prélèvements correspondent aux coupes effectuées par les populations dans les différentes jachères. Leur estimation en biomasse est faite à partir du diamètre basal des souches restées en place. L'observation de la figure 12 montre que les prélèvements importants commencent à 6 ans d'abandon (3,3 tonnes à l'hectare). La distance du village semble avoir un effet sur les quantités prélevées et pourrait expliquer la baisse des prélèvements à 10 et 15 ans, car ces jachères sont plus éloignées du village ou bien encore les diamètres de certaines tiges âgées de 10-15 ans deviennent plus pénibles à couper.

Les perturbations liées au prélèvement semblent donc être prépondérantes à partir de 6 ans d'abandon, ce qui pourrait expliquer le palier atteint par la biomasse sur pied à 6-10 ans de jachère.

Effet du feu sur la biomasse aérienne totale et sur les différentes espèces ligneuses.

L'effet du feu sur les différentes espèces varie en fonction de l'âge. Dans les jeunes jachères (2-3 ans), les différences de sensibilité au feu des espèces permettent de distinguer trois groupes : le premier groupe, dont 25 à 30% des tiges de chaque espèce sont détruites par le feu, est composé de *Annona senegalensis*, *Zizyphus mauritiana* et *Dichrostachys glomerata*. Le second groupe (10 à 20% de tiges détruites) est composé de *Combretum glutinosum*, *Terminalia macroptera* et *Piliostigma thonningii*. Le troisième groupe (moins de 10% de tiges détruites) est constitué de *Combretum geitonophyllum* et les autres espèces.

L'effet du feu sur la biomasse ligneuse produite est estimée à partir du diamètre des tiges calcinées. La figure 12 montre que les dégâts causés par le feu sont surtout importants dans les jeunes jachères. La biomasse brûlée atteint 7 à 8 tonnes/hectare dans les jachères de 2 à 3 ans, soit 22 à 25% de la biomasse ligneuse produite à l'hectare. Ces importants dégâts s'expliquent par la forte sensibilité des tiges au feu dans le jeune âge. A partir de 6 ans, la biomasse brûlée semble se stabiliser autour de 3,5 tonnes à l'hectare.

4.1.2.1.4.5. Conclusion

Dans la région de moyenne Casamance étudiée, la biomasse aérienne sur pied augmente dans les stades post-culturels jeunes jusqu'à atteindre un palier à 6-10 ans du fait des prélèvements opérés par l'homme à ce stade. Le temps de jachère pour atteindre la biomasse sur pied maximale semble donc se situer autour de 10 ans dans notre zone d'étude.

Au cours de la reconstitution du peuplement ligneux, certaines espèces interviennent plus que d'autres à un ou à plusieurs stades. Cette contribution est liée à la stratégie que chaque espèce développe face aux perturbations (résistance aux coupes répétées, aux feux annuels, etc.). Les prélèvements commencent à 6 ans d'abandon et la distance du village joue un rôle non négligeable sur la pression dans les jachères.

L'effet du feu est considérable sur la biomasse produite dans le jeune âge, et sélectif sur les espèces. On peut considérer que de 1 à 3 ans, les prélèvements sont quasi nuls. A ce stade, seul le feu perturbe fortement la dynamique de la végétation ligneuse dont les jeunes brins sont entièrement détruits chaque année.

4.1.2.2. Composition, structure de la végétation et temps de jachère (Alphousseiny Bodian)

Dans les deux zones précédemment décrites, on a réalisé plusieurs relevés floristiques sur des parcelles qui diffèrent selon un âge de jachère ou un mode de gestion. A Thyssé Kaymor - Sonkorong, on a observé la végétation de mises en défens pendant 5 années ; le rôle de cette mise en défens sur des jachères sera discuté. A Sare Yorobana, des relevés floristiques sur des parcelles de 1, 3, 6, 10 et

15 ans après abandon cultural ; on analysera donc l'impact du temps de jachère sur la composition floristique³.

4.1.2.2.1. Influence sur la végétation de la protection des jachères et savanes dans le Sine Saloum (Sonkorong)

Matériels et Méthodes.

Nous avons effectué nos observations sur des parcelles de savane et jachères protégées et non protégées. Nous avons également étudié, à titre de comparaison, la végétation de la forêt classée de Ngayène.

- Les parcelles mises en défens

La durée de la mise en défens et la surface de chaque parcelle apparaissent sur le tableau 3. Les zones situées autour de ces parcelles de mise en défens sont considérées comme "témoin".

N° de parcelle	Date de protection	Surface	Remarque
1	1988	1 ha	jamais cultivée
2	1988	0.5 ha	jamais cultivée
3	1988	0.5 ha	dernière culture en 1969
4	1988	0.5 ha	dernière culture en 1975, 1976, 1977
5	1988	0.5 ha	jamais cultivée

tableau 3 : Récapitulatif descriptif des parcelles de mises en défens

- Les relevés phyto-écologiques

Des relevés phyto-écologiques ont été réalisés sur des savanes, jachères protégées et non protégées et aussi dans une forêt classée

Le relevé phyto-écologique consiste à noter sur le terrain, sur une surface donnée, les états des variables du milieu et les caractéristiques de la végétation.

Trente huit variables mésologiques ont été notées, huit ont été considérées comme les plus active sur la composition et la structure de la végétation. Elles ont été retenues pour le traitement et l'analyse des données :

- PSY = Paysage environnant,
- CAC = Physionomie du paysage,
- HC1 =Epaisseur de la couche meuble du sol,
- UNI = Recouvrement cumulé des trois strates,
- TPF = Mise en défens ou non,
- HC2 = texture du sol,
- HH2 = recouvrement de la strate herbacée,
- TOP = situation du paysage.

Dans un relevé, chaque espèce est listée et est accompagnée d'un nombre de 1 à 5 qui représente l'abondance-dominance.

On a considéré différentes strates pour les ligneux :

- la strate sous-arbustive (ou arbrisseaux de 50 cm à 1 m).
- la strate arbustive (arbustes de 2 m à 10m).
- la strate arborée (arbres de 10 m à 20 m).

La strate herbacée a été considérée à part. Dans chaque relevé un recouvrement en % de chaque strate a été estimé.

La méthode utilisée pour déterminer la surface à retenir pour les relevés en ce qui concerne la végétation , est celle de l'aire minimale quantitative (Gounot,1969). Elle consiste, dans une communauté végétale apparaissant homogène, à faire la liste des espèces présentes sur une petite surface, puis sur des surfaces de plus en plus grandes, doublées à chaque fois jusqu'à ce que la liste ne s'allonge plus. Une espèce est mentionnée une seule fois dans tout le relevé. On établit ainsi la courbe " aire- espèce" (figure 13).

³ Ces parcelles sont les mêmes qui sont décrites dans le paragraphe précédent concernant l'étude de la dynamique des ligneux

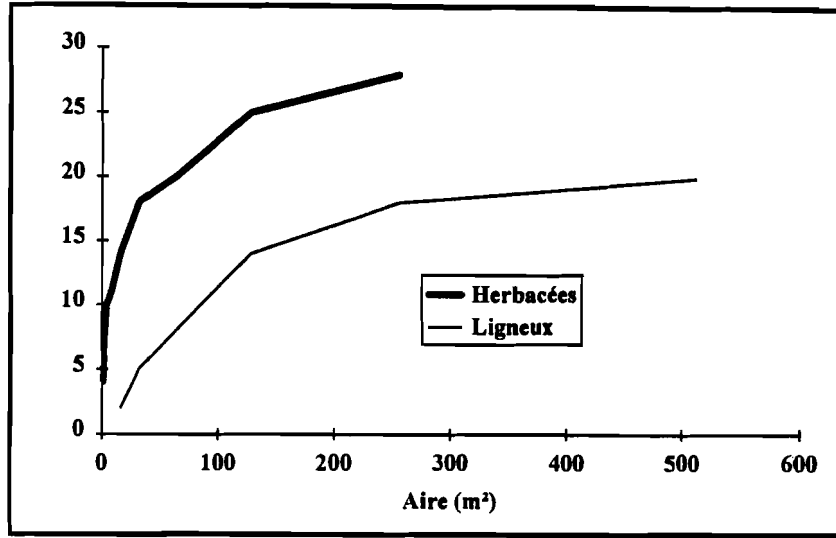


figure 13 : Courbe aire-espèce sur parcelle mise en défens 1

Vingt-huit relevés phyto-écologiques ont été effectués sur les savanes et jachères de Sonkorong et 16 dans la forêt classée de Ngayène (tableau 4).

Il ressort de cette répartition que les unités les mieux échantillonnées sont : forêt protégée 16 relevés dont 9 à l'intérieur de la forêt et 7 à la périphérie de la forêt, les savanes protégées avec 8 relevés, et savanes non protégées 8 relevés. L'unité "forêt" est moyennement échantillonnée. Les jachères protégées avec 6 relevés et les jachères non protégées 6 relevés sont médiocrement. Les descripteurs géomorphologiques sont les plateaux ; alors que les glacis et les micro- dépressions sont relativement mal échantillonnés, avec des classes peu ou pas représentées.

Descripteurs géomorphologiques	Jachères protégées	Jachères non protégées	Savanes protégées	Savanes non protégées	Forêt (intérieure)	Forêt (périphérie)	Total
Plateau	2	2	6	4	7	6	27
Glacis	3	3	1	2	0	0	9
Micro-dépression	1	1	1	2	2	1	8
Total	6	6	8	8	9	7	44

tableau 4 : Tableau d'échantillonnage : nombre de relevés par type d'unités et de descripteurs géomorphologiques

- Analyse et traitement des données

Tous les relevés floristiques et variables retenues ont été saisies en base de données à l'aide du logiciel Baseflo.

Pour pouvoir dégager les différentes espèces liées aux différentes variables mésologiques retenues sur le terrain, nous avons analysé les profils écologiques des espèces. Cette analyse a été réalisée avec le logiciel Inféco. La méthode est basée sur la théorie de l'information développée pour les études phyto-écologiques. Elle a fait l'objet de nombreuses publications. Nous avons utilisé l'information mutuelle pour l'analyse et l'interprétation des données obtenues sur des parcelles protégées et non protégées. L'information mutuelle des espèces est la valeur moyenne étendue à l'ensemble des états d'un descripteur, sur le logarithme de la probabilité à priori de chaque état. Cette approche analytique par l'information mutuelle (espèce/variable) permet l'identification des descripteurs efficaces et la sélection des espèces indicatrices d'un descripteur.

Résultats.

- Relation entre espèces et descripteurs écologiques

L'analyse des profils écologiques a permis de distinguer différents groupes d'espèces liées à des variables d'un descripteur donné. Les résultats obtenus sont résumés, pour quelques variables, montrent sur le tableau 5.

Ce tableau présente des différentes espèces caractéristiques à chaque état des variables mésologiques des descripteurs écologiques, identifiés sur le terrain durant les relevés phytocologiques.

Pour la variable paysage environnant, deux classes se partagent la majorité des relevés : le glacis et le plateau. Pour le glacis, les espèces caractéristiques sont *Bachiaria distichophylla* et *Panicum humile*. *Blepharis maderaspatensis* caractérise le plateau.

Six classes ont été retenues pour la variable "situation dans le paysage", *Hymenocardia acida* et *Cochlospermum planchonii* marquent respectivement des situations de haut et milieu de pente ; ceci peut être mis en relation avec les sols peu profonds qui caractérisent ces situations.

L'étude de la variable profondeur du sol fait apparaître notamment les espèces liées à une très faible profondeur de sol (quelques centimètres au dessus de la cuirasse), ce sont *Elionurus elegans* et *Sporobolus granularis*.

Ipomea eriocarpa marque les sols plutôt argileux, *Piliostigma reticulata* caractérise les milieux à tendance sableuse alors que *Kaempferia aethiopica* les sols à tendance limoneuse. On retrouve pour les sols gravillonnaires *Cochlospermum planchonii* ainsi que *Fimbristylis exilis*, ces sols apparaissent effectivement plutôt en haut ou milieu de pente.

Les jachères sont surtout caractérisées par *Ipomea sepiaria* et *Hibiscus diversifolius*. Les forêts sont marquées essentiellement par *Sida alba* et *Cassia absus*. *Eragrostis tremula* caractérise les savanes. *Baissea multiflora*, espèce lianescente, est présente principalement dans les zones forestières.

Commelina forkalei marque un recouvrement herbacée faible. Le recouvrement ligneux fort est caractérisé par *Setaria pallidifusca*.

- *Influence de la mise en défens sur la végétation*

Tephrosia bracteolata, *Ipomoea pileata*, *Baissea multiflora* et *Peristrophe bicalyculata* sont des espèces très liées à la mise en défens. *Striga hermontheca*, *Eragrostis tremula*, *Hibiscus asper* par contre sont liées à des zones non protégées.

La mise en défens a favorisé un recouvrement de la strate herbacée et l'installation d'espèces sensibles à la protection. Parmi ces dernières, apparaissent des lianes telle que *Baissea multiflora*.

- *Comparaison du recouvrement des différentes strates de végétation sur les parcelles étudiées*

Sur chaque parcelle, on a calculé le recouvrement moyen de chaque strate. La figure 14 en donne une représentation graphique.

Le recouvrement de la strate sous-arbustive des parcelles non protégées est en général supérieur au recouvrement de cette strate dans les parcelles protégées (excepté pour la parcelle n°5 non protégée). Le pâturage en zone non protégée favorise le développement de la strate basse.

Les recouvrements de la strate arbustive des parcelles non protégées 2 et 4 sont nettement supérieurs à ceux de leurs homologues protégées, alors que les recouvrements des parcelles protégées 1, 5 et 6 sont supérieurs à leurs homologues non protégées.

Les parcelles protégées montrent en général des recouvrements de la strate arborée (>2m) supérieurs à ceux des parcelles non protégées, ce qui tendrait à montrer que des coupes d'arbre ont eu lieu dans les zones non protégées, favorisant les arbustes.

Le couvert important, dans les parcelles non protégées, des espèces dominantes est dû à la très bonne régénération de souches après des coupes à ras.

La parcelle n°5 a un faible recouvrement total de 15% en raison de la présence de la cuirasse affleurante.

Lorsque les espèces dominantes ont un pouvoir de régénération faible, comme *Acacia machrostachya*, le recouvrement de la parcelle protégée l'emporte sur celui de la non protégée.

Descripteurs écologiques	Code	Etats du descripteur	Espèces végétales caractéristiques
Paysage environnant	PSY	1- plateaux 9- glacis.	<i>Blepharis maderaspatensis</i> , <i>Cissus waterlotii</i> , <i>Sida alba</i> , <i>Digitaria longiflora</i> <i>Indigofera aspera</i> , <i>Brachiaria distichophylla</i> , <i>Panicum humile</i> , <i>Stylochiton warneckei</i> , <i>Hymenocardia acida</i>
Situation dans le paysage	TOP	0- sommet de plateau. 1- Haut de pente. 2- Milieu de pente. 4- Replat. 7- Terrain plat 9- micro-dépression	<i>Indigofera pilosa</i> , <i>Scilla sudanica</i> , <i>Hackelochloa granularis</i> , <i>Kyllinga erecta</i> , <i>Hymenocardia acida</i> <i>Fimbristylis exilis</i> , <i>Indigofera aspera</i> , <i>Commiphora africana</i> , <i>Cochlospermum planchonii</i> , <i>Englerina lecardii</i> <i>Microchloa indica</i> , <i>Setaria pallidifusca</i> , <i>Merremia pinnata</i> <i>Dactyloctenium aegyptium</i> , <i>Eragrostis lingulata</i> , <i>Sida alba</i> , <i>Asparagus paulii-gielmi</i> , <i>Cissus waterlotii</i> <i>Cassia siberiana</i> , <i>Lannea acida</i>
Profondeur du sol	HC1	0- < 40cm 1- > 40 cm	<i>Spermacoce chaetocephala</i> , <i>Elionurus elegans</i> , <i>Eragrostis lingulata</i> , <i>Hackelochloa granularis</i> , <i>Indigofera aspera</i> , <i>Indigofera dendroides</i> , <i>Mukia maderaspatana</i> , <i>Pandiaka heudelotii</i> , <i>Stylochiton hypogaeus</i> , <i>Vignaluteola</i> , <i>Commelina umbellata</i> , <i>Euphorbia macrophylla</i> , <i>Hibiscus diversifolius</i> , <i>Sporobolus granularis</i> , <i>Urginea altissima</i> , <i>Acacia macrostachya</i> , <i>Grewia lasiodiscus</i> <i>Alysicarpus ovalifolius</i> , <i>Hyptis suaveolens</i> , <i>Sida alba</i> , <i>Cassia absus</i>
Texture du sol	HC2	1- argilo-sableux 2- limoneux-sableux 3- sableux-limoneux 6- gravillonnaires	<i>Sida alba</i> , <i>Ipomea eriocarpa</i> , <i>Desmodium hirtum</i> , <i>Dioscorea prehnensis</i> , <i>Hexalobus monopetalus</i> , <i>Sterculia setigera</i> <i>Sida rhombifolia</i> , <i>Kaempferia aethiopica</i> <i>Indigofera aspera</i> , <i>Stylochiton hypogaeus</i> , <i>Elionurus elegans</i> , <i>Indigofera dendroides</i> , <i>Indigofera hirsuta</i> , <i>Merremia pinnata</i> , <i>Sporobolus granularis</i> , <i>Piliostigma reticulata</i> , <i>Securidaca longipedunculata</i> , <i>Strychnos spinosa</i> <i>Fimbristylis exilis</i> , <i>Cochlospermum planchonii</i>
Physionomie	CAC	1- jachère 15- forêt 16- savane 19- essai forestier	<i>Desmodium tortuosum</i> , <i>Merremia aegyptiaca</i> , <i>Ipomea separia</i> , <i>Justicia schimperi</i> , <i>Merremia pinnata</i> , <i>Stylochiton hypogaeus</i> , <i>Brachiaria lata</i> , <i>Cissus vogelii</i> , <i>Cissampelos mucronata</i> , <i>Hibiscus diversifolius</i> , <i>Securidaca longipedunculata</i> , <i>Heeria insignis</i> , <i>Strychnos spinosa</i> <i>Blepharis maderaspatensis</i> , <i>Peristrophe bicalyculata</i> , <i>Sida alba</i> , <i>Cassia absus</i> , <i>Cassia jaegeri</i> , <i>Combretum lecardii</i> , <i>Pavetta cinereifolia</i> <i>Eragrostis tremula</i> , <i>Hackelochloa granularis</i> , <i>Indigofera dendroides</i> , <i>Setaria pallidifusca</i> , <i>Indigofera pilosa</i> , <i>Urginea altissima</i> <i>Digitaria longiflora</i> , <i>Sida cordifolia</i> , <i>Vigna luteola</i> , <i>Baissea multiflora</i> , <i>Bombax costatum</i> , <i>Commiphora africana</i> , <i>Detarium microcarpum</i> , <i>Englerina lecardii</i> , <i>Maerua angolensis</i>
Recouvrement strate herbacée	HH2	1- recouvrement faible (< 20%) 7- recouvrement fort (60% à 70 %)	<i>Commelina forkalaei</i> , <i>Panicum humile</i> , <i>Cassia sieberiana</i> , <i>Commiphora africana</i> , <i>Hymenocardia acida</i> , <i>Pavetta cinereifolia</i> , <i>Pterocarpus erinaceus</i> <i>Blepharis maderaspatensis</i> , <i>Justicia schimperi</i>
Recouvrement strate ligneuse	UNI	1- recouvrement faible (< 20%) 6- recouvrement fort (50 % à 60 %)	<i>Indigofera dendroides</i> , <i>Hibiscus diversifolius</i> , <i>Indigofera aspera</i> , <i>Sporobolus granularis</i> , <i>Euphorbia macrophylla</i> <i>Microchloa indica</i> , <i>Setaria pallidifusca</i>
Aménagement	TPF	1- mise en défens 2- non mise en défens	<i>Blepharis maderaspatensis</i> , <i>Crotalaria goreensis</i> , <i>Digitaria longiflora</i> , <i>Mukia maderaspatana</i> , <i>Peristrophe bicalyculata</i> , <i>Tephrosia bracteolata</i> , <i>Cassia absus</i> , <i>Cassia jaegeri</i> , <i>Ipomaea pileata</i> , <i>Baissea multiflora</i> <i>Eragrostis tremula</i> , <i>Hibiscus asper</i> , <i>Indigofera macrolyx</i> , <i>Microchloa indica</i> , <i>Setaria pallidifusca</i> , <i>Striga hermontheca</i> , <i>Brachiaria xantholeuca</i> , <i>Indigofera pilosa</i>

tableau 5 : Groupes d'espèces pour les différentes variables mésologiques observées

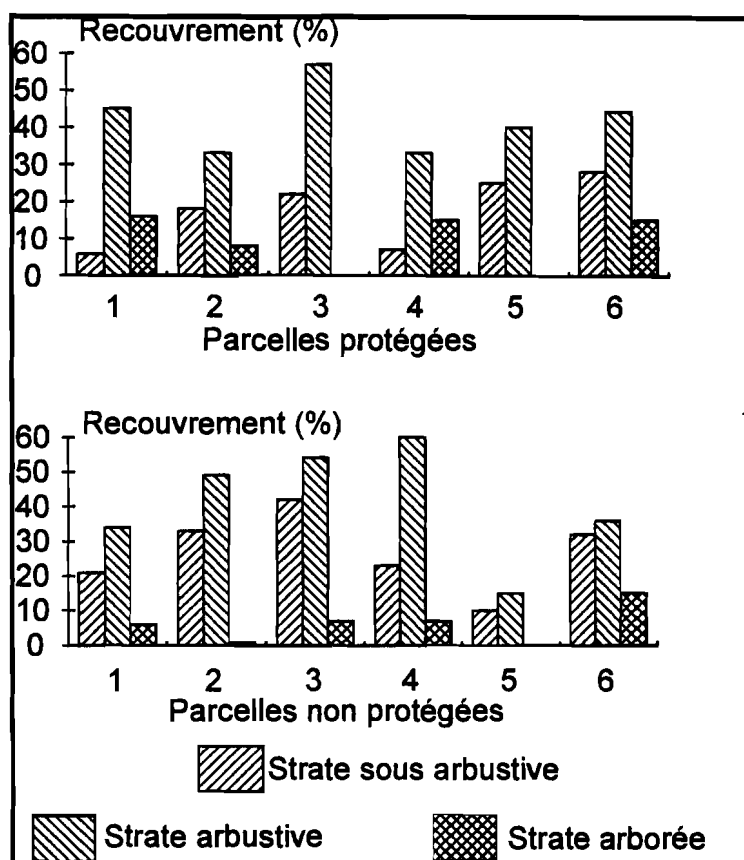


figure 14 : Recouvrement des strates sous arbustives, arbustives et arborées pour les différentes parcelles (1, 2 et 5 savanes sur plateaux, 3 et 4 jachères anciennes, 6 forêt)

- *Diversité végétale dans les parcelles étudiées.*

L'indice de diversité et d'équitabilité doivent permettre de comparer le niveau d'organisation de groupements végétaux. Ils donnent des indications pour apprécier leur stabilité et leur évolution. L'étude a concerné dix parcelles, toutes situées sur des jachères et savanes boisées dégradées, à différents niveaux de la toposéquence

L'étude de diversité devait surtout permettre de dégager des comparaisons entre parcelles protégées et non protégées pour comprendre comment se sont organisés les communautés végétales durant les années de protection ou de non protection. Les comparaisons ont donc été faite se feront donc deux à deux, entre parcelles protégées et leurs témoins non protégées. Les indices de diversité prennent en compte le nombre d'espèces rencontrées et les effectifs de chacune d'elles. Dans notre cas, nous avons utilisé la contribution spécifique (PI), qui représente la participation de l'espèce au recouvrement total.

Nous avons utilisé l'indice de diversité de Shannon (H) :

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \times \ln(P_i)$$

où S = nombre d'espèces dans le relevé et P_i la contribution de l'espèce au recouvrement ;

Le nombre d'espèce recensées et les effectifs de chacune des espèces influent sur ces indices, ce qui rend leur utilisation peu intéressante dans des milieux à richesse spécifique très dissemblable. Il vaut mieux comparer des indices d'équitabilité qui représentent le rapport entre la diversité observée et la diversité maximale théorique.

L'indice d'équitabilité de Simpson s'écrit :

$$J = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{\sum_{i=1}^S P_i \times \ln(P_i)}{\ln(S)}$$

On remarque sur le tableau 6 que, pour les ligneux, les indices de diversité et d'équitabilité sont en général plus grands dans les parcelles protégées (PP) que dans les parcelles non protégées (PT) sauf pour la parcelle 5.

Il en est de même pour les herbacées, sauf dans les parcelles 1 et 5 qui n'ont jamais été cultivées.

Pour la strate ligneuse, on remarque sur le tableau 6 que le nombre d'espèces des parcelles protégées ou non sont voisins, sauf pour la parcelle 1. Cinq années de protection ne sont pas suffisantes pour faire apparaître ou disparaître des espèces ligneuses dans une parcelle protégée. Les phénomènes de succession pour les ligneux sont perceptibles à plus long terme. En revanche, même durant un laps de temps aussi court, on note de fortes différences de couvert et de biomasse des ligneux dans et hors mise en défens.

Pour la strate herbacée, le nombre d'espèces est souvent le plus grand sur les parcelles témoins que sur les protégées. L'anthropisation augmente la richesse floristique au niveau des herbacées. Les animaux et l'homme sont des agents de dissémination des diaspores de nombreuses espèces. Les perturbations multiplient les niches écologiques où peuvent trouver place certaines espèces. Ce phénomène d'une diversité forte s'observe souvent pour un niveau de perturbation moyen. Si le niveau de perturbation est faible (climax), la diversité peut-être aussi relativement faible ; certaines espèces ayant eu le temps d'éliminer les autres en raison d'une meilleure adaptation aux conditions moyennes de l'environnement. Si le niveau de perturbation est trop fort le nombre d'espèces diminue et on arrive à des peuplements végétaux où quelques espèces dominent. Il semble que dans la parcelle 1 protégée, la protection soit plus efficace qu'ailleurs. Cette parcelle 1 ne ressemble pas aux autres. Elle montre une richesse floristique plus grande. Est-ce parce qu'elle n'a jamais été cultivée ? est-ce une hétérogénéité du sol ?

En ce qui concerne la diversité les parcelles d'âges différents, pour les parcelles protégées 3 (16 ans) et 4 (17 ans), la différence en nombre d'espèces est de 9 pour les herbacées. Pour les ligneux, il y a presque le même nombre d'espèces.

La mise en défens de quelques années n'augmente pas le nombre d'espèces, qu'elles soient ligneuses ou herbacées. Il est par ailleurs certain que les groupements protégés n'ont pas encore atteint leur état de stabilité après si peu de temps. Ils évoluent au contraire plus vite que les groupements non protégés, en équilibre métastable avec la pression anthropique qui s'y exerce.

D'une façon générale, les indices de diversité et d'équitabilité plus faibles, associés à une richesse spécifique plus grande, dans les parcelles non protégées, traduisent la dominance de quelques espèces sur ces parcelles anthropisées. Cette dominance tend à diminuer lorsque la pression anthropique cesse lors de la mise en défens.

Parcelles	Ligneux			Herbacées		
	N	H	J	N	H	J
PP1	26	2.660	0.816	67	0.549	0.130
PT1	17	1.850	0.653	56	1.104	0.274
PP2	15	2.058	0.760	54	2.601	0.652
PT2	11	1.740	0.726	64	1.712	0.412
PP3	21	2.357	0.774	46	1.201	0.314
PT3	22	2.302	0.745	61	0.935	0.227
PP4	17	1.973	0.696	55	1.303	0.325
PT4	15	1.657	0.612	62	0.978	0.237
PP5	9	1.303	0.593	14	0.252	0.096
PT5	8	1.581	0.760	13	0.252	0.098

tableau 6 : Richesse floristique (N) et indices de diversité (H) et d'équitabilité (J) de Shannon

• Groupes d'espèces fonctionnelles

Nous avons cherché à classer les espèces rencontrées en groupes fonctionnels, c'est à dire regroupant des espèces fonctionnant ou réagissant de la même manière. Nous avons défini 11 groupes d'espèces que l'on peut classer ensemble pour diverses raisons (tableau 7).

Pour les espèces annuelles :

- G1 = espèces très éphémères cycle court (thérophytes)
- G2 = espèces à cycle long (thérophytes)
- G3 = espèces à tubercules (géophytes)
- G4 = espèces à bulbes (géophytes)

Pour les espèces vivaces :

- G5 = espèces vivaces à bourgeons de rénovation au ras du sol (hémicryptophytes)
- G6 = espèces à bourgeons de rénovation dans les premiers 30 cm au dessus du sol (chaméphytes)
- G7 = phanérophytes à floraison, fructification, maturation des fruits à la même période
- G8 = phanérophytes à feuilles pseudo-persistantes (caduques tous les deux ans)
- G9 = phanérophytes à feuilles entièrement caduques
- G10 = espèces fixatrices d'azote
- G11 = espèces parasites (épiphytes ou non épiphytes)

Groupes fonctionnels	Nombre d'espèces répertoriées	Parcelles										
		PP1	PT1	PP2	PT2	PP3	PT3	PP4	PT4	PP5	PT5	FC
G1	6	4	3	4	5	3	3	1	4	2	2	5
G2	87	56	47	42	38	41	46	37	50	11	10	58
G3	8	5	3	4	4	2	6	5	3	1	1	5
G4	4	2	2	1	2	0	3	3	3	1	1	2
G5	1	1	1	0	1	0	2	1	1	1	0	1
G6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2
G7	7	6	6	4	3	5	5	6	7	4	4	6
G8	11	10	9	5	5	10	6	6	7	7	4	7
G9	16	7	1	5	5	8	6	9	8	4	3	11
G10	5	3	2	0	1	3	2	2	1	1	0	4
G11	2	1	0	1	2	0	1	1	2	1	1	0

tableau 7 : Nombre d'espèces présentes dans les parcelles observées appartenant aux différents groupes fonctionnels

Les espèces du groupe fonctionnel à cycle très court sont très peu nombreuses par rapport aux espèces annuelles à cycle long.

Une espèce peut appartenir à plusieurs groupes fonctionnels. C'est le cas par exemple lorsqu'elle peut s'adapter à plusieurs conditions du milieu en changeant de forme biologique : *Feretia apodanthera* est tantôt phanérophyte sur dépression ou micro-dépression ou plateau et chaméphyte sur anciennes termitières. Certaines espèces ligneuses peuvent se régénérer efficacement par rejets de souche comme *Combretum glutinosum*, *Guiera senegalensis* ou *Combretum nigricans*, on peut qu'elles constituent un groupe fonctionnel que nous aurions pu isoler même si elles se retrouvent dans un autre groupe. D'autres phanérophytes ne possèdent pas cette facilité de régénération. Ceci explique la présence faible de certaines espèces de la forêt sèche primitive comme *Cordyla pinnata* et *Pterocarpus erinaceus*.

Le nombre d'espèces géophytes dans les parcelles protégées est égal voire légèrement plus grand que dans les parcelles non protégées. Les espèces fixatrices d'azote ont un effectif sensiblement égal ou supérieur dans les parcelles protégées (tableau 7).

• *Espèces utilisées par l'homme. Espèces améliorantes.*

Nous avons classé sur le tableau 8 les espèces utilisées par l'homme et des espèces considérées comme améliorantes pour le milieu. Ce sont ces espèces qu'il faut tenter de favoriser par des mesures de protection.

Discussion.

La mise en défens des jachères anciennes favorise le développement de la strate sous-arbustive vers une strate arbustive puis vers une strate arborée. Dans cette région à climat soudano-sahélien, les ligneux finissent par l'emporter sur la strate herbacée, s'il n'y a pas de prélèvements par l'homme.

Par contre les parcelles non protégées sont constamment maintenues à un état sous-arbustif et arbustif du fait de l'exploitation constante par l'homme et l'animal. Les espèces dominantes sont particulièrement adaptées à cette exploitation grâce à une bonne régénération par rejets de souches après coupe à ras (*Combretum glutinosum*, *Guiera senegalensis* et *Combretum nigricans*).

Sur les jachères et les savanes mises en défens, le développement rapide par rejets de souche d'espèces ligneuses favorise sous le couvert, les espèces herbacées à feuilles larges telles que *Spermacoce stachydea* et permet un meilleur développement des graminées comme *Pennisetum pedicellatum*. Ces fourrés sous arbustes sont des foyers de colonisation et pourront constituer des

points privilégiés à partir desquels s'organise la dissémination et la succession. C'est ce que Yarranton et Morrison (1974) ont appelé la " nucléation " .

Bien que non pionniers, les arbres entretenus dans les champs par les paysans durant la phase culturale, contribuent aussi à cette « facilitation » offerte à certaines espèces pour s'installer après abandon de la culture. Des conditions micro-climatiques et édaphiques favorables créées sous le couvert des arbres, le rôle de perchoir favorisant l'apport de graines ornithocores, peuvent permettre à certaines espèces de s'y installer.

L'influence de l'arbre dépend du degré de développement du couvert végétal général. Cette influence peut-être dépressive si le couvert de la canopée devient trop important. Lorsque la couverture ligneuse devient très grande, les graminées diminuent au profit des herbes de sous-bois telles que *Achyranthes aspera* et *Blepharis maderaspatensis*. Il s'agit alors d'une compétition pour la lumière.

La protection soustrait la végétation aux perturbations répétées que sont les feux, le défrichement, le surpâturage. Ces conditions de pression anthropique étant relativement homogène, on peut aussi considérer la clôture aussi comme une perturbation. Il est presque impossible qu'une espèce puisse se maintenir du début à la fin une suite de stades évolutifs. On voit d'ordinaire les espèces se substituer les unes aux autres. Les premières espèces primitives créant des conditions nouvelles favorables à l'installation d'autres espèces qui alors concurrencent et les font disparaître. La disparition d'une espèce végétale laisse une place pour une autre. Cela explique que certaines espèces n'acceptent pas la protection, disparaissent et favorisent l'apparition d'autres espèces, qui, elles, s'adaptent bien à ce système. Mais les 5 ans de protection n'ont pas été suffisants pour rendre perceptibles ces processus de succession.

La mise en protection contre les feux, le surpâturage et l'exploitation, a une conséquence importante pour de nombreux individus des espèces de savanes, qui étant mutilés tous les ans, ont gardé jusque là une taille discrète.

	Espèces	Parcelles											
		PP1	PT1	PP2	PT2	PP3	PT3	PP4	PT4	PP5	PT5	FC	
Espèces utilisées par l'homme													
Carbonisation	<i>Combretum glutinosum</i>	++	++	+	+	+++	++	+++	++	++	++	++	
	<i>Combretum nigricans</i>	+++	++	+++	+++		+++	++	+	+++	+++	++	
	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	+	+			+	+	+	+				
	<i>Cordyla pinnata</i>	+	+		+	+		+	+				
Bois d'oeuvre	<i>Combretum ghasalense</i>			+	+		+	+	+			+	
	<i>Cordyla pinnata</i>	+	+					+				+	
	<i>Sclerocarya birrea</i>		+					+				+	
	<i>Lannea acida</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	
	<i>Bombax costatum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	<i>Ostryoderris stuhlmannii</i>						+						
Cueillettes	<i>Cordyla pinnata</i>	+				+		+		+			
	<i>Sclerocarya birrea</i>		+					+				+	
	<i>Diospyros mespiliformis</i>	+				+							
	<i>Cassia obtusifolia</i> *	+	+	+	+	+	+		+	+		+	
	<i>Hibiscus asper</i> *	+	+		+	+	+	+	+			+	
Autres	<i>Dioscorea prehensilis</i> l	+			+			+	+			+	
	<i>Guiera senegalensis</i>	+	++		+		+	+	+++	+	+	++	
	<i>Sterculia setigera</i>	+		+	+				+	+	+	++	
	<i>Dichrostachys glomerata</i>	+		+		+	+	+	+	+	+	+	
	<i>Feretia apodanthera</i>	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	
	<i>Grewia lasiodiscus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	=	
	<i>Securidaca longipedunculata</i>	+	+			+	+	+	+				
	<i>Heeria insignis</i>	+		+	+	+			+	+	+	+	
	<i>Hexalobus monopetalus</i>	+	+			+		+	+			+	
Espèces améliorante du milieu													
Fixateurs d'azote	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	+	+			+	+				+		
	<i>Stylosanthes mucronata</i> 2	+	+		+			+	+			+	
	<i>Cassia Jaegeri</i> *	+				+		+	+			+	
	<i>Cassia absus</i> *					+		+				+	

tableau 8 : Liste des espèces utiles ou améliorantes et fréquence de présence dans les différentes parcelles observées ; + = espèces rares, ++ = espèces abondantes, +++ = espèces très abondantes (* = espèces herbacées, 1 = géophyte, 2 = hémicryptophyte)

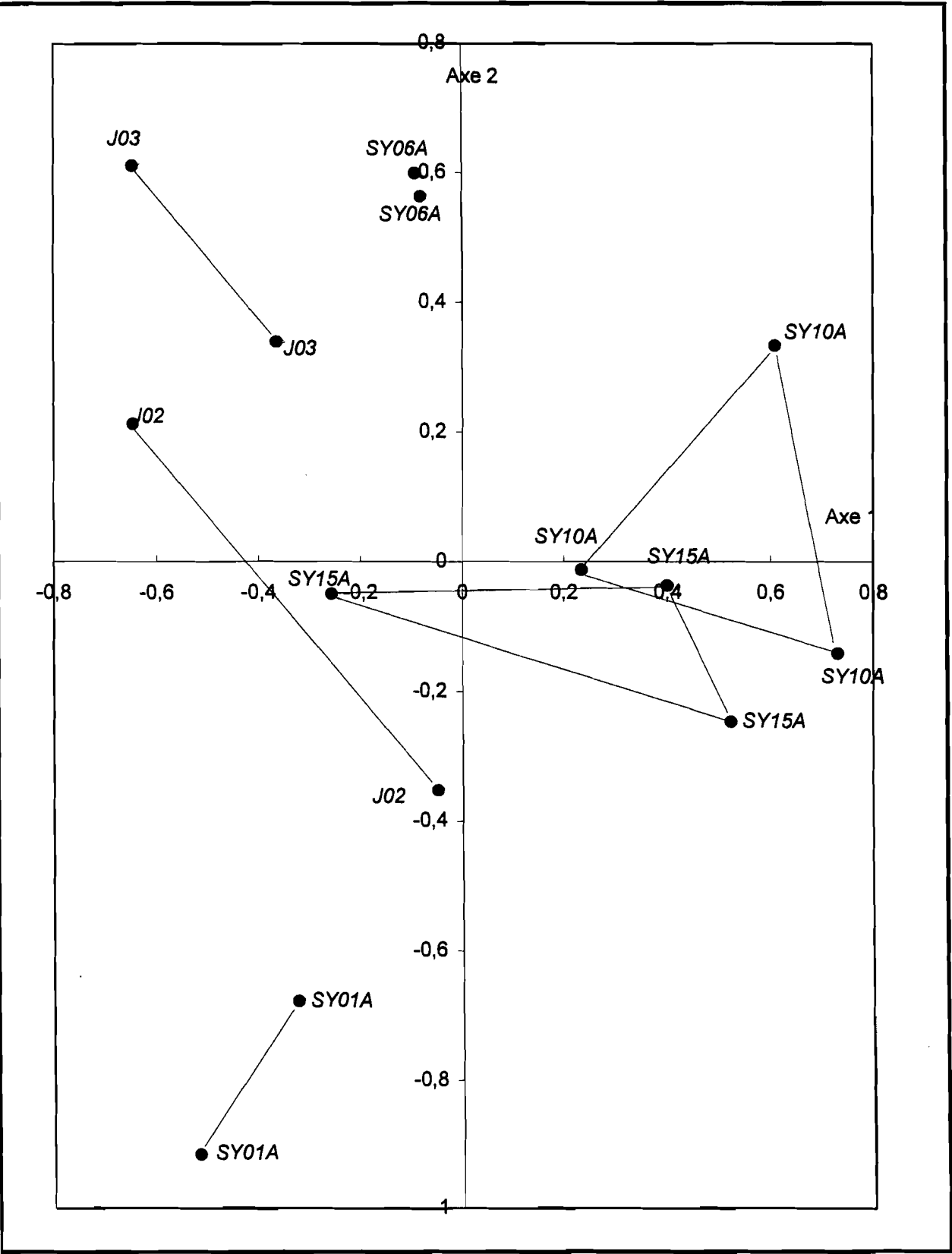


Figure 15 : Projection des relevés sur le plan 1-2 par AFC présence-absence de Sarc Yorobana. 10 relevés seulement étaient disponibles pour les 4 jachères de ce terroir ; c'est pourquoi 4 autres relevés, dressés sur des jachères voisines de 2 ans (J02) et 3 ans (J03), ont été ajoutés dans l'analyse.

4.1.2.2.2. Résultats de l'AFC à Sare Yorobana.

Les projections des individus relevés sur le plan 1-2 sont représentées en figure 15.

L'axe 1 sépare les jachères jeunes et les jachères anciennes (10 et 15 ans).

Du côté négatif (jachères jeunes) on trouve :

- (1) *Spermacoce chaetocephala* (DC.) Hepp.
- (2) *Cassia nigricans* Vahl
- (3) *Piliostigma reticulata* (DC.) Hochst.
- (4) *Sesbania pachycarpa* DC.
- (5) *Securidaca longipedunculata* Fres.
- (6) *Fimbristylis exilis* Roem et Sch.

L'espèce (3) est un ligneux qui subsiste pendant la culture ; Il se développe donc immédiatement après abandon de la terre. Les espèces (1), (4) et (5) craignent beaucoup la concurrence. Ce sont typiquement des pionnières. L'espèce (1) est peu à peu remplacée par *Spermacoce stachydea* D.C., moins héliophile.

Du côté positif (jachères anciennes) on trouve :

- (1) *Spermacoce stachydea* DC.
- (2) *Euphorbia glomerifera* L.C. Wheeler
- (3) *Asparagus Pauli-Guelmi* Solms-Laub.
- (4) *Monechma ciliatum* (Jacq.) Milne-Redh
- (5) *Grewia lasiodiscus* K. Schum.
- (6) *Combretum nigricans* Lepr.

Pennisetum pedicellatum et l'espèce (1) remplacent peu à peu *Spermacoce chaetocephala* (D.C.) Hepp.. Selon les paysans ces deux plantes sont des indicatrices fiables de fertilité et elles leur indiquent que la terre peut être remise en culture. Les espèces (2) et (3) sont sciaphiles ; l'espèce (6) se trouve dans les formations mûres.

L'axe 2 sépare les jeunes jachères entre elles mais pas les plus vieilles. Il faut y voir une confirmation de l'observation faite par certains auteurs selon lesquels la végétation évolue beaucoup durant les premières années de jachères. Ensuite sa composition se modifierait peu et l'évolution porterait davantage sur la physionomie du couvert arbustif et arboré (Yossi et Dembele, 1993 ; Donfack, 1993).

Du côté des valeurs négatives (jachères de 1 et 2 ans) on trouve :

- (1) *Achyranthes aspera* L.
- (2) *Andropogon pseudapricus* Stapf.
- (3) *Digitaria velutina* P. Beauv.
- (4) *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd.
- (5) *Eragrostis turgida* Willd.
- (6) *Indigofera pilosa* Poir.

L'espèce (1) est une espèce rustique favorisée sur sols épuisés. Les espèces (3), (4) et (6) maintiennent un stock de graines important durant la culture et dominant immédiatement après mise en jachère. Les espèces (2), (3), (4) et (5) sont des Graminées.

Le pôle positif est surtout expliqué par :

- (1) *Spermacoce stachydea* DC.
- (2) *Sida alba* L.
- (3) *Stylochiton hypogaeus* Lepr.
- (4) *Baissea multiflora* A. DC.
- (5) *Fimbristylis exilis* Roem et Sch.
- (6) *Securidaca longipedunculata* Fres.

(1) et (2) (qui est une lianescente) apparaissent dans les jachères mûres.

Nous concluons qu'à Sare Yorobana les modifications de composition de la végétation se font surtout avant 10 ans. Elles portent avant tout sur les herbacées, les ligneux étant surtout des espèces rejetant de souche et donc présentes même dans la culture. La végétation semble être un indicateur fiable de fertilité, couramment utilisé par les paysans, mais sur lequel encore peu de recherches ont été effectuées.

4.1.2.3. Temps de jachère et biomasse racinaire (Raphaël Manlay)

Sur les mêmes parcelles décrites au paragraphe 3.1.1. dans les terroirs de Sonkorong et Sare Yorobana, des mesures de biomasse racinaire ont été réalisées.

Sur chacun des douzes points repérés par parcelle, un profil racinaire jusqu'à 30 cm de profondeur est réalisé (Manlay, 1994). Les prélèvements de volume de terre sont faits par la technique du cylindre (Grouzis, 1988). La séparation des racines du sol est effectuée par tamisage sous aspersion d'eau. Cette profondeur (30 cm) du profil racinaire correspond à la profondeur du sol minimale au dessus de la cuirasse pour l'ensemble des points de prélèvements.

Ces travaux ont été réalisés au mois d'octobre 1993. L'opération a été de nouveau réalisée sur les mêmes parcelles en juin 1994 soit en fin de saison sèche.

4.1.2.3.1. Variations de biomasse racinaire entre parcelles

Les résultats sont marqués par une forte variabilité de la biomasse racinaire à l'intérieur de chaque parcelle ; mais il est possible d'émettre certaines remarques en ce qui concerne les relations de la biomasse racinaire avec l'âge de jachère (les tests d'analyses non paramétriques ont été privilégiés).

Sonkorong.

Sur les trente premiers centimètres la biomasse racinaire, en fin de saison des pluies, varie entre 3.73(+/-0.6) et 4.90(+/-0.99) t/ha. Selon le test de Kruskal et Wallis, les moyennes ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (tableau 9). Cette biomasse hypogée est cependant minimale sur la jachère de 1 an et maximale sur la parcelle de 17 ans protégée. La biomasse hypogée mesurée entre 0 et 30 cm de profondeur dans la parcelle mise en défens est de 30% supérieure à celle de la parcelle non protégée.

L'âge de jachère n'influence pas la biomasse racinaire ce qu'explique partiellement la qualité de la mesure. La mise en jachère s'accompagne du développement des ligneux. La fermeture du couvert limite le développement de la strate herbacée. Or c'est avant tout cette strate qui contribue majoritairement à la biomasse racinaire mesurée.

La cause anthropique doit aussi être invoquée si l'on observe le bond effectué par la biomasse racinaire dans la parcelle mise en défens : l'absence de feu, de parcours ou de coupe augmente de 30 % la biomasse racinaire en début de saison sèche.

	Biomasse racinaire (t/ha)			
	profondeur 0-10 cm	profondeur 10-20 cm	profondeur 20-30 cm	profondeur 0-30 cm
Sonkorong				
1 an	2.24	1.04	0.44	3.73
9 ans	2.18	1.01	0.76	3.95
17 ans	2.47	0.83	0.52	3.81
17 ans mis en défens	2.61	1.50	0.80	4.90
<i>Test de Kruskal et Wallis</i>				
H	1.954	3.251	6.059	3.924
P	58.59	35.49	10.71	26.89
Sare Yorobana				
1 an	1.87	0.84	0.52	3.22
6 ans	2.44	0.97	0.53	3.93
10 ans	1.77	0.78	0.51	3.07
15 ans	3.03	1.54	0.70	5.27
<i>Test de Kruskal et Wallis</i>				
H	11.514	14.6	2.821	15.692
P	0.94	0.24	42.18	0.15

tableau 9 : Profils racinaires à Sonkorong et à Sare Yorobana en octobre 1993 et résultats du test de Kruskal et Wallis (P est la probabilité que les valeurs ne diffèrent pas significativement entre elles: les valeurs ombragées indiquent des différences significatives entre les parcelles).

Sare Yorobana.

En fin de saison des pluies, la biomasse racinaire entre 0 et 30 cm de profondeur, est comprise entre 3.22 (+/-0.71) et 5.27 (+/-0.95) t/ha. Le test de Kruskal et Willis fait apparaitre des différences significatives entre parcelles (tableau 9). Cependant, l'augmentation n'est pas régulière en fonction de

l'âge de jachère pour les parcelles étudiées. La parcelle de 10 ans a, de façon inattendu, une biomasse racinaire inférieure à celle des jachères plus jeunes.

Les jachères sont homogènes du point de vue pédologique. Mais un autre facteur, que Kaïre (1993) démontre être la coupe, touche particulièrement la parcelle de 10 ans.

En octobre 1993 et juin 1994 la jachère la plus vieille abritait la plus forte biomasse. La parcelle possède un recouvrement important et une densité de tiges de ligneux élevée (Kaïre, 1993). L'augmentation de biomasse racinaire est donc attribuable aux ligneux. L'expansion du système racinaire vivace compense (et s'explique par) le développement limité que la pénombre impose à la strate herbacée (Walker *et al.*, 1981).

4.1.2.3.2. Variation saisonnière de la biomasse racinaire

A Sonkorong, en fin de saison sèche, ni l'âge de jachère (test de Kruskal et Wallis) ni la mise en défens n'influencent la biomasse racinaire (tableau 10). Elle diminue en moyenne de 40% à 65% entre le début de saison sèche et la fin de la saison sèche.

Par contre à Sare Yorobana, en fin de saison sèche, la biomasse racinaire est comprise entre 1.93(+/-0.51) et 3.28(+/-0.88) t/ha, respectivement pour les parcelles de 1 an et 15 ans (tableau 10). La biomasse racinaire diminue d'environ 40 % à 50 % dans les différentes parcelles.

La chute générale de biomasse racinaire est liée à la longue restriction hydrique imposée par la saison sèche. Le stock de racines fines est très sensible à l'humidité du sol. Ceci recoupe les résultats obtenus par Fournier (1982) en zone soudano-guinéenne. Il est fréquemment admis que la décomposition des racines mortes est bloquée pendant la saison sèche (microflore inactive). Nos observations ne remettent pas forcément en cause cette idée. Elles prouvent cependant que les racines mortes ne sont pas maintenues dans une intégrité physique qui autoriserait leur identification à la fin de la sécheresse.

La chute frappe préférentiellement l'horizon supérieur. Celui-ci est en effet directement soumis aux variations climatiques. D'autre part il est fortement colonisé par les annuelles. En profondeur, le milieu est plus tamponné, la biomasse racinaire varie moins et provient surtout des ligneux.

A Sare Yorobana la chute est proportionnelle au stock initial. Elle ne dépend pas de la qualité de la biomasse racinaire -herbacée ou ligneuse- puisqu'elle diffère peu entre parcelles. La réduction du stock racinaire touche indifféremment l'appareil racinaire des deux strates. A Sonkorong, la parcelle de 17 ans protégée se distingue par une chute relative plus élevée que celle de ses jeunes voisines. Aucune interprétation n'a été trouvée à cette observation.

Cette expérience de comparaison confirme que le taux de renouvellement annuel de la fraction fine des racines est élevé. Sa valeur supérieure à 0.5 rejoint celle de Grouzis (1988) en zone sahélienne (0.6) et Menaut et César (1979, dans César et Coulibaly, 1991) en zone soudanienne humide (0.5 à 1.2).

4.1.2.3.3. Conclusions

Seules les racines de moins de 2 mm ont été pesées. Au-dessus de ce diamètre le sectionnement se fait mal lors de la pénétration du cylindre et la variabilité spatiale de la biomasse racinaire est très élevée. Les résultats limitent le traitement statistique et l'interprétation des résultats est difficile. Par ailleurs, la biomasse racinaire intègre beaucoup de facteurs du milieu. Isoler l'effet « jachère » est délicat (Manlay, 1994). Des mesures sur d'autres parcelles viendront compléter en 1995 ces résultats. Il apparaît également nécessaire de prendre en compte les différents types de racines : racines d'herbacées / racines de ligneux, racines vivantes / racines mortes, *etc.*

	Biomasse racinaire (t/ha)			
	profondeur 0-10 cm	profondeur 10-20 cm	profondeur 20-30 cm	profondeur 0-30 cm
Sonkorong				
1 an	1.16	0.60	0.44	2.20
9 ans	1.19	0.66	0.33	2.19
17 ans	1.03	0.51	0.31	1.85
17 ans mis en défens	0.92	0.66	0.40	1.96
<i>Test de Kruskal et Wallis</i>				
H	2.591	1.723	3.324	1.441
P	46.14	63.61	34.46	70
Sare Yorobana				
1 an	1.27	0.38	0.28	1.93
6 ans	0.93	0.77	0.58	2.28
10 ans	0.72	0.46	0.36	1.55
15 ans	1.52	1.11	0.64	3.28
<i>Test de Kruskal et Wallis</i>				
H	12.268	22.543	9.338	15.437
P	0.7	0.01	2.48	0.16

tableau 10 : Profils racinaires à Sonkorong et à Sare Yorobana en juin 1994 et résultats du test de Kruskal et Wallis (P est la probabilité que les valeurs ne diffèrent pas significativement entre elles) : les valeurs ombragées indiquent des différences significatives entre les parcelles.

4.1.3. Diversité de la faune du sol

4.1.3.1. Diversité des nématodes (Patrice Cadet, Samba Baidy Ndiaye)

4.1.3.1.1. Matériel et méthodes

Les observations ont été faites au Sénégal, dans la région du Sine Saloum, près de Thyssé Kaymor, à Sonkorong. La pluviosité annuelle en 1993 a atteint 796,2 mm. Les sols sont de type ferrugineux à 15-20 % d'argile. Une cuirasse est située à environ 35 à 45 cm de profondeur.

L'âge de la jachère a été déterminée sur la base d'une enquête auprès des populations locales et par comptage des cernes de croissance des rejets d'espèces ligneuses repoussant de souches après abandon. Quatre jachères ont été sélectionnées pour cette étude. Trois sont âgées de 1, 9 et 17 ans et ne sont pas protégées, c'est-à-dire qu'elles sont pâturées et que du bois y est prélevé régulièrement par les populations des villages environnants. Une, également âgée de 17 ans, a été mise en défens depuis 5 ans. La parcelle de jachère de 1 an a été cultivée depuis environ 40 ans en mil ou en arachide (avec fertilisation). La dernière culture a été le mil⁴.

Dans chaque parcelle, sur des surfaces d'environ un demi hectare, 6 sous-parcelles d'environ 10 × 10 m, non matérialisées, sont choisies. Deux séries de prélèvements y sont effectuées : une, dans les zones à fort couvert végétal arboré, l'autre dans les zones à faible couvert végétal, autrement dit dans les "clairières" herbacées. Au total, 12 à 14 prélèvements ont été effectués dans chaque parcelle. Les principales espèces végétales présentes à l'endroit même du prélèvement ont été répertoriées. Dans le cas de la jachère de un an, les prélèvements ont été faits alternativement à proximité des deux espèces dominantes : *Eragrostis tremula* et *Hibiscus sabdarifla*.

Les échantillons ont été collectés fin octobre-début novembre, à la fin de la saison des pluies. Ils sont constitués de sol récolté dans l'horizon 0-30. Les nématodes sont extraits du sol par la méthode de Seinhorst. Leur nombre est rapporté au dm³ de sol. Les nématodes phytoparasites majeurs (*Tylenchida* ou *Dorylaimida*), susceptibles d'avoir une action néfaste sur les plantes cultivées, ont été dénombrés par genre ou espèce. Les nématodes saprophages sont regroupés dans la même catégorie. Les nématodes mycophages n'ont pas été pris en considération en raison de leur très faible présence.

Les densités de nématodes dans les différentes situations ont été comparées à l'aide du test U de Mann Whitney. L'analyse de leurs caractéristiques nématologiques spécifiques a été réalisée au moyen d'une analyse factorielle des correspondances (logiciels MacMul et GraphMu) à partir d'un tableau faunistique comportant en ligne les prélèvements dans les différentes jachères, et en colonne, les espèces de nématodes. Les données ont été transformées en log (x+1) préalablement à l'analyse.

⁴ Ces parcelles sont les mêmes que celles décrites dans les paragraphes précédents.

4.1.3.1.2. Résultats

Influence du temps de jachère sur le peuplement de nématodes

- Aspects quantitatifs
⇒ Nématodes phytoparasites

Dans les jachères anthropisées, le peuplement moyen de nématodes phytoparasites diminue de manière significative avec l'âge de la jachère ($r = 0,68$; figure 16). Entre 1 et 17 ans, cette décroissance peut être considérée comme linéaire. Sur cette base, le peuplement serait nul après 21 ans.

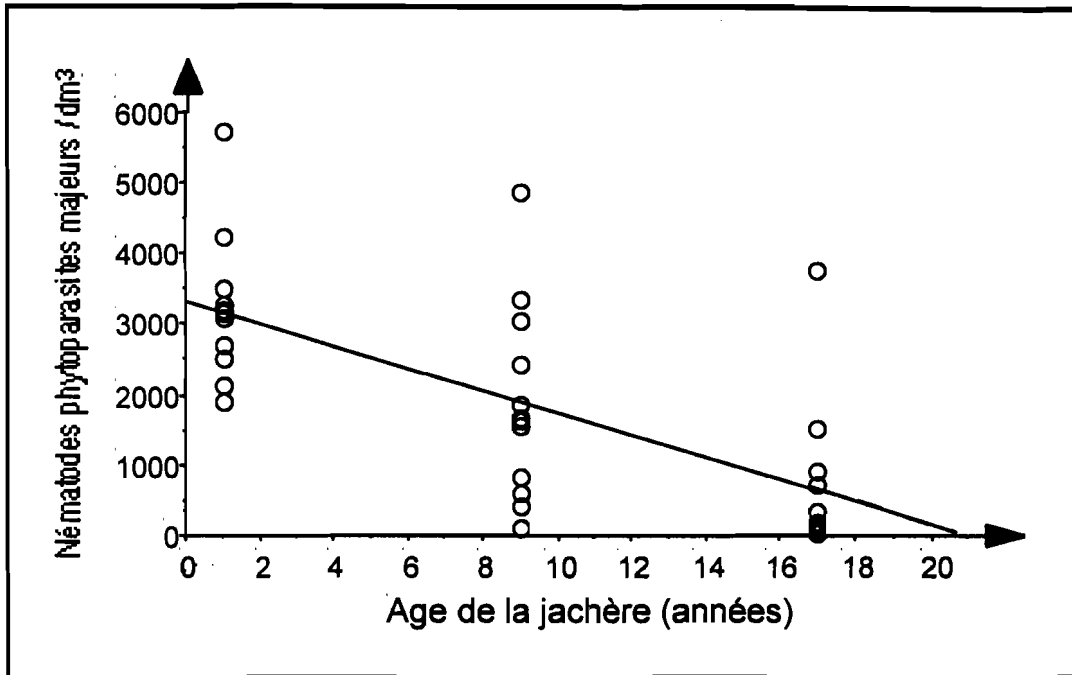


figure 16 : Evolution du peuplement de nématodes en fonction du temps de jachère. Les cercles représentent le nombre moyen de nématodes phytoparasites dans les douzes échantillons collectés dans chaque jachère.

Au cours de la première année de jachère, *Hibiscus sabdarifla* et *Eragrostis tremula*, ainsi que les plantes herbacées qui poussent à proximité, hébergent des populations de nématodes de tailles comparables. Dans les jachères plus âgées, il n'apparaît pas de différence d'infestation entre les zones herbacées (hors couvert) et ceux des zones situées sous un ligneux (sous couvert), où ces herbacées poussent également (figure 17). La mise en défens de la jachère de 17 ans conduit à accroître significativement la taille du peuplement nématologique par rapport à la jachère anthropisée de même âge (figure 17). Celui-ci est alors sensiblement équivalent au peuplement observé sur une jachère de 9 ans. Comme dans le cas précédent, la présence d'un ligneux ne modifie pas le volume du peuplement.

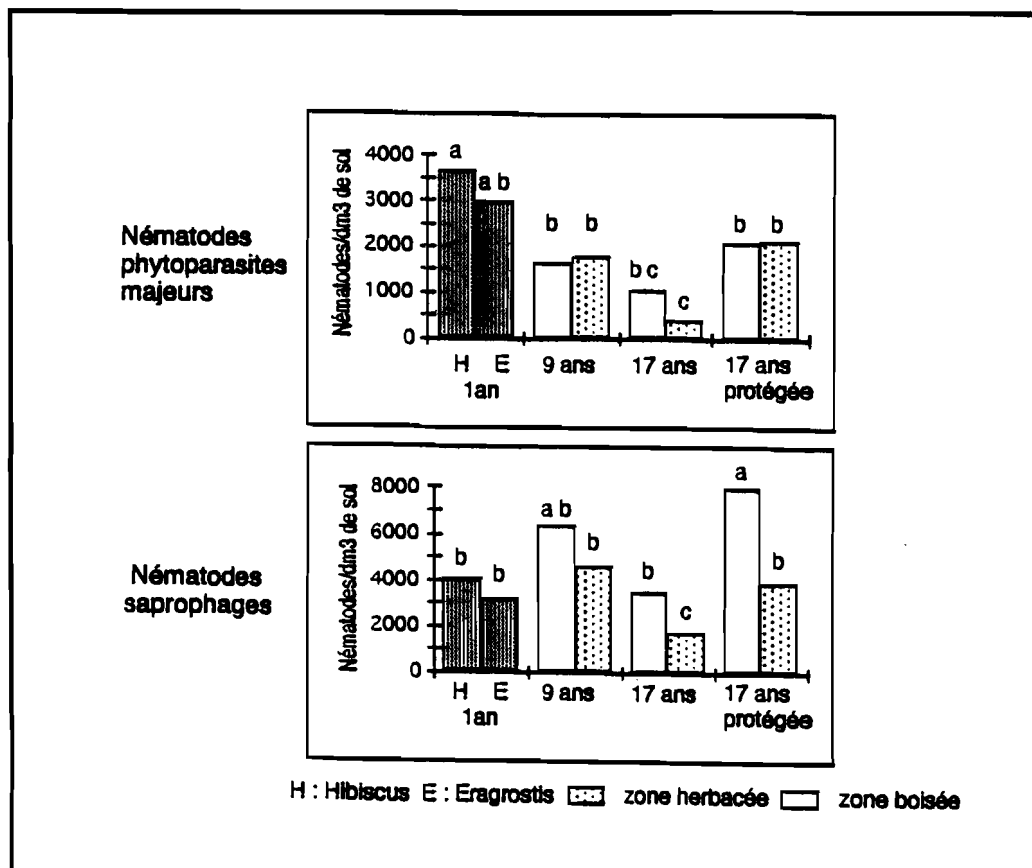


figure 17 : Comparaison des peuplements de nématodes phytoparasites observés à proximité d'un ligneux et dans les zones herbacées de chaque jachère. (Les colonnes qui portent la même lettre ne sont pas significativement différentes. Test U de Man Whitney, $p=0.05$).

⇒ Nématodes saprophages.

Après 17 ans d'abandon, il y a significativement plus de nématodes saprophages dans les zones couvertes d'un ligneux que dans les zones herbacées (figure 17). Dans ces deux situations, les populations sont moins importantes dans la parcelle anthropisée que dans la parcelle en défens. Dans ce dernier cas, elle est comparable à celle observée sur une jachère de 9 ans.

• Aspects qualitatifs

Douze espèces ont été identifiées dans les échantillons prélevés dans les différentes zones étudiées : *Xiphinema parasetarie*, *Tylenchorhynchus gladiolatus*, *Helicotylenchus dihystra*, *Scutellonema cavenessi*, *Pratylenchus sefaensis*, *Aorolaimus macbethi*, *Telotylenchus ventralis*, *Paratrichodorus minor*, *Criconebella sp.*, *Ditylenchus sp.*, *Gracilachius sp.*, *Paratylenchus sp.*

Il n'y a que deux espèces sur 12 qui sont présentes dans toutes les situations : *Helicotylenchus* et *Tylenchorhynchus*. Toutes les autres, y compris *Scutellonema*, sont absentes dans l'une ou l'autre des situations étudiées. Pour un âge de jachère donné, les espèces qui sont les plus fréquentes sont, très souvent, les plus abondantes (figure 18). Au plan qualitatif, le vieillissement de la jachère s'accompagne d'une diminution de la diversité spécifique. Le nombre d'espèces passe de 7 ou 8 dans la jachère de 1 et 9 ans, à 5 ou 6 dans la jachère de 17 ans anthropisée (tableau 11). Mais cette différence porte sur des espèces qui sont rares (*Gracilachius*, *Ditylenchus*). En revanche, dans la zone en défens, les espèces sont à nouveau aussi nombreuses que dans les jachères jeunes. Pour une jachère d'âge donné, il y a généralement moins d'espèces (1 à 2 unités) dans les zones hors couverts que dans les zones sous couverts (ou entre *Eragrostis* et *Hibiscus*). Ces différences portent respectivement sur : *Xiphinema* (1 an), *Ditylenchus* et *Pratylenchus* (9 ans), *Pratylenchus* (17 ans) et enfin *Scutellonema* et *Paratylenchus* (17 ans en défens) qui sont toujours les moins fréquentes dans la zone considérée (figure 18 ; tableau 11).

L'analyse factorielle des correspondances du tableau faunistique permet de déterminer les principales caractéristiques de ces différents âges d'abandon de la culture. Dans le plan factoriel défini

par les facteurs 1 et 2 qui décrivent environ 50 % de la variabilité totale, trois ensembles se matérialisent (figure 20). Dans le premier quadrant, se trouvent les ellipses correspondant aux points figurant les prélèvements effectués dans la zone en défens. Dans les valeurs positives de F1 se trouvent les points correspondants aux prélèvements effectués dans les jachères de 9 et 17 ans, alors que dans la partie négative de F2 se projettent les points correspondant à la jachère de 1 an. Les positions respectives des ellipses s'expliquent par celles occupées par les variables projetées dans le même plan factoriel. La zone en défens de 17 ans se caractérise par de faibles populations de *Scutellonema*, alors que cette espèce est particulièrement abondante sur la jachère de 1 an. A l'inverse, cette zone héberge de faibles populations de *Xiphinema* par rapport aux jachères plus âgées, entre lesquelles des différences existent également : un gradient d'abondance décroissante se dessine, très discret, de la jachère de 9 ans à celle de 17 ans, plus nette lorsqu'il y a mise en défens. Hormis cette fluctuation de leur abondance, les fréquences de détection de ces espèces varient dans le même sens. *Scutellonema* qui est présent dans les douze échantillons prélevés dans la jachère de 1 an, n'a été observé qu'une seule fois dans la zone mise en défens. La séparation des nuages correspondant à la jachère jeune et à celle de 17 ans est accentuée par *Aorolaimus*, présent dans le premier cas et absent dans le second, et inversement pour *Criconemella*. *Ditylenchus*, *Pratylenchus* et *Paratrichodorus*, fréquents et abondants dans la zone mise en défens, participent également à l'isolement du nuage correspondant sur le plan factoriel. Mais ces espèces qui sont largement présentes sur la jachère de 1 an contribuent au glissement des ellipses correspondantes vers les parties négatives de F1. Dans ces deux cas extrêmes, il est également possible de distinguer les zones sous couvert et hors couvert de la jachère en défens des zones à *Hibiscus* et à *Eragrostis* de la jachère de 1 an. Les caractéristiques spécifiques à l'origine de cette situation sont les mêmes : plus de *Ditylenchus* et moins de *Scutellonema* dans les zones herbacées et à proximité d'*Hibiscus*.

	1 an		9 ans		17 ans		17 ans mis en défens	
	Eragrostis	Hibiscus	SC	HC	SC	HC	SC	HC
<i>Xiphinema</i>	+	O	+	+	+	+	+	+
<i>Tylenchorhynchus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Helicotylenchus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Scutellonema</i>	+	+	+	+	+	+	+	O
<i>Pratylenchus</i>	+	+	O	+	+	O	+	+
<i>Criconemella</i>	O	O	O	O	+	+	+	+
<i>Paratrichodorus</i>	+	+	O	O	O	O	+	+
<i>Aorolaimus</i>	+	+	+	+	O	O	O	O
<i>Telotylenchus</i>	O	O	+	+	O	O	O	O
<i>Ditylenchus</i>	+	+	+	O	O	O	+	+
<i>Gracilachius</i>	O	O	+	+	O	O	O	O
<i>Paratylenchus</i>	O	O	O	O	O	O	+	O
Total	8	7	8	8	6	5	9	7

tableau 11: Liste des genres observés dans les différentes parcelles de jachères anthropisées et en défens. (Sc : sous couvert; HC : hors couvert; + présence; O absence).

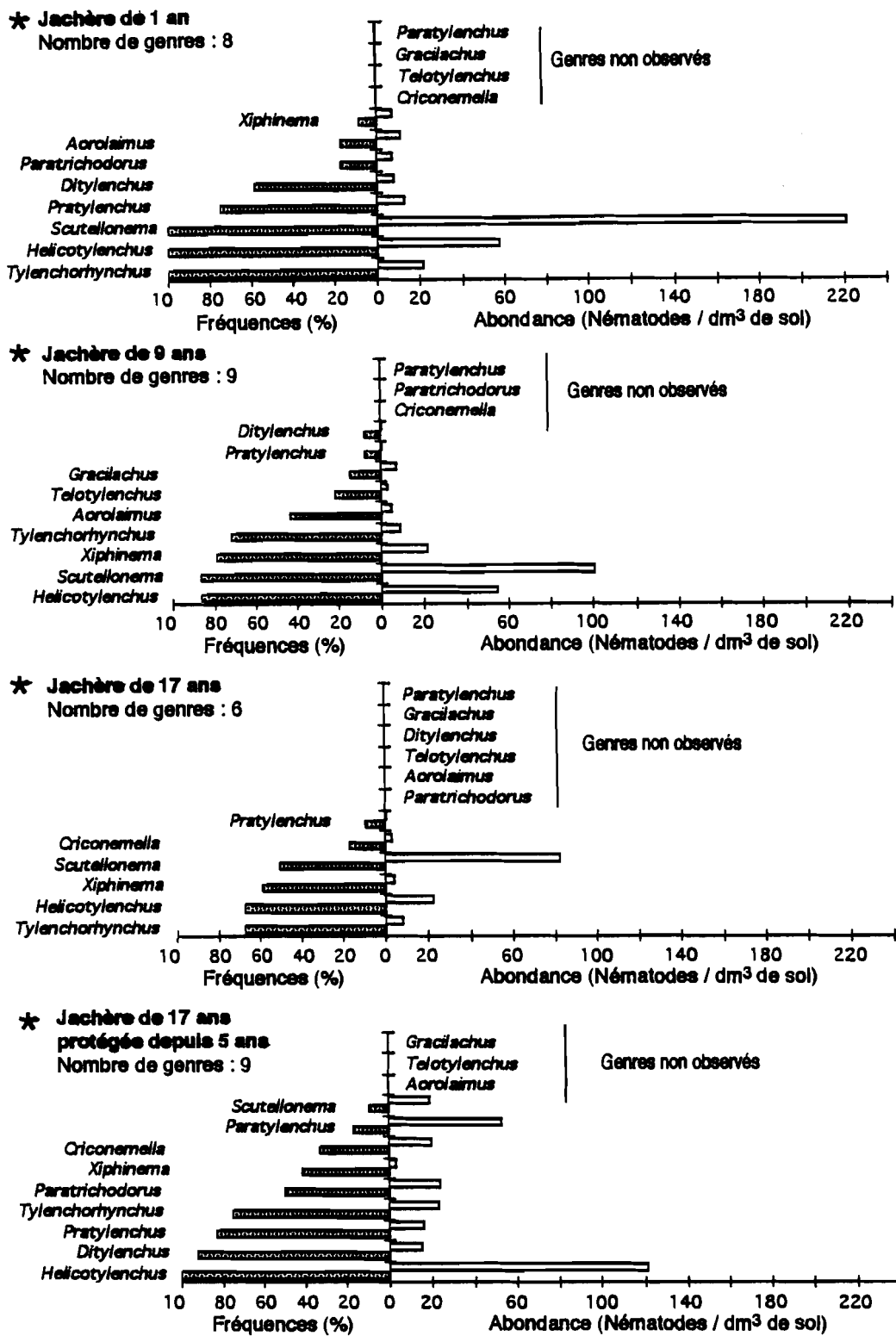


Figure 18 : Comparaison des fréquences et abondances des principaux genres de nématodes phytoparasites dans les jachères anthropisées et la zone protégée. (Fréquences : pourcentage d'échantillons où le genre est présent ; Abondance : densité moyenne pour les échantillons où le genre est présent ; gauche : genres présents ; centre : genres facultatifs ; droite : genres absents)

Relation entre espèces végétales et peuplements nématologiques.

Les principales espèces végétales qui occupent une position dominante autour des différents points de prélèvements sont les suivantes : *Combretum glutinosum* (zones "sous couvert"), *Andropogon pseudopricus*, *Pennisetum pedicellatum*, *Spermacoce stachydea*, *Eragrostis tremula*, *Hibiscus sabdarifa*, *Acacia macrostachya*, *Guiera senegalensis*, *Sporobolus festinus*. Pour les quatre premières, qui se sont trouvées à proximité d'un nombre suffisamment important de points de prélèvement (respectivement 19/50; 16/50; 22/50 et 19/50), il a été possible de comparer (test t) les peuplements de nématodes en présence et en absence de l'espèce végétale, quelle que soit son abondance par rapport aux autres plantes présentes au même endroit (figure 19). Dans le cas de *Combretum* dont la présence détermine les zones "sous couverts" analysées précédemment, séparément dans les différentes jachères, il n'apparaît pas de différence significative entre les peuplements de nématodes phytoparasites des zones avec et sans *Combretum*. En revanche, les nématodes saprophages sont beaucoup plus nombreux sous ses arbres ($p=0,011$).

Andropogon et *Pennisetum* ont des influences inverses sur les nématodes phytoparasites. Ceux-ci ont tendance à être plus abondants à proximité d'un pied d'*Andropogon* ($p=0,033$) et moins abondants à proximité d'un pied de *Pennisetum* ($p=0,039$). Si la première espèce se rencontre préférentiellement dans les zones "hors couvert" des jachères anthropisées de 9 et 17 ans, la seconde se trouve indifféremment dans toutes les milieux. *Spermacoce stachydea* n'influence pas la taille du peuplement nématologique.

4.1.3.1.3. Conclusion

Les résultats obtenus montrent que la pratique de la jachère provoque, avec le temps, une réduction progressive du taux d'infestation du sol en nématodes. Elle entraîne l'élimination de certaines espèces, notamment de *Scutellonema cavenessi*, considérée comme très pathogène, mais elle provoque l'apparition d'autres espèces comme *Ditylenchus* sp., *Pratylenchus sefaensis* et *Paratrichodorus* sp.. L'identification des causes floristiques ou édaphiques à l'origine de la structure spécifique des peuplements nématologiques permettra certainement de mieux comprendre l'action fertilisante globale de la jachère. Des recherches sont en cours pour déterminer les espèces végétales qui, outre une action assainissante importante contre les nématodes, permettront un accroissement maximum de la fertilité abiotique du sol. Une attention particulière doit être apportée aux ligneux qui favorisent la multiplication des nématodes saprophages.

Par ailleurs, des caractérisations nématologiques de jachères d'âges différents devront être faites dans d'autres zones écologiques du Sénégal : région de Kolda en particulier, pour valider les résultats obtenus dans la région de Thyssé.

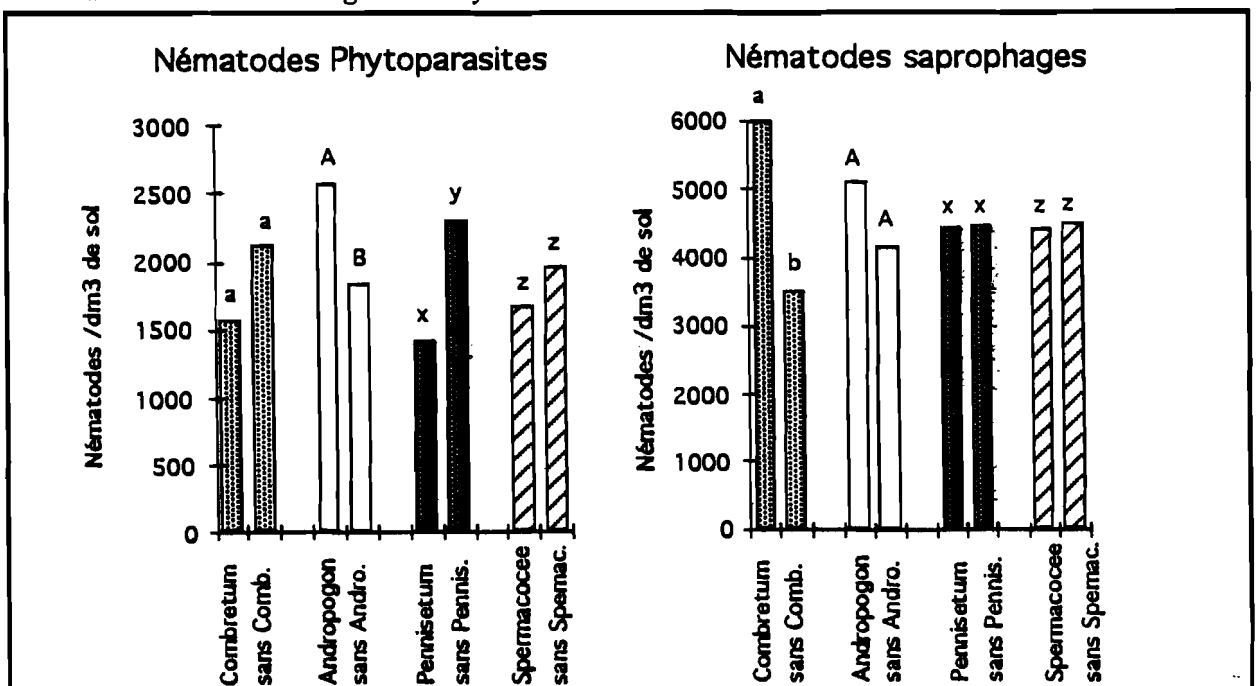


figure 19 : Comparaison des peuplements nématologiques observés à proximité des principales espèces végétales et aux endroits où ces plantes ne sont pas présentes. (Les couples d'histogrammes qui portent la même lettre ne sont pas significativement différents. Test t, $p=0.05$)

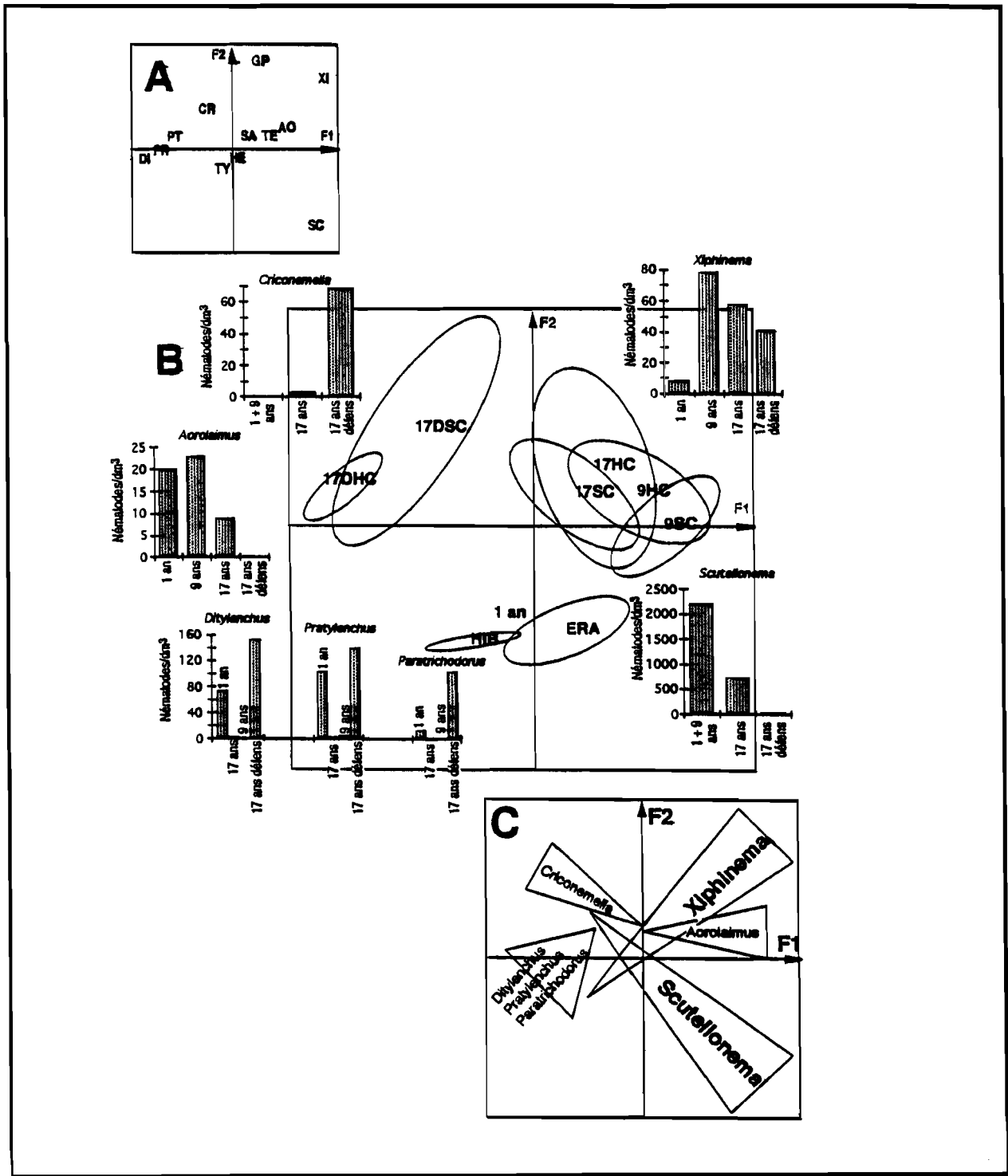


figure 20 : Etude des caractéristiques nématologiques des différentes jachères anthropisées et en défens au moyen de l'analyse factorielle des correspondances. (A : carte factorielle des variables correspondant aux genres de nématodes. B : représentation, dans le plan factoriel F1 x F2, des ellipses d'inertie correspondant aux prélèvements réalisés dans les deux situations de chaque type de jachère. (HIB : Hibiscus (1 an) ; ERA : Eragrostis (1 an) ; 9 : jachère de 9 ans ; 17 : jachère de 17 ans ; D : jachère en défens ; HC : hors couvert ; SC : sous couvert). D : représentation synoptique des tendances faunistiques des jachères étudiées.)

4.1.3.2. Variation de la macrofaune du sol au cours des différentes étapes de la jachère dans des systèmes agricoles au Sénégal (Laurent Derouard, Patrice Lavelle)

De nombreux travaux sur la faune des sols tropicaux ont montré que celle-ci participe activement à la pédogénèse et au maintien des propriétés édaphiques à travers ses effets sur la décomposition de la matière organique, la concentration et le stockage des nutriments, la redistribution et l'organisation des constituants organiques et minéraux du sol (Feller *et al.*, 1993) mais aussi par l'élaboration de structures physiques comme les galeries et les agrégats (Kreshmar, 1978; Blanchart, 1992).

En milieu tropical, ce sont les vers de terre et les termites qui jouent un rôle important, et à un degré moindre les fourmis et plus gros arthropodes de la litière (myriapodes, coléoptères).

Cette étude a pour but de caractériser la macrofaune des sols du Sénégal (mal connue) par sa densité et sa biomasse. Le résultat de ce travail devrait alors aboutir à la mise en place d'un indice de fertilité basé sur la macrofaune (bio-indicateur) permettant de caractériser l'état de la jachère.

4.1.3.2.1. Présentation de la macrofaune invertébrée et de son rôle dans les sols tropicaux

Classification

Une classification selon la taille a tout d'abord été proposée (Walwork, 1976; Lavelle, 1988; Stork et Eggleton, 1992). Elle a été établie de la façon suivante: microfaune <0,2 mm, mésofaune comprise entre 0,2 et 2 mm et macrofaune >2 mm.

Une classification écologique, basée sur les sources de nourriture, a ensuite été proposée (Lavelle, 1984; Lavelle, 1988; Lavelle *et al.*, 1992; Anderson et Ingram, 1993). Elle distingue les 3 catégories suivantes:

- les épigés, vivant et se nourrissant dans la litière, rôle dans la fragmentation, dispersion et digestion de la matière organique arrivant au sol;
- les anéciques, vivant dans le sol mais se nourrissant dans la litière, rôle dans le morcellement et le transport de la MO depuis la surface vers les horizons plus profonds
- les endogés, vivant et se nourrissant dans le sol, rôle dans la décomposition et l'incorporation de la matière organique en profondeur et dans le brassage horizontal du sol.

Unités taxonomiques	Catégories écologiques
vers de terre	épigés/anéciques/endogés
termites	anéciques/endogés
fourmis	épigés/anéciques
coléoptères	épigés/anéciques
myriapodes	épigés
autres	variés

tableau 12. Unités taxonomiques et classification fonctionnelle (Anderson et Ingram, 1993).

Place des invertébrés dans le sol

La notion de fertilité des sols peut être définie comme leur aptitude à supporter une production soutenue de plantes d'intérêt agricole (Stork et Eggleton, 1992).

L'impact de la macrofaune peut se mesurer à 3 niveaux: la structure physique du sol, la matière organique et la croissance des végétaux.

Les principaux groupes d'invertébrés du sol

- Les vers de terre (lombriciens oligochètes)

Les peuplements de vers de terre ont une grande influence sur le sol par leur activité (galeries, chambres et déjections). Ils agissent aux 3 niveaux cités ci-dessus.

Dans les régions tropicales, les déjections de vers de terre endogés participent fortement à la macroaggrégation du sol (Lavelle, 1988; Blanchart, 1992). Une partie des déjections est déposée en surface sous forme de turricules et les structures créées en profondeur ont pour effet de modifier la structure (amélioration de la porosité, la capacité de rétention en eau, l'infiltration) et la texture des horizons de surface (Wallwork, 1976; Lavelle, 1983).

Les vers de terre interviennent aussi sur les cycles de la matière organique et des nutriments par 3 mécanismes :

- en augmentant la minéralisation et l'humification dans leur tube digestif (Lavelle, 1986;
- en influençant la microflore libre du sol (Lavelle, 1988; Stork et Eggleton, 1992);
- en protégeant la matière organique dans leurs déjections (Lavelle et al., 1992;

Enfin, l'activité des vers de terre peut influencer la croissance des plantes de façon directe ou indirecte par :

- une amélioration des propriétés physiques du sol permettant un meilleur développement racinaire (Satchell, 1971);
- des phases intenses de libération de nutriments (Lavelle et al., 1992; Stork et Eggleton, 1992);
- par le transport de germes fixateurs d'azote ou de spores mycorhiziennes symbiotiques dans le tube digestif des vers (Redell et Spain, 1991).

- Les termites (Isoptères)

Les termites sont des insectes sociaux qui occupent une place importante dans la régulation biologique des sols tropicaux dans les régions sèches (Lee et Wood, 1971; Lavelle et al., 1992). Leurs constructions (nids, galeries, chambres) influencent :

- les propriétés physiques du sol en modifiant la texture et la structure du sol avoisinant
- les propriétés chimiques du sol
- la croissance des plantes

- Les fourmis (Hyménoptères)

Les fourmis sont aussi des insectes sociaux qui contruisent des nids avec de nombreuses galeries et des chambres souterraines. Elles vont donc jouer un rôle important, bien que moins spectaculaire que celui des termites (Stork et Eggleton, 1992), sur les propriétés physico-chimiques du sol ainsi que sur la croissance des plantes.

- Les coléoptères

Raw (1971) distingue 5 groupes de coléoptères d'importance variable dans le fonctionnement du système sol :

- les coprophages sont importants pour les pâturages car ils enfouissent les bouses au fond d'une galerie pour nourrir leurs larves;
- les décomposeurs de charogne;
- les détritivores se nourrissent de racines mortes, de litière ou de bois en décomposition;
- les phytophages consomment les racines vivantes;
- les prédateurs

- Les myriapodes

Les myriapodes du sol se composent de 2 groupes taxonomiques :

- les chilopodes qui sont des prédateurs actifs;
- les diplopodes qui sont saprophages (consomment et fragmentent le bois en décomposition et la litière) et creusent des galeries dans le sol.

- Les autres groupes d'invertébrés

Ils sont constitués par 4 groupes taxonomiques dans les 2 sites étudiés :

- les arachnides, prédateurs actifs (très peu représentés à Thysse et Kolda) ;
- les larves de diptères, au comportement voisin des coléoptères (les plus représentés des 4 groupes) ;
- les isopodes, crustacés terrestres ayant le même comportement que les diplopodes (les moins représentés) ;
- les némerthes.

L'étude comparative (densité, biomasses, richesse taxonomiques, structure fonctionnelle de la communauté, distribution en profondeur) permet de mettre en évidence les changements produits par l'action de l'homme sur son environnement.

Un déséquilibre de la régulation biologique par la macrofaune entraîne une baisse de la fertilité des sols (Lavelle, 1988). La perte de certaines espèces, même sans impact direct sur la qualité du sol, affecte d'autres espèces par le biais d'interactions encore mal connues (Stork et Eggleton, 1992).

4.1.3.2.2. Sites étudiés et méthode d'échantillonnage

Caractéristiques des sites étudiés

L'étude a été menée durant la saison humide de Juin à Septembre 1994 au sein du Laboratoire d'Ecologie Végétale de l'ORSTOM-Dakar (programme Jachère).

Le choix des 2 sites étudiés a été motivé par la présence de sites expérimentaux déjà établis et dont les principales caractéristiques physico-chimiques du sol sont connues. Ces stations présentent globalement le même type de sols ferrugineux tropicaux (sols sableux avec présence d'une cuirasse latéritique en profondeur) et suivent un gradient climatique (précipitations annuelles moyennes de 700 à 1000 mm) et un gradient de perturbation anthropique (jachère de 1 à 30 ans).

- Sonkorong (Sine Saloum)

Cette région du Bassin arachidier se caractérise par une pluviosité moyenne annuelle actuellement de 700-800 mm, une forte pression anthropique sur le milieu et donc peu de jachère.

L'échantillonnage de la faune du sol s'est fait sur 5 parcelles :

- TJ1 (jachère "expérimentale" de 1 an ayant subi un traitement "anti-termite" après échantillonnage);
- TJ1NT (jachère "expérimentale" de 1 an non traitée);
- TJ10 (jachère de 10 ans présentant une cuirasse latéritique à 20-30 cm de profondeur);
- TJ15 (jachère de 15 ans protégée du feu et du pâturage);
- TJ15NP (jachère de 15 ans contigüe à la précédente mais non protégée).

- Kolda (Haute Casamance)

Cette région enclavée du Sud du Sénégal se caractérise par une pluviosité actuellement voisine de 1000 mm, une faible pression anthropique et donc la présence de zones de forêts sèches.

L'échantillonnage s'est fait sur 8 parcelles :

- KJ1 (jachère "expérimentale de 1 an);
- KJ2 (jachère de 2 ans);
- KJ6 (jachère de 6 ans);
- KJ10SC (jachère de 10 ans sous couvert arbustif);
- KJ10SN (la même jachère de 10 ans mais entre les arbres);
- KJ15 (jachère de 15 ans);
- KJ30 (jachère de 30 ans);
- KBF (sol de bas-fond avec une culture annuelle de riz pluvial).

Méthode d'échantillonnage et traitement des données

La méthode d'échantillonnage utilisée est celle recommandée par le programme "Tropical Soil Biology and Fertility" (Anderson et Ingram, 1993).

Dans chaque site étudié, 10 échantillons de sol de 25x25x30 cm sont prélevés à 5 m d'intervalle les uns des autres sur une ligne dont l'origine et la direction ont été choisies au hasard. Un cadre de 25 cm de côté est utilisé pour marquer l'emplacement du monolithe de sol de 25x25x30 cm qui est isolé en creusant à la bêche, une tranchée de 20 cm de large tout autour. Ce bloc est ensuite découpé en 3 couches successives de 10 cm d'épaisseur. Chaque couche de terre est déposée sur un grand plateau puis triée à la main. Une poignée de sol est placée dans un coin du plateau puis émietée à la main en la faisant passer progressivement dans le coin opposé. Tous les invertébrés visibles à l'oeil nu sont prélevés à l'aide de pinces souples et tués dans l'alcool 75°. Les animaux sont ensuite conservés dans des flacons référencés (nom de la parcelle, n° de monolithe, profondeur et date). Les animaux peuvent être conservés dans l'alcool 75° mais les vers de terre se conservent mieux dans le formol 4% dans lequel ils sont placés.

Les invertébrés sont alors déterminés et classés en 7 groupes taxonomiques (termites, myriapodes, fourmis, vers épigés, vers endogés, coléoptères et autres). Pour chaque groupe la densité et la biomasse sont estimées.

Les animaux conservés dans l'alcool perdent du poids et il est donc nécessaire de faire une rectification pour obtenir la biomasse réelle. Ce coefficient correcteur est estimé en mesurant des animaux vivants et conservés dans l'alcool.

Les résultats ont ensuite été comparés par une série de tests non paramétriques (test de Kruskal-Wallis avec un intervalle de confiance de 90%) puis par un test de Fisher avec un intervalle de confiance de 90%.

4.1.3.2.3. Résultats

Les résultats sont exprimés en nombre d'individus par mètre carré pour les densités et en gramme par mètre carré pour les biomasses. Les chiffres de biomasse obtenus à partir des animaux ayant séjourné dans l'alcool ont été corrigés de 24% (vers), 23% (termites), 10% (fourmis), 12% (coléoptères), 6% (myriapodes) et 15% (autres).

Les résultats sont présentés dans le tableau 13 et le tableau 14.

Sonkorong

La parcelle témoin TJ15 (protégée du feu et du pâturage depuis 15 ans) présente une densité moyenne de 1141 ind./m² (ES=1134) et une biomasse moyenne de 36,3 g/m² (ES=34,8). Ces valeurs ne sont pas significativement différentes de celles des autres parcelles à cause de la très grande hétérogénéité du milieu mise en évidence par les très grandes erreurs standards (figure 21 et figure 22).

Au point de vue des densités seuls les vers épigés et le groupe "autres" (larves de diptères, arachnides et crustacés terrestres) répondent de façon positive à la mise en jachère et la protection de longue durée (le nombre d'individus par mètre carré de la catégorie "autres" est, par exemple, pour la jachère de 1 an de 26+/-22 contre 126+/-71 pour la jachère témoin). Les autres taxons ne sont pas significativement différents à un seuil de 90%.

Il faut noter toutefois que la densités moyennes totales de 2 jachères de 1 an sont notablement différentes alors qu'elles sont voisines géographiquement et établies sur le même type de sol (la densité de TJ1 est 4 fois plus grande que celle de TJ1NT). Cet écart entre les 2 densités peut probablement s'expliquer par le passé cultural différent de ces 2 parcelles qui joue sur les stocks de matière organique résiduel (figure 21).

La comparaison des biomasses confirme les remarques faites avec les densités pour la jachère de 15 an: l'âge et la protection de la parcelle favorise la biodiversité (groupe taxonomique "autres") et les vers épigés (figure 22).

L'analyse de la répartition des biomasses des différents taxons en fonction de la profondeur apporte des informations complémentaires (figure 24). Quelque soit l'âge des parcelles, plus de la moitié de la biomasse de la macrofaune du sol est concentrée en surface (0-10 cm).

Les coléoptères sont localisés massivement en surface (0-10 cm) et en profondeur (20-30 cm) dans toutes les parcelles.

Les vers endogés ne sont présents en surface que dans la jachère âgée protégée TJ15 mais les vers épigés ne répondent pas de manière significative à l'âge des parcelles.

Les termites se situent principalement dans la strate intermédiaire (10-20 cm de profondeur) dans toutes les parcelles.

Le groupe "autres", représentatif de la biodiversité, est présent en surface dans la jachère âgée protégée et en profondeur pour toutes les jachères âgées (TJ10, TJ15, TJ15NP).

II.a. Densités moyennes (nb. ind./m²).

	Jachère 1 an n°1	Jachère 1 an n°2	Jachère 10 ans	Jachère 15 ans protégée	Jachère 15 ans non protégée
Autres	34 (7)	26 (5) D	34 (11)	126 (24) B	42 (11)
Coléoptères	171 (17)	59 (11)	107 (23)	66 (11)	131 (20)
Vers endogés	8 (5)	2 (2)	27 (13)	70 (22)	22 (12)
Vers épigés	64 (17) B	26 (4) A,D	28 (8)	59 (16) B	45 (18)
Fourmis	752 (571) B	16 (6) A	176 (69)	70 (30)	162 (116)
Myriapodes	99 (26)	59 (18)	29 (9)	157 (89)	80 (18)
Termites	411 (145)	192 (76) C	309 (144) B	592 (254)	534 (260)
Total	1539 (559) B	379 (100) A	710 (196)	1141 (378)	1016 (281)

II. b. Biomasses moyennes (g/m²).

	Jachère 1 an n°1	Jachère 1 an n°2	Jachère 10 ans	Jachère 15 ans protégée	Jachère 15 ans non protégée
Autres	0,2 (0,1) D	0,8 (0,5)	0,5 (0,2)	3,4 (1,5) A	0,4 (0,2)
Coléoptères	3,6 (0,8)	1,0 (0,4)	3,9 (1,1)	0,5 (0,2)	2,5 (0,6)
Vers endogés	0,3 (0,1)	0,0 (0,0)	1,2 (0,5)	3,8 (1,1)	0,7 (0,4)
Vers épigés	17,9 (12,0)	38,4 (14,2) D	13,3 (9,7)	17,4 (11,2) B	34,6 (12,8)
Fourmis	1,0 (0,7)	0,4 (0,3)	0,3 (0,1) D	0,5 (0,4) C	0,1 (0,1)
Myriapodes	3,6 (1,2)	2,0 (0,7)	4,5 (1,7)	8,6 (4,5)	3,7 (2,4)
Termites	0,5 (0,2)	0,4 (0,2)	0,8 (0,3)	2,1 (1,2)	1,1 (0,6)
Total	27,1 (11,4)	42,9 (14,2)	24,5 (9,6)	36,3 (11,6)	43,1 (13,5)

Les lettres représentent les différences significatives à 90% d'après le test de Fisher: A=valeur différente de TJ1, B=valeur différente de TJ1NT, C= valeur différente de TJ10, D=valeur différente de TJ15, E=valeur différente de TJ15NP.

tableau 13 : Composition de la macrofaune dans les 5 parcelles étudiées. Densités moyennes et biomasses moyennes (E.S. entre parenthèses). Moyennes calculées à partir de 10 échantillons pour chaque site.

III.a. Densités moyennes (nb. ind./m²).

	Jachère 1 an	Jachère 2 ans	Jachère 6 ans	Jachère 10 ans	Jachère 15 ans	Jachère 30 ans	Jachère 10 ans sous couvert	Jachère 10 ans sol nu	Sol de bas- fond
Autres	41 (12) C	37 (7) C	30 (15) A,B,D,E,F	29 (6) C	35 (9) C	64 (12) C	38 (11)	19 (4)	6 (4)
Coléoptères	69 (16) F	56 (10) F	30 (8) F	46 (10) F	64 (16) F	125 (46) A,B,C,D,E	62 (14)	29 (9)	14 (5)
Vers endogés	28 (18) D,E	32 (13) D,E	93 (21)	107 (27) A,B	93 (27) A,B	61 (16)	202 (49)	13 (12)	0 (0)
Vers épigés	16 (7) F	14 (6) F	10 (6) F	18 (5) F	27 (8) F	42 (14) A,B,C,D	19 (7)	16 (5)	474 (64)
Fourmis	1525 (854) B,C,D,E,F	195 (126) A	13 (7) A	106 (60) A	94 (38) A	248 (219) A	155 (121)	56 (16)	38 (10)
Myriapodes	32 (12) C	8 (4) F	22 (8) A,D	33 (8) C	22 (6) F	53 (22) B,E	51 (16)	14 (6)	8 (5)
Termites	359 (285) D	269 (218) D	333 (253) D,F	1111 (352) A,B,C	571 (260) C	699 (260) C	1374 (756)	848 (217)	90 (75)
Total	2071 (2651) B,C,E	611 (690) A	531 (766) A	1449 (1180)	907 (799) A	1291 (1014)	1902 (2544)	995 (688)	630 (283)

III. b. Biomasses moyennes (g/m²).

	Jachère 1 an	Jachère 2 ans	Jachère 6 ans	Jachère 10 ans	Jachère 15 ans	Jachère 30 ans	Jachère 10 ans sous couvert	Jachère 10 ans sol nu	Sol de bas-fond
Autres	1,0 (0,4) C	1,5 (0,9) C	0,4 (0,2) A,B,D	0,5 (0,2) C,E	7,8 (5,8) D	3,0 (1,4)	0,4 (0,2)	0,5 (0,4)	0,4 (0,3)
Coléoptères	2,3 (0,6) C	1,2 (0,3) C	1,4 (0,5) A,D,E,F	0,7 (0,3) C	1,5 (0,5) C	2,0 (1,3) C	0,8 (0,3)	0,7 (0,3)	0,8 (0,6)
Vers endogés	6,8 (4,3) C	1,8 (0,6) E	8,4 (2,3) D,E,F	6,6 (1,8) C	8,2 (2,7) B,C	5,2 (1,1) C	12,2 (3,2)	0,9 (0,9)	0,0 (0,0)
Vers épigés	31,8 (16,7) B,C,D	4,4 (2,6) A,F	2,3 (1,3) A,F	4,0 (1,8) A,F	4,4 (1,6) F	24,9 (8,2) B,C,D,E	4,7 (3,3)	3,3 (1,4)	71,8 (15,1)
Fourmis	6,2 (4,1) B,C,D,E,F	0,8 (0,5) A	0,1 (0,1) A	0,2 (0,1) A	0,4 (0,2) A	0,2 (0,1) A	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)
Myriapodes	2,8 (1,1) B,C,E,F	0,4 (0,3) A,C	3,5 (2,1) A,B,D	2,0 (0,8) C	0,9 (0,4) A	1,1 (0,5) A	2,1 (0,6)	1,8 (1,3)	2,9 (1,8)
Termites	1,9 (0,9) C	0,9 (0,4)	1,2 (0,5) A,D	2,2 (0,8) C,E	0,9 (0,4) D	1,3 (0,5)	2,8 (1,6)	1,6 (0,5)	2,3 (1,6)
Total	52,8 (15,0) B,C,D,E	11,0 (4,0) A,F	17,3 (3,6) A,F	16,1 (3,2) A,F	24,0 (6,9) A	37,8 (10,0) B,C,D	23,3 (5,5)	8,9 (2,7)	78,3 (14,3)

Les lettres représentent les différences significatives à 90% d'après le test de Fisher: A=valeur différente de KJ1, B=valeur différente de KJ2, C= valeur différente de KJ6, D=valeur différente de KJ10, E=valeur différente de KJ15 et F=valeur différente de KJ30.

tableau 14 : Composition de la macrofaune dans les 8 parcelles étudiées. Densités moyennes et biomasses moyennes (E.S. entre parenthèses). Moyennes calculées à partir de 10 échantillons pour chaque site (sauf pour KJ1: 9 prélèvements valables).

Kolda - Saré Yorobana

Les résultats obtenus à Kolda sont nettement plus significatifs que ceux de Sonkorong pour la macrofaune du sol comme le montrent le tableau 14.

La parcelle témoin KJ30 (jachère de 30 ans) présente une densité moyenne de 1291 ind./m² (ES=1014) et une biomasse moyenne de 37,8 g/m² (ES=30,1).

La densité totale moyenne de la jachère de 1 an KJ1 est très élevée (2071 ind./m² +/-2651) et est supérieure à celles des jachères de 2, 6 et 15 ans.

La jachère de 30 ans favorise les coléoptères, les vers épigés et dans une moindre mesure les myriapodes (significatif à 90%).

La jachère de 1 an KJ1 présente une densité très élevée en fourmis puisqu'elle représente 74% de la densité totale (figure 23).

Les biomasses moyennes totales de KJ30 et de KJ1 sont plus importantes que celles des jachères de 2, 6 et 10 ans mais ne sont pas différentes entre elles (tableau 14).

La seule différence notable entre la jachère âgée de 30 ans et les autres concerne la biomasse du groupe taxonomique des "vers épigés". Ils sont largement favorisés dans le cas de KJ30 puisqu'ils représentent environ 67% de la biomasse totale contre 39% pour KJ2 (figure 24). La jachère de 1 an présente, là encore, une biomasse en fourmis très élevée par rapport aux autres parcelles.

La parcelle KJ6 (6 ans) semble présenter un problème dans la composition en biomasse des différents taxons car les coléoptères, les vers endogés et les myriapodes sont plus nombreux que dans les jachères plus récentes ou plus âgées (tableau 14 et figure 24).

La répartition en profondeur montre que la macrofaune est surtout située en surface (0-10 cm), diminue dans la couche intermédiaire pour augmenter en profondeur (20-30 cm) (figure 24).

Les coléoptères sont principalement localisés en surface et en profondeur. Le groupe "autres" présente une biomasse importante en surface dans la jachère âgée de 30 ans et en profondeur dans toutes les parcelles (20-30 cm).

Les vers se localisent dans la strate intermédiaire (10-20 cm): les endogés sont prépondérants dans les jachères âgées tandis que les épigés sont des jachères jeunes (figure 26). Les autres groupes taxonomiques ne présentent pas de valeurs très significatives.

4.1.3.2.4. Discussion

Les situations d'étude choisies permettent de caractériser la macrofaune du sol dans les zones sahélo-soudaniennes pour la première fois. Les 2 sites choisis, situés au centre et au sud du Sénégal permettent de voir si des différences existent en fonction d'un gradient climatique (principalement pluviométrique).

Les jachères âgées présentent des densités et des biomasses moyennes relativement élevées par rapport à ce que la pluviométrie laissait présager. Les valeurs de densité et de biomasse totales obtenues à Sonkorong sont respectivement de 1141 ind./m² et 36,3 g/m² pour la jachère de 15 ans et de 1291 ind./m² et 37,8 g/m² à Sare Yorobana pour une jachère de 30 ans; les valeurs de densité et biomasse moyennes totales dans des savanes humides de Côte d'Ivoire sont de 2015 ind./m² et 53,7 g/m² (Lavelle *et al.*, 1992).

Il faut noter que les termites sont prépondérantes en densité (plus de 50% des effectifs) tandis qu'elles ne représentent plus que 1 à 6% de la biomasse totale. Par contre les vers participent à hauteur de 5 à 12% à la densité contre plus de 50% en biomasse.

Les jachères âgées (TJ15 à Sonkorong et KJ30 à Sare Yorobana) présentent logiquement une diversité plus grande que les jachères plus récentes (Lavelle, 1984), ceci est surtout mis en évidence avec les biomasses à Sonkorong (figure 22) et les densités à Sare Yorobana (figure 23). Les groupes qui profitent le plus de cette croissance sont les animaux épigés qui sont généralement liés à la litière. L'explication de ce phénomène tient dans la quantité et la qualité de la litière qui est incorporé au sol.

Le feu est une pratique répandue au Sénégal pour contrôler les mauvaises herbes, éliminer l'excès de fourrage sec et induire une repousse plus appétible pour le bétail (Floret, 1993). Le pâturage est pratiqué de façon extensive sur les jachères en saison sèche et d'une manière plus ou moins intensive en période des pluies selon la disponibilité en terres. A Sonkorong, la jachère protégée du feu et du pâturage depuis 15 ans ne présente pas de différences significatives avec la parcelle voisine de même âge sans aucune protection. Toutefois la jachère non protégée semblerait favoriser la proportion totale de vers grâce en particulier à l'importance relative des vers épigés.

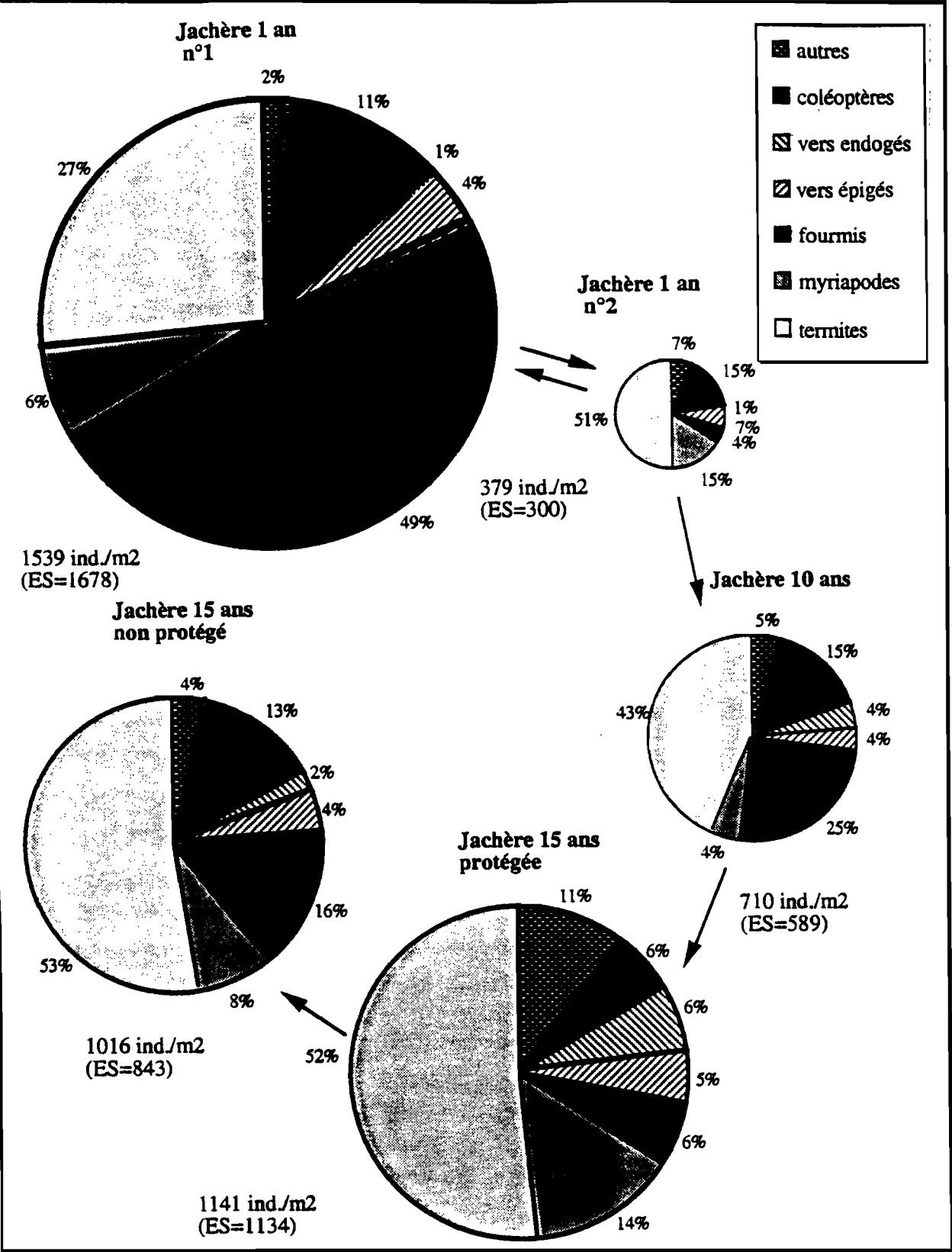


Figure 21 Composition et densité moyenne totale pour 5 jachères à Thysse

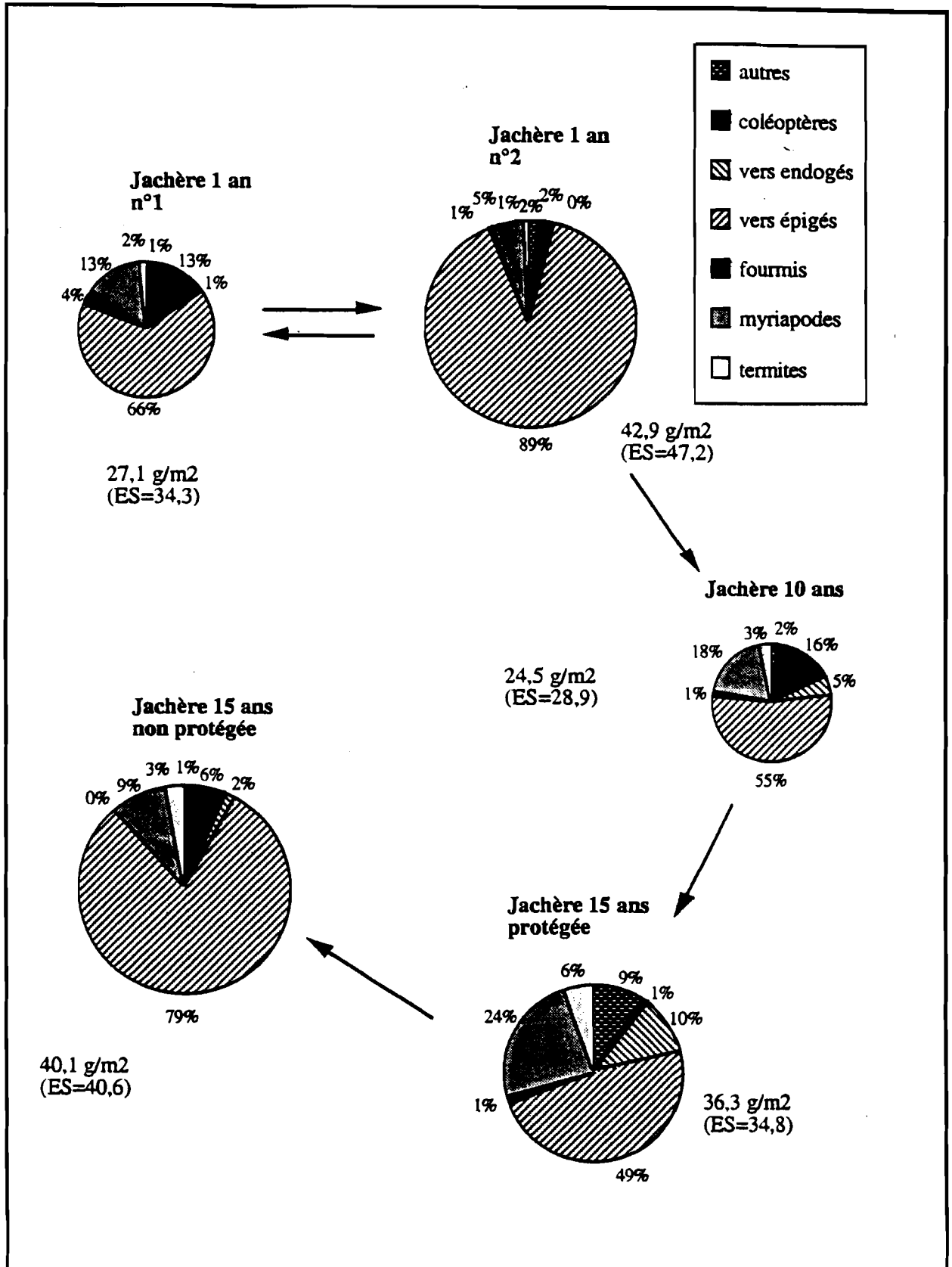


figure 22 : Composition et biomasse moyenne totale pour 5 jachères à Thyse

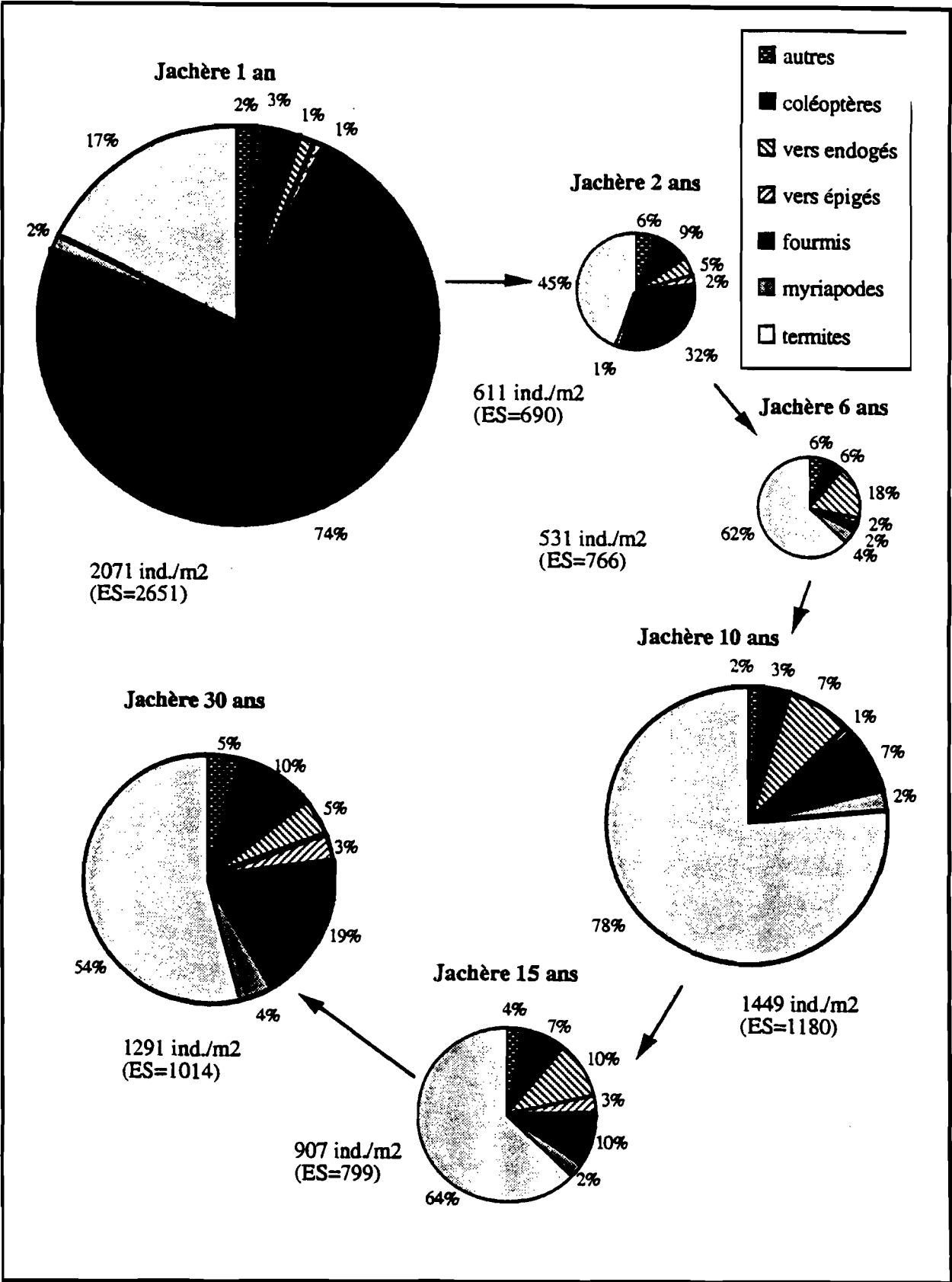


Figure 23 - Composition et densité moyenne totale pour les 6 jachères à Kolda

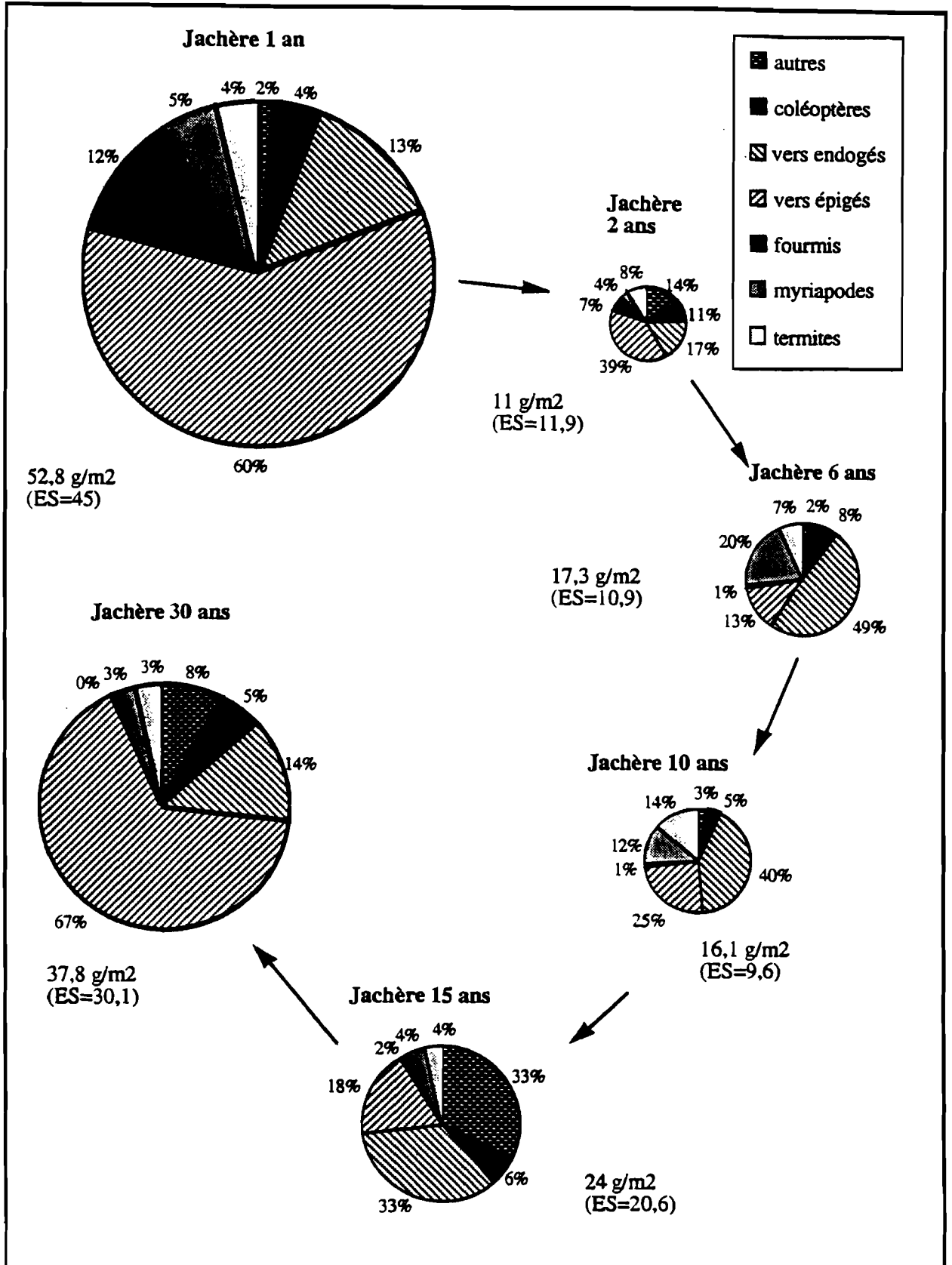


figure 24 : Composition et biomasse moyenne totale de 6 jachères à Kolda

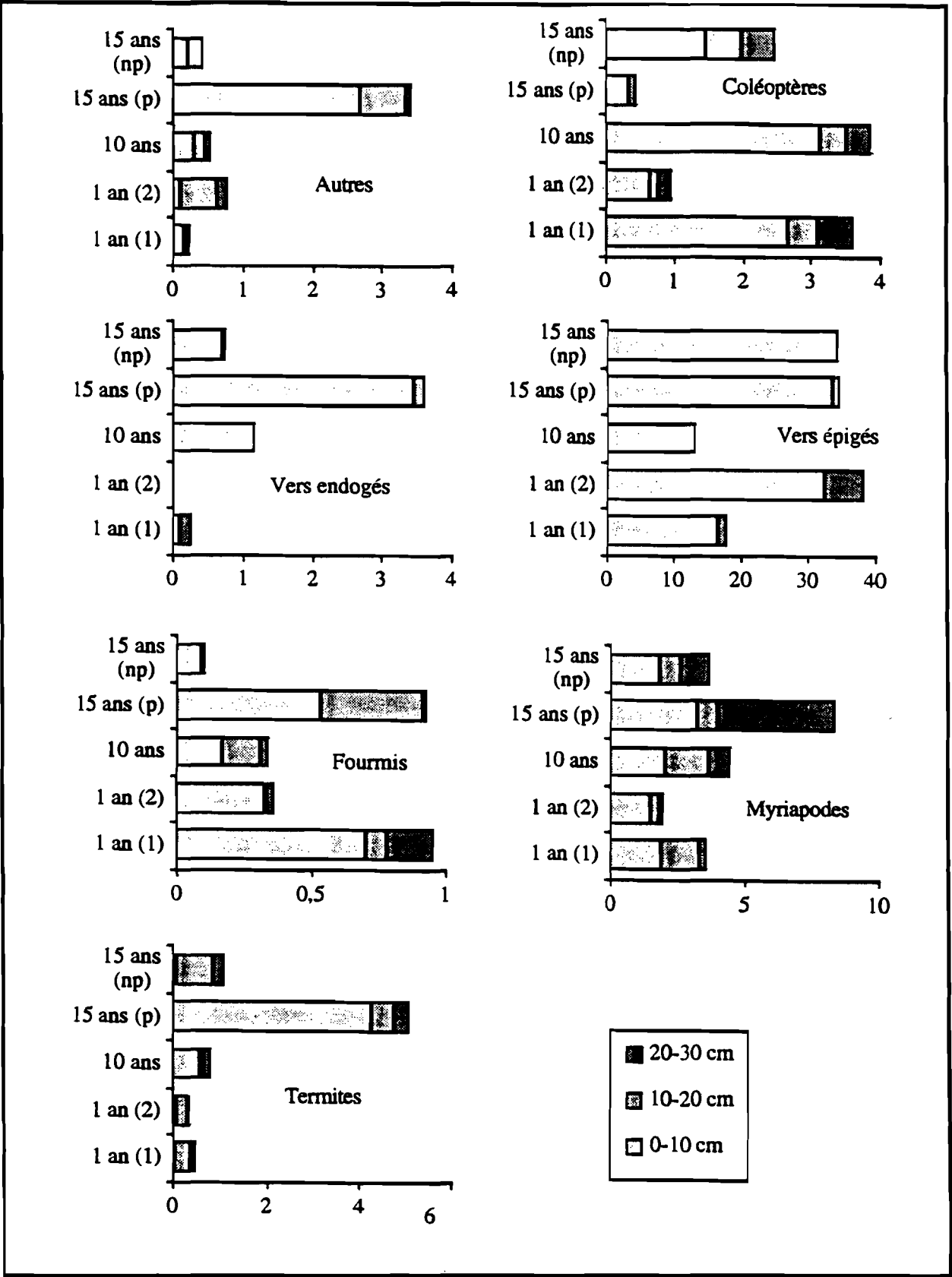


Figure 25 : Répartition en profondeur des 7 taxons dans les différentes parcelles à Thyse

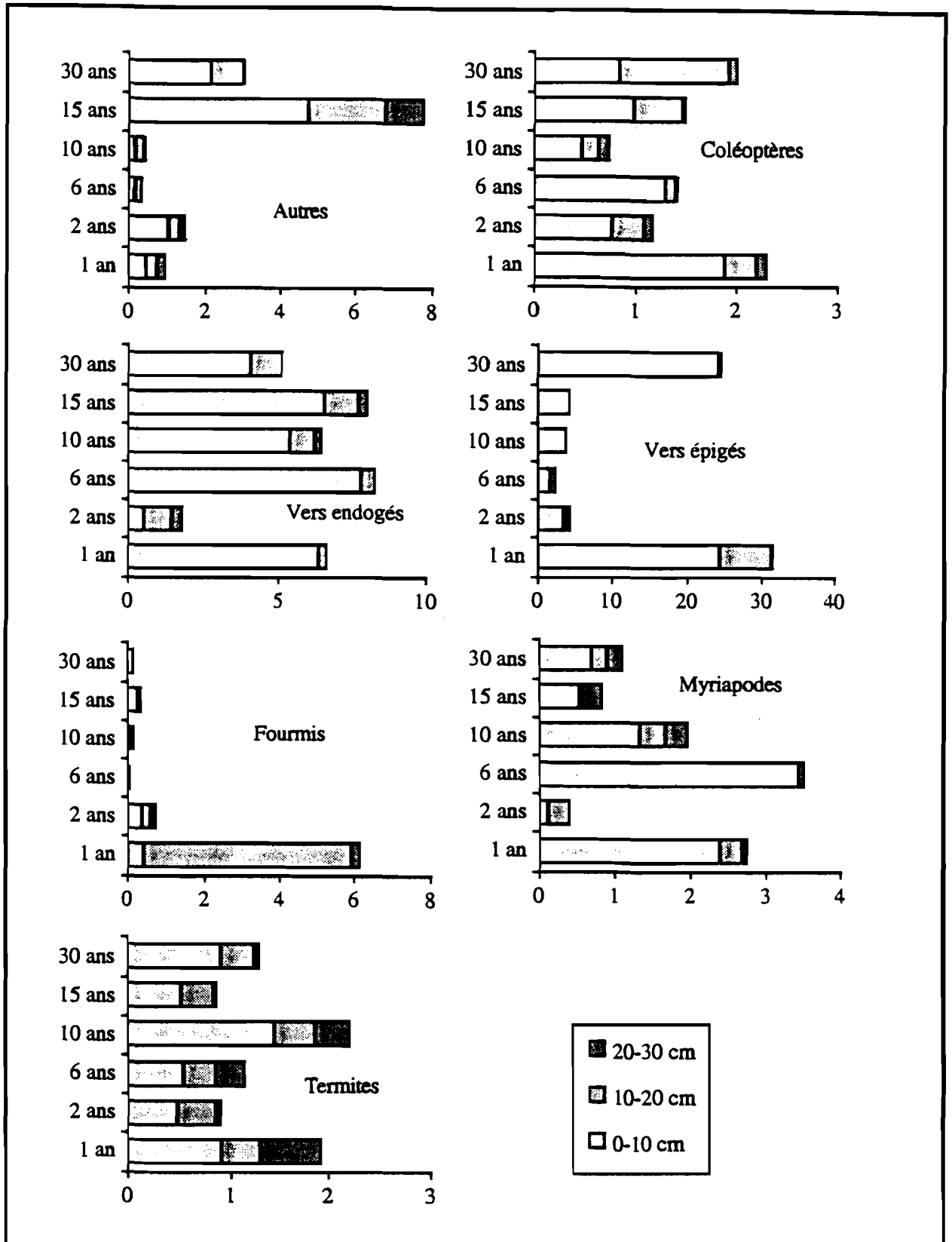


figure 26 : Répartition en profondeur des 7 taxons dans les différentes parcelles à Kolda

Les jachères de 1 an TJ1 et TJ1NT de Thyse ne présentent pas la même densité moyenne totale (respectivement 1539+/-1678 ind./m² et 379+/-300 ind./m²) alors que les 2 parcelles sont voisines. De plus les biomasses semblent varier inversement aux densités (27,1+/-34,3 g/m² et 42,9+/-42,7 g/m²) et la composition taxonomique est aussi différente (plus de fourmis et de vers épigés dans la jachère TJ1). L'hypothèse la plus probable pour expliquer cette différence est le passé cultural différent (cultures et pratiques) qui influence le stock de matière organique et la structure physique du sol.

4.1.3.2.5. Conclusion et perspectives

Cette étude est la phase initiale d'un programme d'étude de la jachère en Afrique de l'Ouest dont le but est la connaissance de son fonctionnement afin d'en raccourcir la durée en maintenant un taux de fertilité optimal.

Les résultats obtenus au Sénégal (zone soudanienne) sont les premiers réalisés dans cette région. Ils confirment l'intérêt de l'étude de la macrofaune du sol comme bio-indicateur de la fertilité des sols aussi bien en zone sèche qu'en zone humide. Il apparaît aussi que ces milieux soudaniens sont plus hétérogènes que les zones tropicales humides où le couvert végétal est plus uniforme.

Une analyse plus poussée de ce peuplement de macroinvertébrés, à la fois dans le temps (suivi de l'évolution d'une parcelle nouvellement mise en jachère) et dans l'espace (étude faunistique d'une région située plus au Sud ou au Nord du Sénégal), permettrait de mieux caractériser les milieux soudaniens. Une analyse factorielle discriminante en 3 dimensions en tenant compte de toutes les caractéristiques physico-chimiques du sol, du couvert végétal et du climat en fonction du temps apporterait des réponses plus précises. Elle permettrait d'aboutir à l'élaboration d'une sorte de "modèle local" concernant l'utilisation de la macrofaune du sol comme bio-indicateur de fertilité.

Cette phase préliminaire a aussi permis de mettre à jour l'importance du passé cultural de la parcelle sur l'évolution de la future jachère. Les cultures et techniques utilisées juste avant la mise en jachère semblent être un des éléments clé permettant de mieux comprendre le devenir de cette zone. Les jachères de 1 an étudiées à Sonkorong sont voisines et présentent le même type de sol or les valeurs de biomasses et densités sont totalement différentes (tableau 13 et tableau 14). Cette remarque amène à penser que les jachères issues de ces parcelles seront différentes et risquent de tendre plus rapidement, en fonction des pratiques culturales, à un stade de régénération de la fertilité. Il serait alors intéressant d'étudier plus précisément l'effet des cultures et pratiques culturales d'avant jachère sur l'évolution de celle-ci. L'utilisation de la macrofaune comme bio-indicateur, avec suivi du stock de matière organique et de la structure physique du sol (aggrégation par exemple) permettrait de les caractériser. Cette étude pourrait se faire sur des parcelles expérimentales, gérées par les paysans eux-mêmes, avec des conseils dans la gestion du stock de matière organique (apport de mulch, par exemple, issu de cultures intercalaires, favorisant l'incorporation de matière organique en profondeur par les macroinvertébrés).

La dernière étape de cette étude pourrait consister à connaître plus précisément sur quel facteur de la fertilité agissent les communautés de macroinvertébrés. Il serait peut-être intéressant d'étudier la structure physique du sol consécutive à l'action des vers de terre sur des jachères d'âge différent. L'utilisation de la méthode de tamisage à sec, mise au point par Blanchart pour mesurer l'aggrégation d'un sol de savane (Blanchart, 1992), permettrait d'établir à la fois la part prise par la macrofaune dans la régénération de la structure physique du sol mais aussi à quel stade le sol a recouvert une structure qualifiée de "fertile".

4.1.3.3. *Termite studies (Makhphouss Sarr, Anthony Russel-Smith, Constance Agbo Ba)*

4.1.3.3.1. Introduction.

The first year of studies have provided information on diversity and frequency of occurrence of termites in millet crops and in fallows of different ages and states of degradation. Preliminary data have been obtained on population density and depth distribution of the termites in these habitats immediately following the wet season as well as indications of their dry season foraging rates as measured by attack on baits.

An experiment to study the effects of elimination of termites on soil physical and chemical characteristics, water infiltration and vegetation of a young fallow, using a persistent insecticide, has been set up. Termite activity will be followed during the course of the experiment using baits and the effects of exclusion of termites on soils and vegetation measured at the end of the three year period of study.

4.1.3.3.2. Results.

Composition of termite communities.

A series of qualitative samples in three fallows (20 yr old protected, 20 yr old unprotected and 7 yr old unprotected) and a millet field were taken in 1993 and 1994. (Details of method here).

The qualitative sampling showed that the total number of termite species present increased from 6 in the millet field to 12 in the young (7 yr old) fallow and 19 in the 20 yr old protected fallow. The termites could be divided into four groups according to their feeding habits:

- Fungus feeders. Macrotermitinae that collect wood and litter which is digested in the nest by the specialised fungus *Termitomyces*, on which the termites feed. Represented by the genera *Macrotermes*, *Microtermes* and *Odontotermes* in our samples.
- Liginivores. Species that feed directly on wood without previous fungal attack. Represented by the genera *Amitermes*, *Microcerotermes* and *Coptotermes* in our samples.
- Humivores. Species that feed on well decomposed humus. Represented by the genera *Cubitermes*, *Promirotermes*, *Tuberculitermes* and *Agulitermes*.
- Grass harvesters. Species that feed on dead or dying grass. Represented by the genus *Trinervitermes* in our samples.

Each of these trophic groups showed different frequencies in the various sites. Fungus feeders were dominant in the millet field (82% of all samples) and least frequent in the old protected fallow (36%). They were of similar frequency in the two unprotected fallows (48% and 57%). Liginivores were conversely least frequent in the cultivated field (5%) and most frequent in the old protected fallow (46%). Likewise, humivores were virtually absent in the cultivated field (2%) and most frequent in the old protected fallow (14%). Grass harvesting termites of the genus *Trinervitermes* were equally frequent in the cultivated field and the young fallow (10%) and least frequent in the old protected fallow (4.5%).

The frequency of occurrence of the different trophic groups can reasonably be related to the availability of food resources in each biotope, which in turn is influenced by the level of human disturbance, and on the biology of the species concerned. Fungus feeders have a wide spectrum of food types, with species capable of subsisting on crop residues, tree litter, small woody material and dead branches and tree trunks. They were therefore frequent in all the sites but dominant in the old protected fallow, where the build-up of woody biomass was greatest and dead wood was most frequent. Liginivores were rare in the cultivated fields where woody material was almost absent and again most frequent in the old protected fallow. The frequency of humivores increased almost linearly from the cultivated field to the old protected fallow but even here they were comparatively rare, reflecting the relatively low organic matter status even in the least degraded biotope. Grass harvesters occurred in low frequency in the open habitats (millet field and young fallow) but were much rarer in the old fallows where shading reduced the availability of grasses.

Density of termite populations

In November 1993, immediately following the rainy season, a series of quantitative samples were taken in each of the biotopes. 50 samples were taken in each site on a stratified random basis. For the superficial litter layer (0 - 2 cm depth), each sample measured 1 m² and was carefully hand sorted for termites. For the soil proper, each sample was a soil column measuring 20 cm x 20 cm and 40 cm deep, located at the centre of the litter sample. The termites were hand sorted from two horizons, 2 - 20 cm and 20 - 40 cm. Sampling was not undertaken below 40 cm since this was the average depth of the indurated laterite layer.

Results from the quantitative sampling are shown in tableau 15. In the 20 yr old protected fallow 10 species were present with an overall density of 225 m⁻². The most abundant species was *Odontotermes latericius* (90 m⁻²) and, together with the genus *Microtermes*, the fungus feeders

accounted for 80% of all termites sampled. Wood feeders of the genera *Amitermes* and *Microcerotermes* represented a further 18% of all termites. Humivores were absent and grass harvesters (*Trinervitermes trinervius*) very rare. In the 20 yr old unprotected fallow 9 species were present with a density of 174 m⁻². *Odontotermes latericius* (107 m⁻²) was dominant and fungus feeders represented 74% of all termites and wood feeders 17% of all termites. In the 7 yr old unprotected fallow only 5 species were present but the numbers recorded were higher than in any other site (243 m⁻²). Fungus feeders represented 70% of all termites sampled and wood feeders 30%; humivores and grass harvesters were completely absent. In the millet field 4 species were present at a combined density of 162 m⁻². *Odontotermes latericius* (154 m⁻²) represented 95% of all termites present and fungus feeders were the only group present.

Tableau 16 shows the vertical distribution of the termite species in all biotopes combined. 12% of the community occurred in the superficial litter, 47% in the soil between 2 cm and 20 cm and 41% between 20 and 40 cm. Most individual species showed a similar distribution in the different soil horizons with the exception of *Odontotermes latericius*, of which 63% of the population was below 20 cm depth. many species of termites, particularly fungus feeders, can shift populations up or down in the soil, according to seasonal changes in moisture status or temperature and in availability of food sources. Had this sample been taken during the rainy season a larger proportion of the populations would be expected in the superficial litter and upper soil horizons.

a) 20 yr old protected fallow

	A	B	C	D	E	mean
<i>Odontotermes latericius</i>	84	140	32	14	178	90
<i>Odontotermes nilensis</i>	31	2	11	0	0	9
<i>Microtermes hollandi</i>	87	16	40	0	43	37
<i>Microtermes vadshaggae</i> var. <i>dibus</i>	10	10	83	0	27	26
<i>Microtermes</i> sp	0	14	61	10	6	18
<i>Amitermes evuncifer</i>	21	0	10	13	56	20
<i>Amitermes guinnensis</i>	0	0	0	5	30	7
<i>Microcerotermes</i> sp	0	17	25	2	21	13
<i>Coptotermes intermedius</i>	0	0	0	0	8	2
<i>Trinervitermes trinervius</i>	0	0	0	0	15	3

b) 20 yr old unprotected fallow

	A	B	C	D	E	mean
<i>Odontotermes latericius</i>	0	87	390	60	6	107
<i>Microtermes hollandi</i>	45	14	0	4	2	13
<i>Microtermes vadshaggae</i> var. <i>dibus</i>	0	11	0	2	0	3
<i>Microtermes</i> sp	11	16	0	2	0	6
<i>Amitermes evuncifer</i>	17	0	10	16	13	11
<i>Amitermes guinnensis</i>	40	0	0	0	0	8
<i>Microcerotermes</i> sp	0	0	43	6	2	10
<i>Coptotermes intermedius</i>	0	0	45	32	0	15
<i>Trinervitermes trinervius</i>	0	3	0	0	0	<1

c) 7 yr old unprotected fallow

	A	B	C	D	E	mean
<i>Odontotermes latericius</i>	32	11	0	582	17	128
<i>Odontotermes nilensis</i>	2	0	0	121	0	24
<i>Microtermes vadshaggae</i> var. <i>dibus</i>	0	3	0	1	0	<1
<i>Microtermes</i> sp	0	13	56	13	1	17
<i>Amitermes evuncifer</i>	365	0	0	0	0	73

d) millet field

	A	B	C	D	E	mean
<i>Odontotermes latericius</i>	48	12	48	0	664	154
<i>Microtermes hollandi</i>	0	0	2	0	0	<1
<i>Microtermes vadshaggae</i> var. <i>dibus</i>	2	0	5	0	0	1
<i>Microtermes</i> sp	8	0	14	0	6	6

tableau 15 : Abundance (No. m⁻²) of termites species from quantitative samples in different fallows (a, b et c) and fields (d) in Sonkorong, Senegal, November 1993

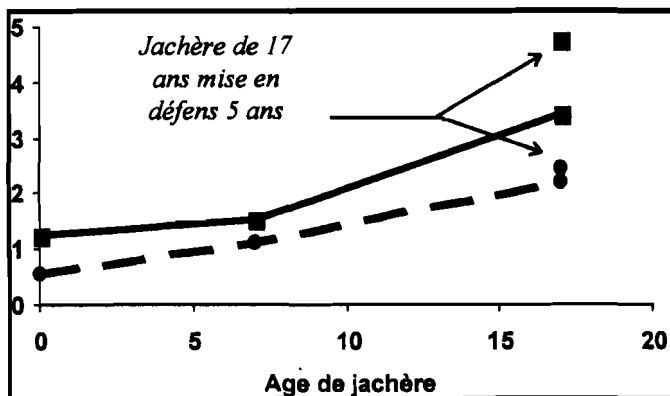
Although the quantitative sampling confirmed the general trends in species richness and community structure detected in the qualitative sampling, there were some unexpected differences in the two sets of results. Humivore and grass harvesting species were almost absent in the quantitative sampling, although reasonably frequent in the qualitative samples. The genus *Microtermes* represented 15% to 30% of all qualitative samples in the millet field and unprotected fallows but less than 12% of all species in these sites from quantitative sampling. This is perhaps surprising since this

genus has been shown to be dominant in samples from cultivation and the early stages of regeneration of natural vegetation in other, more humid sites in West Africa. The reasons for these differences are not yet known. It is possible that some *Microtermes* may have been overlooked in the hand sorting and this will be tested in future sampling. Seasonal changes in abundance may also be important. However, *Odontotermes*, the dominant genus at Sonkorong, is often more abundant in dry environments.

Estimates of diversity from quantitative sampling.

In addition to the estimates of species richness mentioned above, diversity indices for the termite communities in each biotope were calculated from the quantitative sampling data. The Simpson index H' and the Shannon index H , together with their corresponding equitability values (E' and E), were computed from the data in tableau 15. Results show that the indices of diversity followed the same trends as species richness (figure 27), with lowest diversity in the cultivated field and highest in the 20 yr old protected fallow. The difference in diversity between the protected and the unprotected 20 yr old fallows was greater for the Shannon index than the Simpson index and results from the stronger bias in towards emphasising species numbers in the Shannon index.

	A	B	C
<i>Odontotermes latericus</i>	10	36	80
<i>Odontotermes nilensis</i>	1	1	6
<i>Microtermes hollandi</i>	3	7	4
<i>Microtermes vadshaggi</i> var. <i>dibus</i>	1	4	3
<i>Microtermes</i> sp	1	7	4
<i>Amitermes evuncifer</i>	3	24	0
<i>Amitermes guinnensis</i>	1	1	1
<i>Microcerotermes</i> sp	6	2	0
<i>Coptotermes intermedius</i>	0	12	0
<i>Anoplotermes</i> sp	1	2	0
<i>Trinervitermes trinervius</i>	1	14	0



Foraging on baits in a young fallow. Baits of cardboard, each measuring 9.5 cm x 9.5 cm with an average weight of 4.8 g, were laid out on the soil surface in a 7 yr old fallow in February 1994. The baits were laid out in a regular grid. At monthly intervals between March and June 1994, 50 baits were collected, oven dried at 60° C and weighed. Weight loss of all baits against time is plotted in figure 28. Over the 4 month period of the dry season during which baits were exposed they lost 80% of their initial dry weight. Although some of this loss would have been due to microbial decomposition, the bulk was probably a result of termite attack, as indicated by the loss in area of the baits. The extent of bait feeding in the dry season was unexpected and indicates the degree to which

termites are adapted to the semi-arid climate of the area. Further studies will be undertaken in future to compare weight loss from wooden baits, both above ground and buried, in the different fallows.

4.1.3.3. Future work

The results described here form part of a thesis submitted by Mr. M. Sarr for his DEA from the University of Dakar, under the supervision of Dr. C. Agbogba. It is intended that he should continue his studies on termites for a Thèse de Troisième Cycle. Studies will include three aspects :

- Further studies on abundance, foraging activity and diversity of termites in cultivation and fallows of different ages and states of degradation. Emphasis will be placed on the effects of fallow age on seasonal and vertical distribution of termites and their diversity. In addition, the relationship between abundance and foraging activity of termites in the different biotopes will be investigated, using baits made from wood of the dominant tree species.
- Initial studies on the systematics of *Microcerotermes* species using both morphological and enzymatic techniques suggest that several species are present at Thyssé. Future studies will seek to confirm these findings using a range of different enzyme systems and morphological criteria and to establish whether the species have different distributions in the biotopes studied.

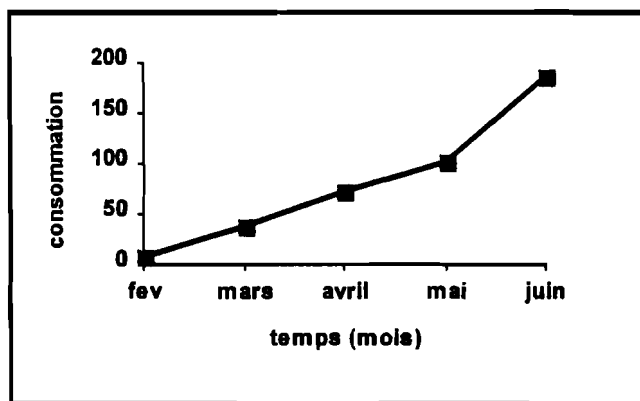


figure 2B : Cumulative weight loss (gms.) from cardboard baits placed on the soil surface of a 7yr old fallow at Sonkorong, Senegal, February - June 1994.

4.1.3.4. Diversité des *Rhizobiums* (Laboratoire de microbiologie, Orstom Dakar)

4.1.3.4.1. Isolement de souches de *Rhizobium*.

Les travaux de cette première année ont porté principalement sur la mise en place d'une collection de souches de *Rhizobium* représentative de la diversité rencontrée dans les différentes zones d'étude.

Plusieurs missions de prospection ont permis de récolter de nombreuses légumineuses nodulées. Les nodules collectés in situ ont été stérilisés superficiellement puis broyés dans une goutte d'eau stérile ; le broyat obtenu a permis soit un isolement direct par étalement sur milieu de culture gélosé, soit un isolement à partir de nodules frais obtenus par inoculation sur des plantes cultivées au laboratoire en milieu axénique.

De nombreux isolats sont actuellement en cours de purification et seront mis en collection dans le glycérol à -80°C.

4.1.3.4.2. Etude du spectre d'hôte des isolats.

Le spectre d'hôte (ensemble des espèces végétales avec lesquelles une souche bactérienne est capable de former des nodules et de fixer l'azote) a été étudié pour certaines souches sélectionnées et

comparé à celui d'autres souches isolées dans des zones plus arides du Sénégal (Contrat CEE TS3*-CT92-0047).

Cette étude a été menée en inoculant des cultures bactériennes à des plantes cultivées en conditions axéniques dans des tubes contenant du milieu nutritif gélosé (milieu Jensen). 30 espèces de légumineuses rencontrées fréquemment au Sénégal ont été testées. L'apparition des nodules a été suivie pendant 4 semaines, et indique l'inféctivité des isolats. Dans une première approche, du fait du grand nombre d'isolats et de plantes testés, l'efficacité (aptitude à fixer l'azote atmosphérique) a été estimée par l'observation de la croissance et de la couleur des plantules, comparées à des témoins non inoculés.

L'analyse des résultats (tableau 18) montre que la majeure partie des isolats est capable de noduler l'ensemble des espèces de légumineuses testées ; par contre certaines souches ne sont capables de former des nodules que sur certaines de ces légumineuses, et présentent donc un spectre d'hôte réduit.

Genre	espèce	Jachère 1 an				Jachère 6 ans				Jachère 15 ans			
		nod	isol	coul	ORS	nod	isol	coul	ORS	nod	isol	coul	ORS
<i>Alysicarpus</i>	<i>glumaceus</i>	+				+							
	<i>ovalifolius</i>	+								+	+	b	
	<i>rugosus</i>	+	+	r	1902					+			
<i>Chamaechrista</i>	<i>absus</i>	+	+	b	1901	+				+	+	b	1896
	<i>mimosoides</i>	+	+	o/b/r		+				+	+	b	
<i>Crotalaria</i>	<i>perrotteti</i>	+				+	+	r	1906	+			
<i>Indigofera</i>	<i>dendroïdes</i>	+	+	r	1895	+	+	b	1904	+			
	<i>hirsuta</i>	+	+	b	1894	+				+	+	b	1897
	<i>macrocalyx</i>									+			
	<i>microcarpa</i>	+	+	b	1900	+	+	b	1907				
	<i>stenophylla</i>	+				+				+	+	b	1899
	<i>suffruticosa</i>					+	+	b	1908				
<i>Rhynchosia</i>	<i>minima</i>									+			
<i>Stylosanthes</i>	<i>mucronata</i>					+				+			
<i>Tephrosia</i>	<i>bracteolata</i>	+	+	o		+	+	b	1905	+	+	b	1898
	<i>linearis</i>									+			
	<i>villosa</i>	+				+	+	b	1903	+			
<i>Zornia</i>	<i>glochidiata</i>	+				+	+	b		+			
En cours d'identification 1						+	+	b					
En cours d'identification 2										+			
En cours d'identification 3										+			

tableau 17 : Nod = récolte de nodules. Isol = isolement de *Rhizobium* effectué. Coul. = couleur des colonies bactériennes isolées (b : blanc - r : rose - o : orange). ORS = numéro des isolats mis dans la collection ORSTOM-Microbiologie.

Croissance sur YM(Yeast Mannitol) : L = lente ; R = Rapide.
Efficience : E = très efficace ; e = efficace ; I = Inefficace ; O = non nodulante.

4.1.3.4.3. Comparaison des *Rhizobium* isolés de trois sols de jachère d'âges différents.

Une attention particulière a été portée à trois parcelles sélectionnées sur la station de Kolda, correspondant à trois jachères d'âge différents (1, 6 et 15 ans). Différentes souches de *Rhizobium*, correspondant aux différentes espèces de légumineuses rencontrées dans ces parcelles, ont été isolées ou sont en cours d'isolement. Une certaine diversité phénotypique apparaît, en particulier concernant la couleur des colonies bactériennes. Un premier bilan est indiqué sur le tableau 17.

La caractérisation moléculaire de ces isolats a été entreprise par l'étude, par PCR-RFLP, de la diversité de la zone comprise entre l'ADN codant pour l'ARN 16S et l'ADN codant pour l'ARN 23S. Une première série de résultats est indiquée sur la figure 29.

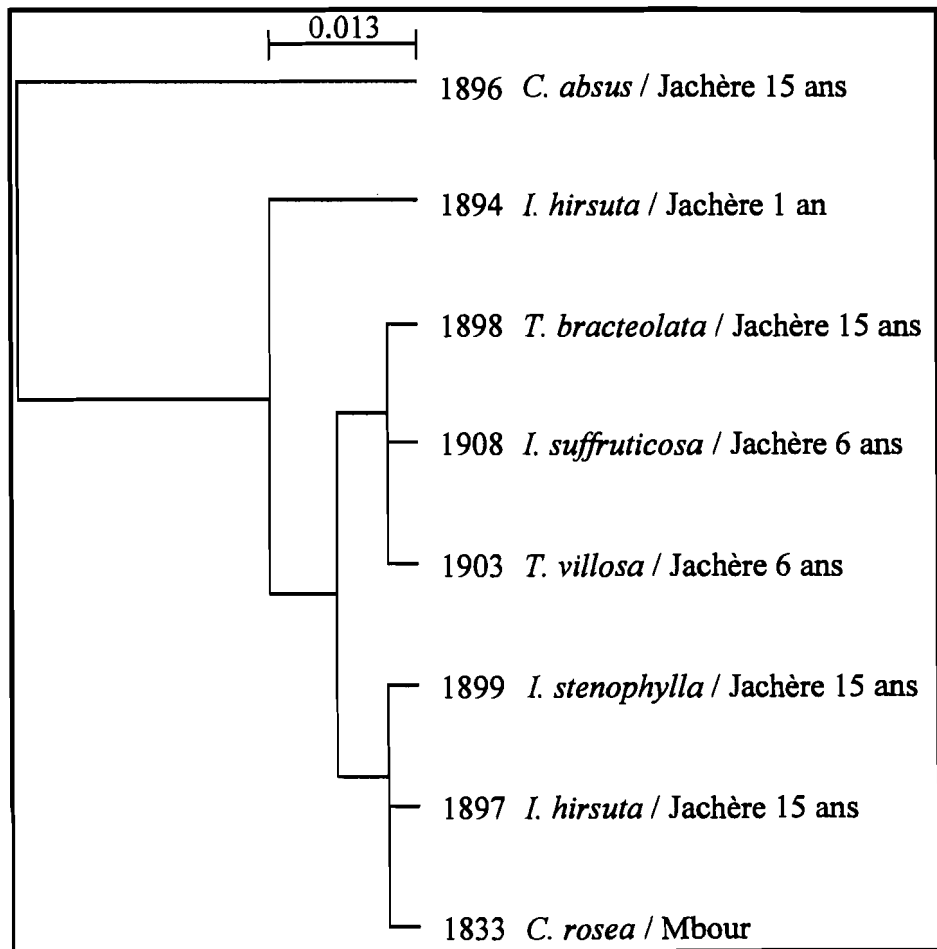


figure 29 : Dendrogramme (UPGMA) montrant les relations génétiques entre différentes souches de *Rhizobium* isolées de sols de jachères d'âges différents, basé sur l'analyse par PCR-RFLP de l'ITS (Intergenic Transcribed Spacer) ; 6 enzymes de restrictions ont été utilisées (*RsaI*, *MboI*, *HinfI*, *DdeI*, *MspI*, *TaqI*).

4.1.3.4.4. Actions programmées pour 1995

Durant les 12 prochains mois, les principales actions programmées sont :

- de continuer l'isolement et la purification de souches, afin d'avoir des isolats représentatifs de l'ensemble des espèces de légumineuses présentes dans la zone d'étude, et en particulier de renforcer le nombre d'isolats obtenus dans les sites de jachère sélectionnés.
- de caractériser ces isolats, principalement par PCR-RFLP et par l'étude de leur profil protéique.

4.1.4. Modification de la structure des sols (Erik Braudeau)

4.1.4.1. Objectifs de l'étude

On a voulu tester le pouvoir discriminant de la méthode de caractérisation par rétractométrie de l'horizon de surface du sol (0-3 cm), sous trois jachères d'âge différent: 5 ans, 10 ans et 17 ans.

4.1.4.2. Matériel et méthode

Les échantillons de sol

L'horizon étudié est le niveau 0-3cm juste en dessous de la surface.

Le type de sol est un sol ferrugineux tropical, appauvri, peu profond (gravillonnaire à 40-60 cm, carapace < 1m)). L'horizon de surface est appauvri en argile (6 à 8%), à structure massive et cohérente. La surface présente une croûte dure, non lisse: recouverte très généralement de débris végétaux et galeries de termites.

Le prélèvement est fait après avoir humecté la surface sur quelques cm d'épaisseur, à l'aide d'un cylindre en laiton (5,6 cm diam/3cm h) enfoncé verticalement.

6 prélèvements dans un rayon de 30 m dans chacune des situations (5 ans, 10 ans, 17 ans) constituent les répétitions à analyser.

Mesure de la courbe de retrait

Les échantillons cylindriques, à structure non remaniée, sont réhumectés et placés dans un rétractomètre, appareillage destiné à mesurer en continu le retrait linéaire du diamètre de l'échantillon en fonction de son poids. On déduit de ces mesures la courbe de retrait, volume spécifique de l'échantillon de sol: V (volume apparent), en fonction de la teneur en eau θ .

Traitement numérique

Les courbes de retrait sont interprétées et modélisées selon un modèle intermédiaire (figure 31) entre le modèle en trois droites de McGarry et Danniells (figure 30).et le modèle en 5 phases de retrait de Braudeau (figure 31).

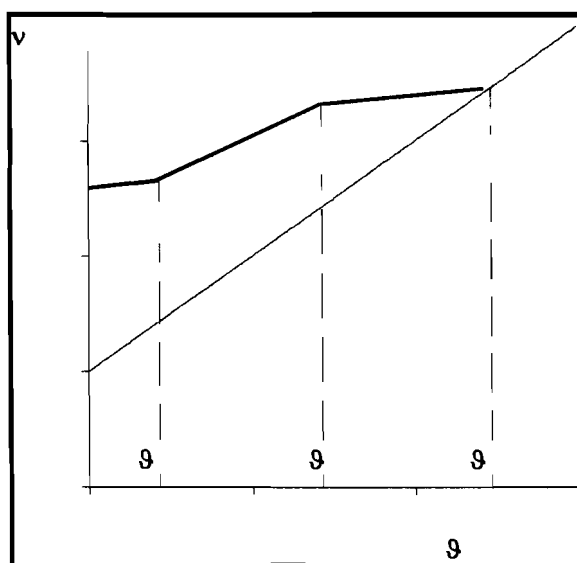


figure 30: Modèle de MacGarry et Danniells (1988), représentation de la courbe de retrait en trois droites

Les points particuliers sont les points de rencontre des droites qui circonscrivent la courbe.

Si θ_A , θ_B sont les teneurs en eau en A et B sur la courbe de retrait, V_{sec} le volume spécifique de l'échantillon sec, V_s le volume spécifique de la phase solide (= inverse de la densité réelle), θ_{sat} la teneur en eau à saturation, (point de rencontre avec la droite de saturation), on démontre que:

Analyse discriminante des trois âges de jachère par la courbe de retrait

Une analyse discriminante a été effectuée sur les échantillons de surface (3 - 6 cm) prélevés en 6 répétitions dans les trois âge de jachère. Les descripteurs utilisés sont les paramètres de la courbe de retrait de chaque échantillon: θA , θB , VA , VB , Kr , $K0$, θsat .

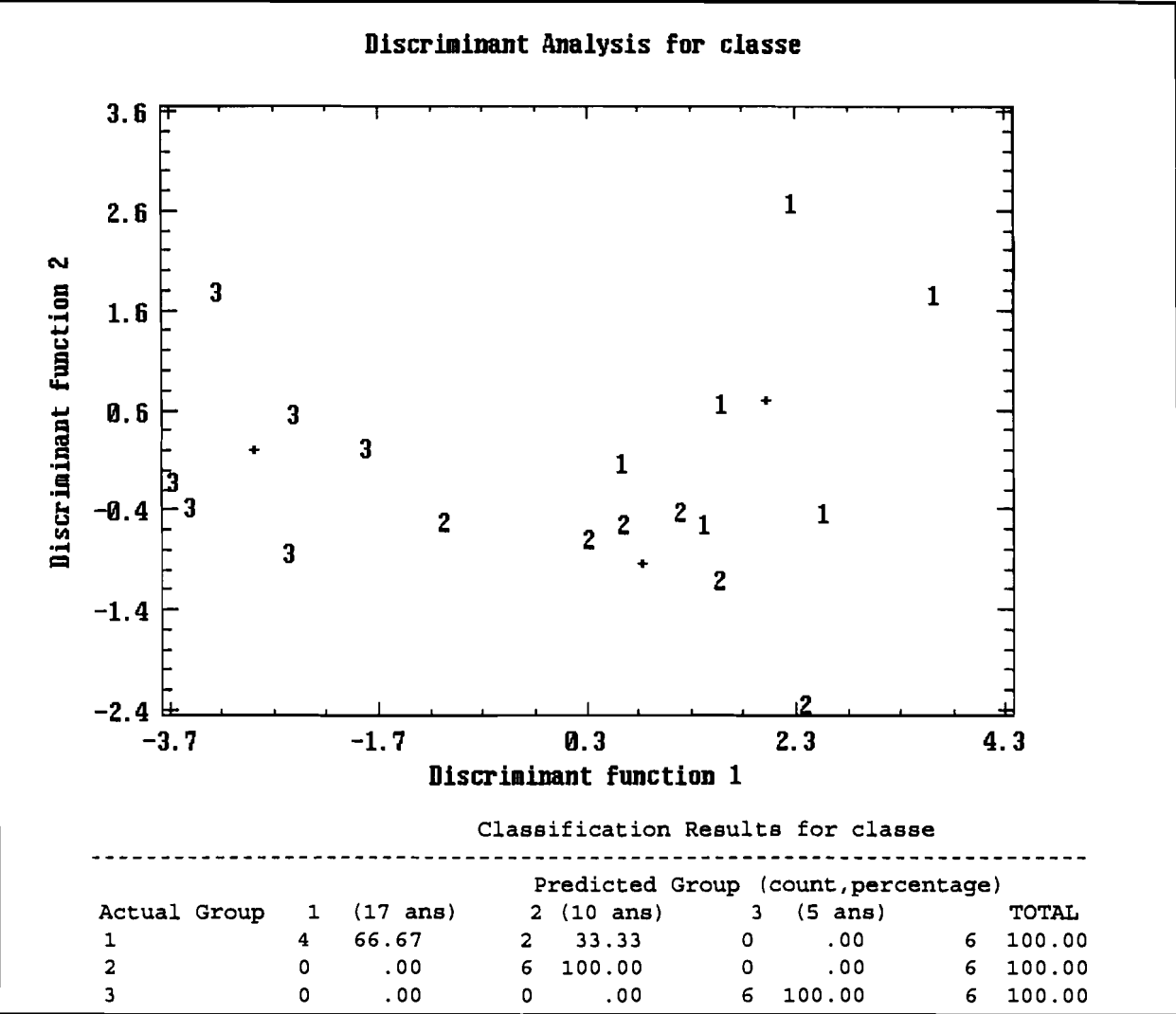


figure 33: Analyse dicriminante des horizons de surface sous trois âges de jachère, caractérisés par leur courbe de retrait.

La figure 33 montre que les trois types de jachère sont bien différenciées par la courbe de retrait représentée par les 7 variables mentionnées. Reste à chercher quels sont les propriétés structurales, combinaisons linéaires de ces variables, qui sont responsables de cette différenciation. Quelques une sont données ci-dessous.

Analyse statistique de quelques propriétés structurales du sol sous les trois âges de jachère

- 17 ans et 5 ans sont significativement différents par (figure 34) :
- θA , θB , qui sont supérieurs dans la jachère de 17 ans; θA et θB sont des propriétés de l'argile du sol, leur valeur plus grande dans la jachère de 17 ans peut être due à une plus grande richesse en argile ou en matière organique (analyse en cours); ou alors une transformation de la nature de l'argile + MO. La jachère de 10 ans occupe une position intermédiaire, non significativement différente de l'une et l'autre jachère.
 - VA , le volume apparent de l'horizon sous jachère 5 ans est significativement supérieur à ceux sous jachère de 10 et 17 ans: il y a donc un tassement du niveau de surface

significatif, avec le temps qui joue sans doute sur les propriétés d'infiltration (la porosité macro est de ce fait significativement plus importante dans la jachère de 5 ans).

- K0, est significativement supérieur dans la jachère de 17 ans et identique dans les deux autres. Ceci montre une bonne cohésion et un bon fonctionnement de la structure dans les fortes teneurs en eau (pouvoir gonflant de cette partie de la courbe) : ceci est principalement le fait d'une bonne intégration de la MO et du non remaniement de la structure qui s'est construite au cours du temps (sans doute avec l'intégration de la MO et l'activité biologique).
- VB-VA représente le retrait spécifique de l'échantillon; il est significativement supérieur dans la jachère de 17 ans. Il est probable que ce soit là aussi le complexe argilo-humique (nature et quantité) qui soit responsable de cette augmentation du retrait spécifique.

Les corrélations avec la matière organique (formes carbonnées et azotées, quantité) sont en cours.

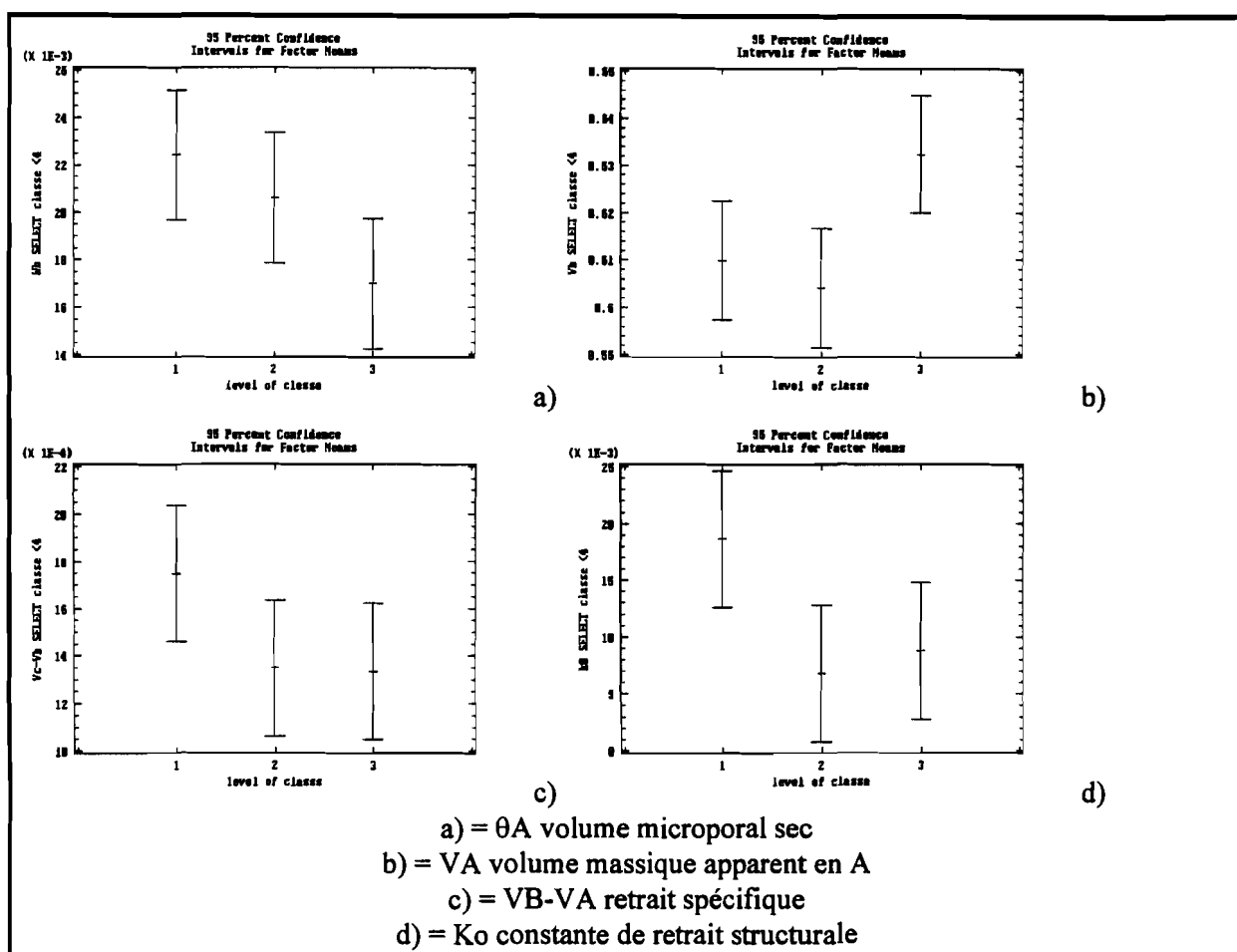


figure 34 : Représentation statistique de quelques propriétés physiques des horizons de surface d'un même sol sous trois jachères d'âge différents : 1 17 ans; 2 10 ans; 3 5 ans.

4.1.4.4. Conclusion, perspectives

Les résultats présentés ici ont été obtenus à titre exploratoire: la courbe de retrait est-elle un bon moyen de caractériser la structure des types de sol rencontrés pour en suivre l'évolution dans les différents systèmes de jachère ? Les sols des sites d'étude sont en effet peu argileux, et pauvres en matière organique; la mesure des courbes de retrait est alors à la limite des possibilités de l'appareil. Les résultats montrent que la courbe de retrait est tout à fait mesurable sur ces sols, et qu'elle est discriminante de l'évolution des propriétés structurales du sol en surface sous des jachères de 5 ans, 10 ans et 17 ans.

Des corrélations sont à rechercher maintenant entre les propriétés de la structure du sol qui évoluent, et les facteurs de transformation de la structure : M.O., activité biologique, couvert végétal.

Le programme suivant est proposé comme sujet de thèse :

- site d'étude: les jachères expérimentales à Thyssé-Kaymor et Kolda.
- caractérisation de la structure de l'horizon de surface: année 0 et année 3 par:
 - lame minces*---> propriétés morphologiques
 - courbe de retrait*---> propriétés fonctionnelles de la structure du sol
 - fractionnement en agrégats* ---> caractéristique structurale d'un niveau d'organisation.
 - tests hydro-mécaniques* ---> propriétés hydro-structurales (cohésion, stabilité, pénétrabilité, infiltration..)
- suivi de variables cycliques saisonnières:
 - suivi du stock en eau dans les horizons du sol
 - suivi de l'état de surface
 - suivi de paramètres biologiques

4.2. Observations réalisées au Cameroun

L'étude portant sur la jachère, entreprise dans la région soudano-sahélienne du Cameroun, avait été initiée dans le cadre d'un programme pluridisciplinaire intitulé "Réhabilitation et Utilisation des terres marginales du Nord-Cameroun" (Contrat N° TS 2A/0077 MC CD) signé entre la DG XII de la Commission des Communautés Européennes (CCE), l'Institut de la Recherche Agronomique (IRA/CNS) et le département Milieux et Activités Agricoles (MAA) de l'ORSTOM.

Elle n'avait comporté que les aspects relatifs aux modalités de reconstitution de la savane post-culturelle, et en particulier sur les problèmes de succession végétale et de dynamique de la strate ligneuse sur une petite région du Nord-Cameroun : la plaine du Diamaré (800 mm de pluie). Les résultats de cette première phase ont porté sur la caractérisation des écosystèmes anthropiques étudiés, les modifications de la composition floristique au cours de la succession post-culturelle, l'évolution de la physionomie de la végétation et la structuration des peuplements des espèces ligneuses.

Il a donc été proposé dans le présent Projet d'étendre l'étude initiale, sur une aire géographique plus vaste de l'extrême-nord du Cameroun par un choix de trois zones focales (600, 800 et 1000 mm de pluie moyenne annuelle).

Par ailleurs, on a souhaité identifier des pratiques qui concourent à la diminution de la biodiversité, soit au cours du cycle cultural, soit au cours de la pratique de la jachère afin de proposer des pratiques optimales pour le maintien d'une biodiversité minimale utile au maintien d'une productivité durable du système culture-jachère.

Cette étude prend en compte l'influence du facteur anthropique, abordée dans une approche terroir. Elle vise à analyser les possibilités d'amélioration de la jachère dans une stratégie de développement durable.

Dans la première partie une étude sur la typologie de la végétation des jachères sera présentée. Une deuxième partie sera consacrée à la détermination d'indicateurs édaphiques et biologiques qui serviront à évaluer l'état du système et ses potentialités (résultats et analyses pour la campagne 1993/1994, remarques, directives et parfois résultats pour la campagne 1994/1995). La troisième partie sera réservée à l'étude des aspects agronomiques concernant principalement les effets de la jachère sur les cultures qui suivent (sorgho, muskwari). L'ultime partie sera l'occasion de situer la phase de modélisation dans notre programme.

4.2.1. Typologie de la végétation des jachère (Paul Donfack)

4.2.1.1. Introduction

Un des rôles de la jachère est de reconstituer la fertilité des sols, afin de permettre une remise en culture des terres. Dans certains cas, la jachère peut aussi être un moyen de contrôler les adventices de cultures. Elle sert aussi de pâturage pour le bétail en divagation, du fait qu'elle regorge de nombreuses espèces de plantes fourragères. La jachère de longue durée constitue une source de bois et de plantes médicinales et autres espèces à usages multiples.

L'objectif principal de cette partie de l'étude est d'analyser les modalités de reconstitution de la végétation suite à l'abandon de la culture. Un accent est mis sur l'influence du raccourcissement du temps de jachère et de la surexploitation des ressources durant la phase de jachère sur les espèces végétales qui concourent au maintien ou à la reconstitution des propriétés physiques ou chimiques du sol (biodiversité utile).

4.2.1.2. Comparaison sommaire des trois zones étudiées..

Ouro-Labo et Mayo-dady dans la région de Garoua correspondent à une zone de front pionnier. Après l'installation des migrants dans ces villages il y a quelques années, il y a eu mise en culture des abords immédiats des cases. Suite à quelques années de culture continue, les sols se sont appauvris et il s'en est suivi un abandon cultural, pour un défrichement de nouvelles parcelles de savane plus éloignées du village. Les terres abandonnées autour des cases se sont vite transformées en terre de

pâturage parfois exploitées à l'excès. Il n'existe pas de fertilisation de champs de case à la fumure organique comme c'est le cas dans la région de Maroua. Les prélèvements de bois de feu sont moins intense par rapport à la région de Maroua. Il faut noter le maintien dans les champs au moment du défrichement des arbres de quelques espèces telles que *Butyrospermum parkii*, *Strychnos innocua*, *Daniela oliveri*, etc.

Dans la région de Maroua, le terroir est organisé de telle sorte qu'on retrouve le village avec ses champs de case, une zone de culture plus ou moins intensive puis, plus loin, une zone d'alternance culture-jachère, et enfin la brousse ou zone sylvo-pastorale. Les terres de Mouskouari sortent de cette logique de distribution spatiale. La zone sylvo-pastorale est l'objet de l'exploitation de bois et de pâturage. Cependant le besoin de terres cultivables entraîne souvent l'ouverture de champs de culture en pleine brousse.

Dans la région de Kolofata, les paysans abandonnent les cultures de saison des pluies ou de Mouskwari pour se livrer soit à la culture maraichère, soit aux activités commerciales. Beaucoup de mise en jachère sont assimilées à des abandons définitifs. Si la baisse de pluviosité est un des facteurs responsables, celle de la fertilité chimique est par contre discutable.

Le tableau 19 résume les caractéristiques climatiques et édaphiques des terroirs étudiés.

Pluie annuelle	Terroir	Milieu édaphique
1000 à 1100 mm	Ouro-labo	Sols ferrugineux sur grès Sols lessivés tropicaux
700 à 800 mm	Karewa Gazal Midawa	Sols ferrugineux sur grès Sols ferrugineux sur gneiss Vertisols
500 à 600 mm	Kolofata	Sols ferrugineux sur dune Vertisols

tableau 19 : Caractéristiques climatiques et édaphiques des terroirs étudiés au Nord-Cameroun.

4.2.1.3. Approche méthodologique

La méthode utilisée consiste à faire des observations, des prélèvements et des analyses sur la végétation des parcelles dont les dates d'abandon des cultures sont déterminées.

4.2.1.3.1.Détermination de l'âge des friches

L'obtention de la date d'abandon de la mise en culture par enquête pose quelques problèmes. Mais il est tout de même possible, en interrogeant plusieurs personnes et en procédant à des recoupements, de dater les abandons récents. Le problème se pose avec des vieilles friches où les enquêtes sont approximatives. On a recours dans ce cas, comme dans tous les autres d'ailleurs à la méthode dendrométrique. On l'applique aux "espèces pionnières" (*Piliostigma reticulatum*, *Annona senegalensis*, *Ziziphus mauritiana*, etc.) et particulièrement aux individus les plus âgés de la parcelle que l'on assimile aux pionniers. Elle consiste à compter le nombre de cernes de croissance sur la section basale des brins principaux de ces ligneux pionniers.

Les enquêtes au niveau des parcelles comportent d'autres aspects relatifs à l'historique de ces parcelles, leur utilisation ou les causes de leur abandon. Enfin, il est procédé, à une enquête permettant d'aborder le problème d'indicateur biologiques et édaphiques du milieu. Il s'agit d'apprécier la perception de la biodiversité par les population et la place qui lui est accordée. Nous avons ainsi discuté des indicateurs de la dégradation et de la régénération.

4.2.1.3.2.Les relevés de végétation et du milieu.

Une enquête préalable auprès des paysans propriétaires des champs choisis a permis de cerner les grands modes de gestions des parcelles en jachère et de retenir les parcelles devant faire l'objet d'études détaillées ou de simples relevés phyto-écologique. Par ailleurs cette enquête a permis de dater ces parcelles retenues.

L'étude phyto-écologique est abordée selon un mode diachrone et le mode synchrone. L'essentiel des interventions a porté sur le mode synchrone. Des relevés de végétation et de facteurs du milieu ont été faits sur les parcelles préalablement datées. Cependant, quelques autres parcelles retenues parce que devant être conservées en jachère ont été précipitamment remises en culture par les paysans méfiants.

Des relevés phyto-écologiques sont effectués sur des parcelles retenues selon un tableau d'échantillonnage réalisé sur la base des différents âges d'abandon et des principaux substrats. Il était initialement prévu que cet échantillonnage devrait être facilité par l'interprétation d'une image SPOT prise entre Septembre et Novembre (époque de l'année, avant les feux, où l'on devrait distinguer aisément la végétation herbacée sèche, les ligneux sempervirents et les cultures). Mais le traitement de l'image et son interprétation a montré des limites au niveau de la typologie des jachères. Elle ne peut pas être exploitée à cette fin.

Les observations sur les caractéristiques de l'environnement portent sur l'appréciation de l'état de surface, l'historique de la parcelle, les facteurs anthropiques, les facteurs abiotiques, la composition floristique, le recouvrement, les espèces dominantes. L'interprétation sera faite sur la base de l'information mutuelle et de l'analyse factorielle des correspondances.

Pour les ligneux, sur quelques parcelles d'âges différents, on fait des prélèvements de bois de tous les individus, pour comptage des cernes d'accroissement afin de déterminer les patrons temporels d'installation (germination en année humide), hauteur et diamètre du brin principal, nombre de rejets sont notés. Cette méthode est destructrice et il est actuellement procédé, pour les principales espèces, à l'établissement des tarifs diamètre/production de biomasse, tarifs qui permettront de calculer la production à partir de la mesure des diamètres. Parallèlement, il est procédé dans d'autres parcelles, à l'étude de la structure de la végétation, avec mesure de ces diamètres, ainsi que celle des autres paramètres dendrométriques.

Sur d'autres parcelles encore, il est procédé, en plus, au repérage de tous les individus de quelques espèces principales afin d'effectuer l'analyse des patrons spatiaux d'installation (influence d'un mode de dissémination). Enfin, des mesures de biomasse herbacée sont également prévues.

4.2.1.3.3. Echantillonnage des parcelles

L'échantillonnage initial a été prévu dans trois régions écologiques, disposées le long d'un gradient décroissant de pluviométrie qui sont:

- la région de Garoua (1000 mm) ;
- la région de Maroua (800 mm) ;
- la région de Kolofata (600 mm).

Etant donné qu'une étude antérieure a déjà été faite dans la région de Maroua (Donfack, 1993) nous avons préféré commencer l'échantillonnage de 1993 par les deux pôles opposés à savoir la région de Garoua et celle de Kolofata. Mais en 1994, l'échantillonnage de la région de Maroua a été amélioré.

Dans la région de Garoua, 4 terroirs ont été prospectés:

- le terroir de Ouro-Labo 1
- le terroir de Mayo-dady
- le terroir de Ngong
- le terroir de Kerewa

Les 3 premiers sont sur sols ferrugineux tropicaux et le quatrième comporte à la fois les ferrugineux et les vertisols. Ouro-Labo 1 et Mayo-Dady sont de nouveaux villages (village de migrants dans la zone de front pionnier). Les mises en jachère sont suivies de nouveaux défrichements de la savane.

Dans la région de Kolofata, notre attention a été portée sur les terroirs de Gansé et Gouzoudou sur vertisol et sur la dune de Kolofata.

L'échantillonnage réalisé en 1993 et 1994 est portée dans le tableau 20.

Types de parcelles	Régions écologiques			
	Garoua	Maroua	Kolofata	Autres
Culture	3	0	2	0
Jachère 1 à 2 ans	5	0	3	0
Jachère 3 à 5 ans	23	4	5	14
Jachère 6 à 15 ans	5	0	3	1
Jachère + de 15 ans	7	0	0	9
Total 1993	43	4	13	24
Relevés de 1994	60	14	10	-
Total 1993 et 1994	103	18	23	24

tableau 20: Nombre de relevés floristiques réalisées en 1993 et en 1994

Le fait d'avoir ouvert notre champ d'investigation à des zones écologiques non encore prospectées, nous met en face de nombreuses espèces végétales non connues. Ceci nous oblige à consacrer un long moment aux déterminations floristiques. Elles sont en cours et c'est à la suite que nous procéderons à l'analyse et à l'interprétation des données. Il ressort du tableau 1 qu'un total de 168 relevés a été réalisé pendant les deux campagnes de relevés (1993 et 1994). Ceci porte à plus de 338 le nombre total de relevés disponible si l'on tient compte des 170 relevés réalisés dans le cadre de la thèse de Donfack (1993). Quelques relevés complémentaires sont encore prévus. La saisie des données a commencé dans la base de données du logiciel BASEFLO. La nouvelle version du logiciel BIOMEKO acquise à Maroua doit être très utile pour ces traitements, en particulier en ce qui concerne le mode de traitement en ACPVI beaucoup plus performant pour le type de données recueillies.

4.2.1.3.4. Constitution de l'herbier de référence.

Lors de la réalisation des relevés phytosociologiques, toutes les espèces inconnues sont récoltées pour une détermination ultérieure. Ces dernières se font au Laboratoire grâce aux flores existantes. Ces déterminations vont être confirmées par des comparaisons dans les herbiers de Garoua et de Yaoundé. Les espèces ainsi identifiées sont incorporées à l'herbier de référence que nous avons entrepris de mettre en place depuis quelques années.

4.2.2. Etude de la jachère en mode synchrone

4.2.2.1. Choix des parcelles et méthodes

L'approche méthodologique globale de cette étude prend en compte trois niveaux :

- l'échelle de la région climatique : afin de mener une réflexion sur l'influence du facteur climatique, nous disposons de trois régions climatiques : Garoua (1 000 mm), Maroua (800 mm) et Kolofata (600 mm)
- l'échelle du terroir villageois : l'approche terroir permet de mesurer le poids de l'influence du facteur anthropique. A l'intérieur de chaque région climatique nous avons commencé par l'étude d'un terroir villageois. En 1994, trois terroirs ont été choisis selon ces critères. Ce sont les terroirs de Kolofata, Gazal et Ouro Lobo 1
- l'échelle de la parcelle. Des grappes de parcelles voisines de jachère d'âges différents, de culture et de savane sont choisies dans chacun des terroirs.

4.2.2.1.1. Description des terroirs étudiés

Kolofata

Le village de Kolofata se situe à une vingtaine de kilomètres au Nord-Ouest de Mora (environ 70 km au Nord de Maroua). Le climat est de type sahélo-soudanien caractérisé par une pluviométrie faible (600 à 700 mm), une forte évaporation (3500 mm), une température moyenne élevée (29°C).

Il n'existe presque pas de peuplement végétal primaire ; partout la végétation naturelle est affectée par la culture ou le pâturage. On a donc le plus souvent une savane arborée ou arbustive peu dense, fortement anthropisée.

Les sols sont variés sur ce terroir avec des vertisols calcimorphes, des sols peu évolués sur alluvions, des planosols et des sols ferrugineux tropicaux rouges. Ce sont ces derniers qui nous ont intéressés cette année. Il s'agit de sols formés sur sable dunaire et très évolués par individualisation du fer et lessivage. Ces sols ont un très faible potentiel de fertilité et ne peuvent supporter que des cultures occasionnelles de mil et d'arachide coupées de longues périodes de jachère. La végétation sur la dune est une steppe à *Guiera Senegalensis*.

Le choix de nos parcelles a visé à constituer une série progressive comprenant un champ cultivé (petit mil) depuis plusieurs années, jugé fatigué par le paysan et qu'il envisage de mettre prochainement au repos, une jachère de 2 ans et une de 5 ans. L'absence de formations végétales primaires n'a pas permis de trouver une série régressive.

Les sols ferrugineux tropicaux rouges présentent une très grande homogénéité dans leurs caractéristiques sur toute la dune. Seules, les différences d'altitude peuvent entraîner quelques modifications. Les trois parcelles ont donc été choisies à faible distance l'une de l'autre, près du sommet de la dune.

L'historique précis de nos parcelles, n'est pas encore bien connue. Des enquêtes plus précises seront réalisées afin de compléter nos informations, comme à Ouro Labo, en vue d'une meilleure interprétation des résultats.

Gazal

Gazal se situe à une trentaine de kilomètres au sud de Maroua. Le climat est caractérisé par une pluviométrie voisine de 800 mm par an. On y rencontre deux principaux types de sols : les vertisols lithomorphes plus ou moins dégradés et les sols ferrugineux sur gneiss. Les premiers supportent une végétation à base d'épineux, dominée par *Acacia seyal*. Les seconds sont à base de combretacées.

Nous avons choisi, comme pour les autres terroirs, une série progressive constituée de trois parcelles : un champ cultivé en sorgho depuis plusieurs années et que le paysan juge "fatigué", une parcelle de 2 ans de jachère et une de 5 ans de jachère. Une enquête minimale a été effectuée sur ce terroir pour le choix de ces parcelles. Cependant, au cours de la saison l'équipe des géographes a réalisé le lever complet de l'ensemble du terroir avec enquête sur l'historique de chaque parcelle. Les résultats devraient être rapidement disponibles et permettront d'orienter au mieux l'échantillonnage de la campagne 1994. Le sol ferrugineux sur gneiss est partout très caillouteux et ceci a empêché le déroulement normal de nos prélèvements. Ainsi, l'humidité pondérale, la biomasse racinaire et l'instabilité structurale n'ont pas pu être effectuées dans de bonnes conditions. Seuls les relevés phytocologiques, les prélèvements de biomasse herbacée aérienne et la prise d'échantillons pour analyse ont été faits (ces derniers ont été obtenus après défoncement du sol à la barre à mine). Les sols font actuellement l'objet d'analyses. Les résultats seront donc insérés dans le prochain rapport.

Nous avons procédé, dans le terroir de Gazal, à une enquête dont le but était, entre autres de comprendre la stratégie d'installation et de partage du karal par les villages de Gazal, Midaoua et Mouda.

Parmi les causes de l'abandon du karal, on retient, parmi les réponses les plus pertinentes, l'apparition de certaines espèces d'herbes dont les noms, locaux pour la plupart sont "Bafel, Bépél en fulfuldé, *Ipomoea eriocarpa*, *Slimid Guedema*, *Kourmoutou*, *Mongou daw*, *Boré*, etc...

On peut aussi citer les fentes sur les vertisols qui, trop grandes peuvent être néfastes pour le succès de la culture. Il y a une extension des surfaces cultivées les bonnes années climatiquement parlant. Il n'est pas procédé à un changement de variété.

L'abandon cultural peut durer plus de 15 ans. Les espèces herbacées indicatrices de la reconstitution sont "Mandabara, Moyoy, Gouyouk, Mississiriou". Pour les arbres, ils interviennent plus par leur densité que par leur composition. Quelques espèces cependant sont assez parlantes : "Moussar, Tané = *Balanites aegyptiaca*, Tapass.

Dans les sols ferrugineux, qui portent le nom local de "Ligazan", certaines plantes apparaissent dans le champ lorsque celui-ci est fatigué et permettent au paysan de prendre la décision d'abandonner la culture. Il s'agit à Gazal de : "Mukléo, Membérémbéré mezile, Mouhous" (*Striga hermonthica*). Dans les friches post-culturelles, il existe des espèces indicatrices de la régénération : "Doui, Tintin, Dougouass, Miguizibet = *Combretum fragrans*, Bourkalaf = *Combretum glutinosum*, Bassiao = *Piliostigma sp.*, Moudroussougoum, Gouara = *Loudestia togoensis*, Moyoï.

Notre grappe de relevés de 1994 est située sur un sol plus caillouteux appelé localement "Tchechesl". Les mêmes indicateurs que ci-dessus restent valables.

Par ailleurs, certaines espèces font l'objet d'une protection particulière. Par exemple, il est interdit de brûler ou de réparer la concession avec une espèce telle que Gouassassoulon. En raison de son caractère fertilisant, il est interdit de couper une espèce telle que Guividik.

Ouro Lobo 1

- Le milieu naturel

Le terroir de Ouro Labo d'une superficie d'environ 600 ha se situe à une trentaine de kilomètres au Sud-Est de Garoua. Le relief est un glacis de faible pente entre 200 et 220 m d'altitude. Le climat est de type soudanien avec une saison sèche rigoureuse et une saison des pluies brève mais aux précipitations abondantes (1000 à 1200 mm).

La végétation naturelle est une savane soudanienne dominée par les Combretacées telles que *Combretum glutinosum*, *Terminalia avicennioides*, *Combretum nigricans* et par quelques autres espèces telles que *Strychnos innocua*, *Daniela oliveri* et *Gardenia aqualla*. La strate herbacée est surtout dominée par les graminées dont les plus importantes sont *Aristida kerstingii* dans la clairière et *Louditia flavida* dans les points humides. A l'inverse dans les grandes concentrations de ligneux ombragés on trouve *Hyptis suaveolens*.

Les sols de la zone appartiennent à 4 classes de la classification française C.P.C.S (Mainam et Seyni Boukar, 1992):

- sols peu évolués (9%)
- sols ferrugineux tropicaux (80%)
- vertisols (9%)
- planosols (hardés) (2%)

Parmi les sols ferrugineux tropicaux, on distingue deux classes:

- Une consociation de sols ferrugineux tropicaux lessivés rouges, développés sur grès du Crétacé moyen. Sa superficie est d'environ 60 ha. Elle présente quelques traits d'érosion en nappe et en rigole. Ces sols sont profonds, bruns sombres avec une texture sableuse pour l'horizon A et rouges avec une texture argilo sableuse pour l'horizon B.
- Une consociation de sols ferrugineux tropicaux peu lessivés bruns également développés sur grès du Crétacé moyen. Sa superficie est d'environ 425 ha et présente des traces d'érosion. Ces sols profonds à très profonds ont un horizon A brun à brun gris à texture sableuse et un horizon B brun à brun pâle à texture sablo-argileuse.

Tous ces sols ferrugineux présentent généralement un taux de saturation en cations échangeables voisin de 50% et une faible teneur en matière organique. La texture sableuse leur confère une forte perméabilité et favorise la perte importante en éléments minéraux.

- Les pratiques paysannes

Les informations qui vont être développées ci-dessous sont le résultat d'une petite enquête menée auprès d'une dizaine de propriétaires. Celle-ci n'a pas la prétention d'avoir été exhaustive mais ne disposant pas des données du lever de terroir, elle nous a permis de nous orienter dans le choix de nos parcelles.

Le village actuel d'Ouro-Labo 1, est le résultat d'une implantation de migrants depuis 1985 réalisée dans le cadre de la politique du Projet Nord-Est Bénoué (NEB). Il se situe sur l'emplacement d'un ancien village Fulbé abandonné depuis assez longtemps. Toutes nos parcelles se situent du côté ouest de la route sur une partie récemment défrichée.

Dans la majorité des cas, c'est un problème de baisse de fertilité qui est à l'origine de l'abandon. Les rendements baissent progressivement et on signale aussi l'apparition du *Striga* sur sorgho.

La fertilité est déjà généralement faible au moment de la mise en culture et la dégradation constatée se produit après seulement 4 à 5 ans de cultures alternées. On est donc en présence de sols peu riches qui s'appauvrissent très vite et sont sensibles à l'érosion.

Ici, la pratique du sol est mal connue par des paysans souvent émigrés des montagnes, peu habitués à ce type de milieu. Il est donc difficile de parler de système stable d'exploitation du milieu.

On en est seulement à chercher, en tâtonnant, à préserver l'exploitabilité de ces terres. La jachère est un des moyens connus pour restaurer la fertilité et la durée du repos est fixée "empiriquement", sur la zone, à 3 ou 4 ans. Jusqu'à présent, la faible durée d'exploitation des parcelles a été compensée par l'énorme potentialité de défrichement. Cependant, il est clair que le terroir n'est pas extensible indéfiniment et les préoccupations de gestion deviendront vite prépondérantes.

La phase de culture dure 4 à 5 ans en moyenne, mais un paysan nous a dit avoir cultivé sa terre pendant 8 ans. Différentes rotations sont réalisées avec le sorgho, l'arachide, le coton ou le maïs en suivant les conseils de la SODECOTON. Toutefois, la répartition des différentes cultures sur le terroir ne se fait pas au hasard mais fait l'objet d'une décision de l'ensemble du village. Ainsi, chaque année, il y a des zones réservées au coton et d'autres réservées aux céréales.

La préparation du sol se fait fréquemment à la charrue attelée et on réalise un épandage d'engrais essentiellement pour le maïs et le coton suivant les doses prescrites par la SODECOTON.

La phase de culture se traduit donc au niveau des parcelles par une grande variété de "l'historique" cultural. Contrairement aux vertisols où les travaux du sol restent très homogènes entre parcelles, ici le paysan a beaucoup plus de choix et la pratique de son champ sera beaucoup plus personnalisée.

Le défrichement du front pionnier peut se faire en plusieurs années. Le paysan commence par couper arbustes et petits arbres et se contente d'affaiblir les plus gros en les écorçant sur toute leur circonférence et en brûlant des branchages à leur base. Ces arbres seront éliminés petit à petit et bien souvent la culture commence alors que la parcelle en est encore parsemée. Certains seront même épargnés pour leur ombre ou une autre utilité (Ficus, Karité...). Bien que certaines parcelles aient été visiblement dessouchées, le dessouchage n'est le plus souvent que partiel et on préfère laisser pourrir les souches.

Le feu semble peu utilisé volontairement toutefois les accidentels sont fréquents (chasseurs) et presque toutes les parcelles ont été brûlées cette année.

Le pâturage des boeufs et des chèvres est très fréquent et il participe à la fertilisation. Malheureusement il n'est absolument pas contrôlé, chaque parcelles tombant dans le domaine commun.

Enfin, les coupes de bois semblent peu importantes, en tous cas de la part du propriétaire. Il faut dire que les parcelles identifiées, assez proches du village, ne sont pas très boisées. Il est aussi à noter que certains propriétaires ramassent le souchet sur leurs terres laissées en abandon.

- Choix des parcelles

Le choix de nos parcelles a été orienté par le souci de tenir compte des deux phases de la dynamique de la fertilité présentes sur le terroir : celle de la dégradation liée au défrichement du front pionnier et celle de la reconstitution à travers la mise en jachère.

Ainsi, ont été choisies deux séries de parcelles :

- *une série "progressive"* composée d'une parcelle de sorgho, cultivée depuis plusieurs années, présentant des signes de fatigue (chute des rendements) et que le paysan envisage de mettre prochainement en jachère, d'une parcelle mise en jachère depuis deux ans, d'une parcelle mise en jachère depuis 5 ans et d'une dernière parcelle de savane, jamais cultivée et servant de référence en terme de biodiversité et de potentialités de régénération.
- *une série "régressive"* composée de la même parcelle de savane que précédemment mais traitée en deux unités (une boisée et une herbeuse), d'une parcelle cultivée pour la première fois après défriche (maïs) et d'une parcelle cultivée deux fois depuis la défriche (sorgho).

Au moment de notre enquête auprès des propriétaires, cette distinction en deux séries n'était pas arrêtée, si bien que certaines parcelles dont on connaissait l'historique n'ont pas été étudiées cette année alors que d'autres n'ont pu faire l'objet d'une enquête qu'après les prélèvements. L'homogénéité de notre échantillonnage de cette année n'a pu donc réellement être appréhendé qu'à posteriori.

Sept unités ont donc été étudiées à Ouro-Labo 1 cette année. Seuls les résultats concernant la composition floristique, la biomasse herbacée, la biomasse racinaire, l'humidité pondérale et l'instabilité structurale sont déjà traités et peuvent faire l'objet de commentaires. Les analyses chimiques et rétractométriques ont été finalisées par le laboratoire de l'ORSTOM à Dakar (Sénégal) il y a peu de temps et interprétation est en cours.

Série régressive

- Parcelles de savane.

Elles se situent à environ 2 ou 3 kilomètres du village, à 500 mètres des derniers champs cultivés et à environ 100 mètres de la piste. Elles n'ont jamais été mises en culture. On remarque néanmoins quelques traces d'anthropisation marquées par des coupes de bois (peu importantes) sur l'unité boisée (code parcelle OB) ou certaines zones de pâturage, sur l'unité herbeuse (code parcelle OS). De plus, il y a eu le feu à peu près chaque année, soit de manière accidentelle, soit pour la chasse.

- Parcelle de 1ère année de culture après défriche.

Cette parcelle (code OF) se situe en bordure du front pionnier. Son propriétaire est M. SALI KAKOU. Elle a été défrichée en deux ans. La première année (1990), le paysan a coupé arbustes et petits arbres et affaibli les gros par un écorçage de leur circonférence. La seconde année (1991), il a mis le feu aux branchages placés au pied des arbres puis les a abattu. Les souches ont été laissées à pourrir pendant un an et arrachées à la charrue l'année dernière (1993) lorsque la parcelle a été mise en culture (maïs).

Le paysan semble avoir eu le souci de ménager la fertilité du sol dès la défriche.

Ainsi des arbres (Karité, Daniela...) ont été préservés d'une part pour leurs fruits, mais aussi pour la fertilisation apportée par la décomposition de leurs feuilles (non emportées par le vent), et l'action, jugée bénéfique, des racines sur le sol. Il constate néanmoins cette année que l'ombrage a nuit au rendement, et il se propose d'élaguer la saison prochaine. Les deux années de défriches ont été suivies d'une année de "repos" jugée nécessaire pour le bon pourrissement des souches mais aussi utilisée pour fertiliser la parcelle, grâce au pâturage. L'année de mise en culture correspondait pour la zone à une année de céréale. Le paysan a donc choisi le maïs (bien qu'il eu préféré le coton) mais en y associant une légumineuse (niébé).

Ce souci semble montrer que le paysan juge sa terre fragile dès la défriche. Tous ne procèdent pas de la même manière et parfois la défriche et la mise en culture s'effectuent la même année. On est ici en présence d'un paysan possédant suffisamment de parcelles par ailleurs (4 hectares) pour se permettre de prendre son temps. Avant la mise en culture, il a procédé à un labour à la charrue (10 à 12 cm) pour enfouir les herbes existant sur sa parcelle et a arraché les souches déjà pourries. Il a ensuite épandu de l'urée comme engrais et traité au Gramoxon avant le semis. Du fait d'un retard dans l'arrivée des engrais, la date du semis a été très tardive (début juillet) et les rendements s'en sont ressentis (environ 320 Kg pour 1/4 ha de maïs et 10 Kg de Niébé). Néanmoins, le paysan semble satisfait du sol qu'il juge bon et qu'il prévoit de cultiver encore trois ans avant de le laisser en jachère durant deux ans.

- Parcelle de 2ème année de culture après défriche.

Cette parcelle (code OD) se situe également près du front pionnier à 300 mètres de la précédente. Son propriétaire est M. MATAKON RICA. C'est une grande parcelle de 3,5 ha qui a été défrichée en quatre ans (1988 à 1991) suivant la même méthode que précédemment sauf que la mise en culture (maïs) a immédiatement suivi la fin du défrichement. La zone où ont été effectués les prélèvements se situe dans la partie défrichée en premier (1988).

Là encore les souches ont été laissées à pourrir puis arrachées à la charrue. Des arbres ont également été préservés pour les mêmes raisons que précédemment. Le Karité notamment semble très apprécié pour la fertilisation apportée par son feuillage.

La culture cette année a été le sorgho. Les travaux du sol ont consisté en un simple sarclage buttage, alors qu'un labour à la charrue avait été effectué la saison précédente. Les billons constitués (7 à 8 cm de haut) ont pour but de lutter contre la verse en permettant un enracinement plus profond. Un épandage d'urée a par ailleurs été effectué.

Ce propriétaire, un des premiers arrivants, possède sur le terroir environ 15 hectares, ce qui explique encore la durée du défrichement. Il est aussi considéré comme le meilleur planteur du village, car c'est lui qui a toujours les plus forts rendements, quelle que soit la culture. Cette parcelle lui donne entière satisfaction et il pense pouvoir la cultiver encore quelques années, la durée étant fonction de l'évolution des rendements.

Série progressive

- Champ cultivé "fatigué".

Cette parcelle (code OC) se situe à environ 400 mètres du village, à proximité d'une piste. Elle appartient à M. MADVA. Elle est bordée d'arbres. Le défrichage a eu lieu en 1986 et la parcelle a été plantée la même année en sorgho. Elle est cultivée depuis 1986 sans interruption avec pour rotation principale arachide-sorgho et parfois le coton (la dernière fois en 1989).

La parcelle est jugée très fatiguée et envahie par le *Striga*. On signale aussi les dégâts occasionnés par le petit bétail du fait de la proximité du village.

Cette année, comme les années précédentes, le travail du sol a consisté en un labour à la charrue et un sarclage. Un peu d'urée a été répandu. Le rendement en sorgho de cette année a été faible (450 kg pour 3/4 ha).

Le propriétaire dispose d'une dizaine d'hectares sur le terroir et envisage d'abandonner cette parcelle rapidement.

- Parcelle en jachère depuis 2 ans.

Cette parcelle (code OJ) d'un quart d'hectare, appartenant à DORONDO Jacques se situe à environ 800 mètres du village. Elle a été cultivée pendant cinq ans (sorgho, arachide, coton, sorgho, arachide) puis laissée en jachère 2 ans. La cause d'abandon était la perte de fertilité (chute des rendements) et quelques problèmes de *Striga*.

Le labour a été manuel la première année puis attelé. L'épandage d'engrais n'a été réalisé que pour le coton. Quelques arbres ont là aussi été laissés sur le champ (Ficus, Karité, Daniela). Le niveau de fertilité initial n'a pas été jugé très bon.

Cette parcelle a été remise en culture cette année mais le paysan a bien voulu nous en laisser une partie en friche. Le feu est passé sur la parcelle de manière accidentelle l'an dernier (92) mais n'a que peu affecté la partie que nous avons étudiée. Du fait de son éloignement relatif du village et de sa situation au milieu de champs cultivés, la pression anthropique est restée relativement faible notamment en ce qui concerne le pâturage. Ainsi, on note que c'est la seule parcelle présentant des graminées pérennes non broutées de type *Andropogon Gayanus*.

- Parcelle en jachère depuis 5 ans.

Cette parcelle (code OV) se situe tout près du village (200 à 300 mètres) et fait environ 2 hectares. Elle a été défrichée début 1985, c'est à dire au tout début de l'installation des migrants. La dernière culture a été l'arachide. Des signes de dégradation sont apparus rapidement ; chute des rendements, ensablement. Aujourd'hui c'est une parcelle abandonnée avec aucun projet de remise en culture. Du fait de la proximité du village, elle est un lieu de passage pour le bétail, et le feu y est mis régulièrement (mais exception pour 1993). Son degré d'anthropisation est donc assez élevé.

4.2.2.2. Indicateurs édaphiques et biologiques mesurées

La méthode vise à sélectionner des paramètres du sol et de la végétation qui sont des indicateurs pertinents de l'état de dégradation ou de reconstitution de la parcelle, puis d'en faire un suivi en mode synchrone (grâce à un échantillonnage en grappe de parcelles de différents âges).

Les paramètres choisis pour la campagne 93/94 ont été :

- les caractéristiques phyto-écologiques
- analyses chimiques classiques du sol (ph, C/N, CEC...)
- la biomasse racinaire des racines inférieures à 2mm
- l'instabilité structurale des horizons de surface
- l'humidité pondérale
- la biomasse herbacée aérienne
- les indices de rétractométrie.
- l'infiltrabilité et l'érodabilité des sols.

Le choix de ces paramètres devra être critiqué au vu des résultats afin de pouvoir apprécier sa pertinence pour notre étude et éventuellement l'affiner.

4.2.2.2.1. Relevés phyto-écologiques

Nous avons envisagé d'analyser dans l'ensemble des parcelles décrites ci-dessus, les variations spatiales de la structure et de la composition floristique des communautés végétales en place.

Sur une fiche sont notées les caractéristiques écologiques de la station relatives au sol, à l'environnement, aux facteurs biotiques et à la végétation et une liste des espèces végétales présentes avec une estimation des indices de recouvrement. La méthode utilisée pour l'établissement de la liste floristique est celle de l'aire minimale.

4.2.2.2.2. Biomasse et structure des ligneux

Un inventaire des ligneux est fait dans chaque parcelle. Il permet non seulement d'évaluer la biodiversité des jachères, mais également et surtout d'aborder l'étude de sa structure et de sa dynamique. Elle passe par une mesure au niveau de chaque individu de la hauteur, du diamètre du brin principal et avec comptage du nombre de rejets.

L'étude des tarifs de biomasse aérienne en fonction des paramètres tels que le diamètre basal ou la hauteur pour les principales espèces permettra de calculer la production de la parcelle étudiée à partir des mesures dendrométriques. Cette étude est encore en cours. Nous avons estimé que le nombre d'individus étudiés par espèce l'an dernier n'était pas suffisant pour l'établissement de la relation. C'est pourquoi, nous compléterons cet échantillonnage avant de procéder au dépouillement.

4.2.2.2.3. Mesure de biomasse herbacée aérienne

La production de biomasse constitue un des indicateurs suivi au cours de la reconstitution de la jachère. Sa mesure est prévue dans les parcelles de suivi diachronique et synchronique. Cependant, les parcelles permanentes ne font pas l'objet d'un suivi régulier tous les ans. Par contre, il est prévu de mesurer la biomasse herbacée aérienne dans toutes les parcelles de suivi synchronique, lorsqu'elles sont en jachère et lorsqu'elles ne sont pas trop pâturées. En 1993, l'étude a porté sur l'ensemble des parcelles échantillonnées, à l'exception des parcelles en culture, soit 9 des 14 au total. En 1994, nous avons échantillonné 5 parcelles seulement dans le dispositif d'étude en mode synchrone.

Le but de la manipulation est de quantifier la production des herbacées, afin de mieux apprécier la valeur pastorale des friches post-culturelles.

Les mesures se font une seule fois dans la parcelle, au moment du prélèvement des échantillons de sol pour les divers autres tests prévus dans le programme et décrits ci-dessus. Elle ont lieu à l'optimum de végétation, en principe quand la matière fourragère n'est pas encore trop broutée.

Dans chaque unité d'environ 20 m de côté, on a choisi au hasard 16 placettes de 1 m² en 1993 contre 20 placettes en 1994. On coupe dans chaque placette, au ras du sol, la végétation herbacée. L'herbe coupée est pesée sur place à l'aide d'un peson à ressort (mesure en DAN) pour avoir le poids de la matière fraîche. Sur 10 placettes, sont prélevés, après homogénéisation de l'ensemble coupé, des échantillons d'herbes destinés à la détermination de la matière sèche. Ils sont mis dans des sacs et pesés frais.

Les échantillons sont ensuite mis à l'étuve à 80°C pendant environ 24 heures, puis pesés. La teneur moyenne en matière sèche est calculée sur les échantillons séchés, puis rapportée à l'ensemble des échantillons. La moyenne de la parcelle est ensuite ramenée à l'hectare.

4.2.2.2.4. Biomasse racinaire

Prise d'échantillons

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide de deux tubes conçus suivant le modèle décrit par Grouzis (1988). Le diamètre interne est de 7 cm.

Cette méthode a été préférée à celle de la tarière car :

- elle assure la prise d'un volume constant de terre ;
- les racines, lors de la pénétration du tube sont coupées net sur les bords, alors qu'elles peuvent être arrachées avec l'emploi de la tarière ;
- c'est une méthode qui a déjà fait ses preuves pour l'étude de la biomasse racinaire.

Néanmoins, la mise en pratique de cette méthode, sur les types de sols étudiés ici, a présenté quelques limites:

- la pénétration du tube ne pose aucun problème sur les ferrugineux sableux de Kolofata ou de Ouro Labo mais dès que le sol devient un peu plus argileux, elle se révèle beaucoup plus difficile ; dans ce cas, l'échantillon reste collé aux parois et il est alors nécessaire d'employer un piston pour le décoller, ce qui rallonge de manière sensible le temps de prélèvement ;
- sur les sols très pierreux le tube est totalement inefficace.

Pour la campagne 93, ces limites n'ont pas trop porté à conséquence sauf pour le terroir de Gazal où l'abondance des cailloux a empêché tout prélèvement. A Kolofata et à Ouro Labo les sols essentiellement sableux ont permis un bon enfoncement, mais l'échantillon avait parfois tendance à tomber lors de la remontée du tube du fait d'un manque de cohésion.

Le prélèvement des échantillons s'est effectué sur les unités de 20 m de côté, homogènes tant du point de vue du substrat que de la physionomie de la végétation. On a ainsi travaillé sur 14 unités. Sur chacune de ces unités, 15 répétitions ont été réalisées (limite minimale de représentativité déterminée par Grouzis dans des conditions voisines des nôtres), avec prise d'échantillons aux horizons 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 et 60-80 cm. Les prélèvements ont été également répartis sur toute la surface.

Lorsque, dans une parcelle choisie, deux unités de physionomie de végétation étaient identifiées, les prélèvements d'échantillons étaient menés de façons conjointes ; autrement dit, la prise d'un échantillon numéro XA sur l'unité A s'accompagnait d'une prise d'un échantillon numéro XB sur l'unité B au voisinage (environ 10 m) de XA. Les échantillons des deux unités, forment donc des paires comparables statistiquement.

Cet échantillonnage a été adopté pour la savane de Ouro-Labo qui présentait un faciès boisé et un non boisé et pour la jachère de 2 ans à Gazal où la présence d'un grand arbre différenciait deux physionomies de végétation. Il est à noter que ce prélèvement par paire concourt à augmenter le risque de prendre en compte l'effet de bordure car il paraît certain que les racines de la savane boisée, par exemple, sont susceptibles d'influencer la structure du sol de la savane herbacée voisine, dans un périmètre supérieur à 10 ou 15 mètres.

Il est arrivé sur certaines parcelles que la physionomie de la végétation, sans être très homogène ne semble pas justifier l'identification de deux unités. Par exemple à Kolofata, la jachère de 5 ans présentait une mosaïque de plages herbacées et de petits arbustes également répartis sur toute la surface. Les prélèvements d'échantillons se sont alors effectués suivant des transects tenant compte de la distance aux arbustes.

Tous les échantillons ont été placés dans des sacs fermés, doublés, avec un double étiquetage (interne et externe).

Extraction des racines

A leur arrivée au laboratoire, les sacs ont tous été ouverts afin que les échantillons sèchent à l'air avant d'être traités, évitant ainsi tout phénomène de décomposition des racines.

Lors des différentes manipulations, les racines ont tendance à se briser en petits morceaux qui deviennent vite difficile à prélever à la pince. Le tamisage à sec sur un tamis de maille 2 mm a pour but d'effectuer le prélèvement des racines les plus visibles avant toute autre manipulation. Les mottes restantes sont forcées à travers les mailles avec le plus de ménagement possible. Les racines sont lavées et triées suivant leur diamètre (inférieur ou supérieur à 2 mm). La partie tamisée est pesée et transférée dans une éprouvette de 1 l pour en déterminer le volume. Ces deux paramètres ont servi à apprécier la qualité et l'homogénéité de la prise d'échantillons sur le terrain.

Une partie de l'échantillon précédemment tamisé est versée sur un tamis de mailles 0.5 mm immergé pour moitié dans un seau d'eau. Le tamis est ensuite secoué doucement jusqu'à ce qu'il ne reste plus que du sable. L'opération est poursuivie jusqu'à ce que l'ensemble de l'échantillon ait été tamisé. La majorité des racines se mettent alors à flotter.

Le surnageant du tamis précédent est récupéré à l'écumoire et versé sur un tamis de maille 0.2mm également immergé à moitié dans l'eau. On récupère alors le maximum de racines à la pince à épiler que l'on place dans une coupelle en porcelaine. L'ensemble des racines est ensuite mis à l'étuve une quinzaine d'heures à 105°C avant d'être pesé au milligramme près.

Cette méthode s'inspire de celle décrite par Grouzis (1988). On ajoute simplement le tamisage dans l'eau pour essayer de limiter au maximum les pertes. Cependant, il est clair que les toutes petites

racines ne peuvent pas être prélevées à la pince et que les pertes restent importantes, sans doute voisines de 20%. De plus, pour les échantillons de surface, la présence de litière vient souvent perturber la récupération des racines.

On s'est donc efforcé, dès le premier tamisage d'éliminer les résidus de feuilles, de branches, de charbons afin d'avoir un surnageant plus clair.

Enfin, toutes les racines ont été récoltées, mais l'échantillonnage a été prévu pour appréhender seulement celles dont le diamètre est inférieur ou égal à 2 mm, qui sont supposées avoir une distribution à peu près isotrope dans le sol. Il s'en suit que les valeurs de biomasse des racines supérieures à 2 mm sont à considérer avec la plus grande prudence car non forcément représentatives. Elles ne peuvent servir tout au plus que d'indications pour émettre des hypothèses.

4.2.2.2.5. Granulométrie

Les échantillons servant à l'analyse granulométrique ont été prélevés sous forme de motte à trois horizons différents : 0-10, 10-20 et 20-40 cm. Les analyses granulométriques ont été, pour la campagne 93/94, réalisées au laboratoire de l'ORSTOM à Dakar (Sénégal). Pour la campagne 94/95, ces analyses seront réalisées à Maroua même après mise en place d'une chaîne d'analyse. Elles ont d'ores et déjà débuté. Dans un premier temps nous vérifions la valeur de nos résultats en comparant ceux obtenus au laboratoire de Dakar. La méthode suivie est celle conseillée par les laboratoires des sols de l'IRA de Nkolbisson à Yaoundé (Cameroun).

4.2.2.2.6. Humidité pondérale

Les humidités ont été calculées à partir d'échantillons prélevés à la tarière à 0-10 cm, 10-20 cm, puis tous les vingt centimètres jusqu'à deux mètres. Deux répétitions ont été effectuées sur chaque parcelle, une en amont, l'autre en aval. Les échantillons, placés dans des boîtes métalliques hermétiquement scotchées, étaient pesés le soir même pour avoir le poids frais, puis mis à l'étuve à 105°C pendant 20 à 30 heures pour la détermination du poids sec.

4.2.2.2.7. Instabilité structurale

La stabilité structurale est l'aptitude d'une terre à maintenir son état d'aggrégation lors d'une aggrégation par l'eau. Le paramètre caractérisant cette capacité est l'indice d'instabilité structurale. Ce paramètre subit donc des variations sensibles en fonction de la saison. Combeau et Quantin (1963) ont ainsi montré à partir d'observations faites en milieu tropical humide que l'instabilité est maximale durant la saison des pluies, qu'elle est minimale en fin de saison sèche et que l'amélioration est nette et brutale durant le premier mois de la saison sèche. Cette succession s'explique d'une part par l'effet destructeur de la pluie sur les agrégats et d'autre part par la décomposition et l'incorporation de la matière organique qui subissent une forte augmentation dès les premières chaleurs. Aussi paraît-il raisonnable de pouvoir extrapoler ces résultats au climat tropical sec, qui présente les deux types de phénomène mais à des intensités différentes du climat humide.

Par conséquent, nos prélèvements ont été effectués en fin de saison des pluies donc au moment présumé de la plus forte instabilité. Lors de la campagne 94/95, deux séries d'échantillonnages seront réalisées. Une première série s'effectuera comme l'an dernier à la fin de la saison des pluies (Octobre-Novembre) et sera complétée par une campagne en fin de saison sèche (courant Mai). Ainsi nous connaissons les amplitudes des variations de l'indice plutôt que des valeurs en absolu qui sont plus difficile à commenter.

Les échantillons doivent être non remaniés, c'est à dire en mottes. Le prélèvement nécessite donc simplement des pioches et des bêches. Par contre il est utile de les protéger contre les chocs lors du transport en les plaçant dans une malle rembourrée, surtout pour les échantillons sableux.

Sur chaque parcelle de chacune des séries, ont été prélevées des mottes non remaniées aux horizons 0-10 cm et 10-20 cm, avec deux répétitions.

Nous allons particulièrement tenir compte sur vertisol, de la croûte de battance de surface en prenant un échantillon pour la couche 0-5 cm. Comme pour la biomasse racinaire, les échantillons sont placés dans des sacs doublés avec un étiquetage interne et externe.

Chaque échantillon est séché à l'air avant d'être traité suivant le protocole de HENIN (ORSTOM 1958), avec un prétraitement à l'eau distillée, un à l'alcool et un au benzène. Le laboratoire

n'étant pas climatisé, la température a été systématiquement mesurée lors de la prise de la fraction argile plus limon, afin de pouvoir effectuer des corrections (la durée de sédimentation restant fixée à 288 s).

La détermination de l'indice d'instabilité structurale de Henin est une manipulation délicate exigeant des conditions de laboratoire adaptées (constance de la température ambiante, absence de poussière...) et une grande régularité dans l'exécution des différentes étapes du protocole (opérateur spécialisé).

Il est certain que nous n'avons pas pu remplir pleinement ces conditions idéales pour notre travail ce qui constitue une limite certaine à l'interprétation des résultats, surtout si on considère les chiffres en absolu.

Le problème le plus fréquemment rencontré est la grande variation, entre deux prélèvements, dans la détermination du taux d'argile plus limon ce qui ne permet pas d'avoir une grande précision dans les indices d'instabilité. Ceci peut être dû à une variabilité spatiale sur la parcelle, à un mauvais prélèvement des dix grammes nécessaires à l'analyse ou à une trop grande irrégularité de manipulation de l'opérateur. La plupart de ces problèmes ont d'ores et déjà été résolus. Certains tests ont été effectués et ont abouti à des résultats tout à fait comparables à ceux d'une part, réalisés au laboratoire de l'ORSTOM de Dakar et ceux, d'autre part, effectués au laboratoire des sols de l'IRA de Nkolbisson à Yaoundé.

4.2.2.2.8. Tests d'infiltration et d'érodibilité par simulateur de pluies

L'infiltromètre à aspersion permet de reproduire artificiellement des pluies ayant les mêmes caractéristiques que les averses naturelles.

Les tests ont consisté à simuler une pluie naturelle et à évaluer l'infiltrabilité et la susceptibilité à l'érosion de la surface du sol en fin de saison sèche/début de la saison des pluies, sur des sols encore totalement secs (du moins en surface) et à la fin de la saison des pluies en situation contrastée, afin d'avoir une appréciation plus complète sur le régime hydrique et l'érodibilité de la jachère.

Le protocole de simulation a été le suivant :

- pluie P1 : intensité 30 mm/h, durée 20 min, hauteur précipitée 10 mm ;
 - pluie P2 : intensité 60 mm/h, durée 30 min, hauteur précipitée 20 mm ;
 - pluie P3 : intensité 40 mm/h, durée 15 min, hauteur précipitée 30 mm ;
- soit au total une pluie 60 mm pendant 65 min.

Cette séquence représente la pluie qui survient deux fois par an à Maroua ou dans la région. Elle ne représente pas les intensités maximales de la région.

Cette séquence pluviométrique est précédée par :

- l'installation de placettes de 1 m^2 sur lesquelles la pluie est simulée ;
- le relevé des états de surface au moyen de la méthode des points quadrats ;
- la description de profils pédologiques représentatifs.

A la fin de la simulation, on prélève les eaux de ruissellement et les transports solides pour la détermination du charriage, de la concentration des eaux de ruissellement et du coefficient de ruissellement.

Lors de la simulation, certaines variables caractéristiques de l'infiltration ont également fait l'objet d'un suivi.

Ainsi ont été calculés :

- la lame infiltrée (Li) qui est la différence entre la somme des lames infiltrées et des lames ruisselées, en millimètres.
- le coefficient d'infiltration (ki) qui est le pourcentage de la lame d'eau infiltrée par rapport à la lame précipitée.
- la pluie d'imbibition sur sol sec (Ib) qui est la hauteur précipitée en millimètres avant l'apparition du ruissellement. En conditions contrastée c'est à dire à la fin de la saison des pluies, on la désignera par I'b.
- la détention superficielle récupérable (Dr) qui correspond à la hauteur d'eau (en millimètres), ruisselée après l'arrêt de la pluie.

Concernant l'érodabilité, les variables considérées ont été les suivantes :

- l'érosion totale (Et)
- le charriage (Ch)
- l'instabilité structurale (Is)
- le taux de matière organique en % (M.O.)
- le Calcium (meq %)

4.2.2.3. Biomasse aérienne et racinaire . Résultats (Paul Donfack)

4.2.2.3.1. Biomasse herbacée aérienne

Ouro-Lobo

Série régressive

Il s'agit de comparer la production de biomasse d'une savane sous couvert ligneux et hors du couvert ligneux. Malgré la forte variabilité dans les mesures, on arrive à près de trois fois plus de phytomasse dans la zone non couverte par les ligneux ($6\,080,69 \pm 729,48$ kg/ha) par rapport à la zone sous couvert ligneux ($2\,506,13 \pm 210,61$ kg/ha). Ceci ne se perçoit pas sur le terrain par observation de la hauteur moyenne. Celle-ci paraît plus forte dans le sous bois par rapport à la clairière. En revanche, la production semble plus liée au recouvrement moyen par les herbacées.

Le sous bois conduit à une faible diversité floristique par rapport à la savane non couverte par les ligneux. En effet, pour une même aire minimale de 64 m^2 , il a été recensé environ 14 espèces herbacées différentes seulement contre près de 23 pour la clairière. Les espèces dominant le sous bois sont *Hyptis suaveolens* et *Pennisetum polystachion*. Celles de la zone non couverte sont *Aristida kerstingii*, *Schizachyrium exile*, *Loudetia flavida* et *Setaria pumila*.

Série progressive

Nous avons noté une production de biomasse de $6\,637,63$ kg/ha dans la jachère de 2 ans. Elle est $\pm$ supérieure à celle de la jachère de 5 ans ($4\,226,69$ kg/ha). Malgré la valeur élevée de l'erreur standard ($930,91$ pour la jachère de 2 ans contre $227,96$ pour celle de 5 ans), on ne peut pas imputer cette différence à la simple manipulation. Il semble que s'il y a une part de l'influence du temps de jachère, on ne peut pas méconnaître l'influence du pâturage. En effet, la parcelle de 2 ans, presque entourée de tous les côtés par les culture n'a pas été pâturée avant le relevé de végétation et la coupe de biomasse. C'est ce qui explique la dominance des graminées pérennes telles qu' *Andropogon gayanus*. Quelques autres espèces susceptibles de produire beaucoup de biomasse, comme *Pennisetum pedicellatum*, dominant par endroit. Les espèces dominantes de la jachère de 5 ans sont *Spermacoce radiata*, *Andropogon pseudapricus*, et *Indigufera stenophylla*. Leur présence traduit un pâturage excessif.

Kolofata

Il n'y a pas eu de mesure de biomasse herbacée aérienne sur champ fatigué. Celle-ci n'a été faite que dans les deux parcelles en jachère de la série progressive de Kolofata. La jachère de 2 ans, avec $2\,497,94 \pm 169,73$ kg/ha de matière sèche, produit pratiquement deux fois plus de biomasse que la parcelle en jachère depuis 5 ans ($1\,258,69 \pm 81,25$ kg/ha). Ce résultat se perçoit déjà sur le recouvrement global des herbacées, mais également sur la hauteur moyenne des herbes. Floristiquement, ceci peut s'expliquer par le fait que les adventices telles que *Cenchrus biflorus*, *Hibiscus spp.*, *Eragrostis spp.* sont encore présentes dans la parcelles et sont en compétition avec les espèces savaniques du genre *Zornia glochidiata*.

4.2.2.3.2. Biomasse racinaire

Ouro Lobo

Les prélèvements se sont étalés sur 4 jours, du 29 septembre 1993 au 02 octobre 1993.

Les valeurs sont consignées dans le tableau 21.

Etant donné les pertes, inévitables et difficilement quantifiables, qui interviennent lors des différentes manipulations, les valeurs absolues des données sont à considérer avec précaution. Par

contre, les sols étant globalement voisins on peut supposer l'erreur de mesure égale sur chacune des parcelles, et donc établir de réelles comparaisons.

Les coefficients de variation observés pour les mesures de biomasses sont élevés, ce qui traduit la grande variabilité spatiale de la distribution des racines mais aussi la variabilité introduite dans les opérations de prélèvement d'échantillons et de triage. Il en résulte que l'on ne peut pas mettre en évidence de différences fines significatives entre parcelles.

Profondeur		Jachère 5 ans	Jachère 2 ans	Champ cultivé	Savane boisée	Savane non boisée	Défriche 2 ans	Défriche 1 an
0-10 cm	moy	549.81	839.26	235.05	580.51	495.84	199.74	455.32
	e-t	303.55	373.80	75.52	303.30	269.11	80.22	504.42
	CV(%)	55.21	44.54	32.13	52.25	54.27	40.16	110.8
10-20 cm	moy	192.86	531.41	348.22	582.22	281.76	173.61	496.92
	e-t	119.97	224.66	206.67	252.26	197.86	116.48	345.64
	CV(%)	62.21	42.28	59.35	43.33	70.22	67.09	69.56
20-40 cm	moy	184.49	503.08	452.04	538.55	386.68	143.59	621.60
	e-t	87.40	260.27	137.51	216.86	238.82	97.85	279.49
	CV(%)	47.37	51.74	30.42	40.27	61.76	68.15	44.96
40-60 cm	moy	92.46	307.28	300.50	343.33	266.10	117.20	386.66
	e-t	71.41	118.90	165.29	130.31	164.82	88.89	249.94
	CV(%)	77.23	38.69	55.01	37.96	61.94	75.84	64.64
60-80 cm	moy	108.19	163.34	242.17	331.67	175.28	93.54	256.31
	e-t	127.04	94.62	115.85	292.26	136.45	57.23	171.02
	CV(%)	117.4	57.93	47.84	88.12	77.85	61.18	66.72
Total		1127.81	2344.37	1577.98	2376.28	1605.66	727.68	2216.81

tableau 21 : Biomasse racinaire (kg/ha) mesurée sur le terroir d'Ouro Labo

Série régressive (figure 35).

La parcelle de savane boisée possède la biomasse racinaire la plus forte pour les vingt premiers centimètres. Entre 0 et 10 cm, la savane herbeuse possède des valeurs comparables, mais plus entre 10 et 20 cm. Seule la parcelle cultivée pour la première fois présente un comportement voisin, avec des valeurs non significativement différentes de celles de la savane boisée. Pour les autres horizons, les biomasses sont surtout significativement supérieures à celles de la culture de 2 ans après défriche, sauf pour l'horizon 20-40 qui possède aussi plus de racines que le même horizon sous savane herbeuse.

L'importance des valeurs de biomasse de la parcelle cultivée pour la première fois peuvent surprendre. Il est vrai que la culture de maïs était encore sur pied au moment des prélèvements et donc n'avait subi aucun arrachage, comme cela a pu être le cas pour la parcelle cultivée depuis deux ans. De plus, le système racinaire du maïs est généralement plus développé et plus profond que celui du sorgho (des études au Sénégal ont montré qu'en moyenne le poids de racines à l'hectare était deux fois plus important pour le maïs que pour le sorgho. Cependant, cela ne semble pas suffisant pour expliquer de telles valeurs surtout en profondeur. En fait, cette parcelle présente presque la même distribution de racines que celles d'une savane boisée puisqu'il n'existe aucune différence significative entre les horizons de ces deux parcelles. On peut donc se demander si cette similitude ne traduit pas :

- un reliquat de racines de la savane boisée défrichée récemment, au moins pour les horizons profonds.
- l'influence de l'environnement boisé de la parcelle.

La première hypothèse paraît plus vraisemblable car l'humidité pondérale sur cette parcelle montre, à partir de 40 cm un comportement voisin de celui de la parcelle cultivée depuis 3 ans, et non de celui de la parcelle boisée. Ainsi, malgré l'abondance de biomasse racinaire, on ne constate aucune exploitation importante des réserves en eau, ce qui semble montrer que ces racines sont mortes. Elles constituent donc un reliquat de la défriche. Cependant, étant donné l'historique du défrichement précédemment décrit, ce reliquat ne peut raisonnablement pas être uniquement constitué de racines d'arbres qui, vues leur diamètre (<2mm) auraient eu le temps de se décomposer en deux ans. Aussi

faut-il certainement tenir compte également des racines des herbacées retournées au moment du labour.

La parcelle de deuxième année de culture après défriche possède les valeurs les plus faibles de biomasse racinaire et ceci à tous les horizons. Il se peut que les valeurs des 20 premiers centimètres soient sous estimées du fait de l'arrachage de certains pieds au moment de la récolte mais aussi de la disposition des plants sur des billons, hauts d'environ 10 cm qui faussent la hauteur de prélèvement. Cependant, là encore, il est nécessaire de revenir sur l'historique du défrichement. La partie étudiée a été une des premières défrichées c'est à dire voilà maintenant 5 ans. Les racines de la savane ont donc bien eu le temps de se décomposer. De plus, le dessouchage à la charrue après pourrissement a été plus systématique et il n'y a pas eu, cette année, enfouissement d'herbacées par le labour. Toutes ces raisons expliquent la forte différence constatée entre les deux parcelles nouvellement cultivées.

Les données de biomasse des racines dont le diamètre est supérieur à 2 mm n'apportent pas grand chose de plus si ce n'est que la parcelle cultivée pour la première fois semblent présenter moins de grosses racines que la savane boisée, ce qui tendrait à confirmer la contribution des herbacées au reliquat. Cependant, pour en être sûr il faudrait procéder à un échantillonnage spécifique à ce type de racines.

A noter également qu'il pourrait être intéressant, lors de la prochaine campagne, d'étudier l'influence des arbres laissés dans les champs, sur la qualité du sol environnant en distinguant une unité supplémentaire.

Série progressive (figure 37).

La parcelle cultivée présente dans les deux premiers horizons une biomasse racinaire relativement faible. Si on la compare à la parcelle cultivée depuis deux ans après défriche, qui portait aussi du sorgho, on constate toutefois une légère augmentation. Cette différence peut s'expliquer par la plus grande présence d'adventices et notamment le *Striga*, sur la parcelle "fatiguée". Les horizons plus profonds présentent par contre une biomasse importante voisine de celle de la savane herbeuse. Il paraît difficile d'interpréter ce résultat. Car, s'il vient tout de suite à l'esprit une possible influence des arbres bordant la parcelle (longue et assez petite), on constate que l'humidité pondérale ne semble pas refléter une très grande activité racinaire. Or ici il ne peut pas être question d'un quelconque reliquat.

La parcelle de jachère de 2 ans est celle qui présente la plus forte biomasse racinaire entre 0-10 cm et 10-20 cm. Elle dépasse même la savane, ce qui s'explique par la présence de nombreux plants d'*Andropogon gayanus* au système racinaire très développé. En profondeur, le comportement est comparable à celui de la savane herbeuse.

La jachère de 5 ans ne présente une biomasse importante que pour l'horizon 0-10 cm. Dès 20 cm, les valeurs deviennent aussi faibles que pour la parcelle cultivée trois ans après défriche. Cela reflète sans conteste la différence de texture qui a été constatée.

Les résultats de cette série sont un peu surprenants, puisque les différences observées avec la savane ne paraissent pas flagrantes. On peut toutefois nuancer cette impression en tenant compte de la totalité des racines prélevées, quel que soit leur diamètre. On constate alors que les trois parcelles de la série progressive ont une biomasse cumulée comparable mais environ sept fois moins importante que celle de la savane. Un tel écart ne peut pas uniquement s'expliquer par un échantillonnage mal adapté, et il conviendra peut être, pour les prochaines campagnes, d'essayer de mieux cerner la biomasse des racines dont le diamètre est supérieur à 2 mm.

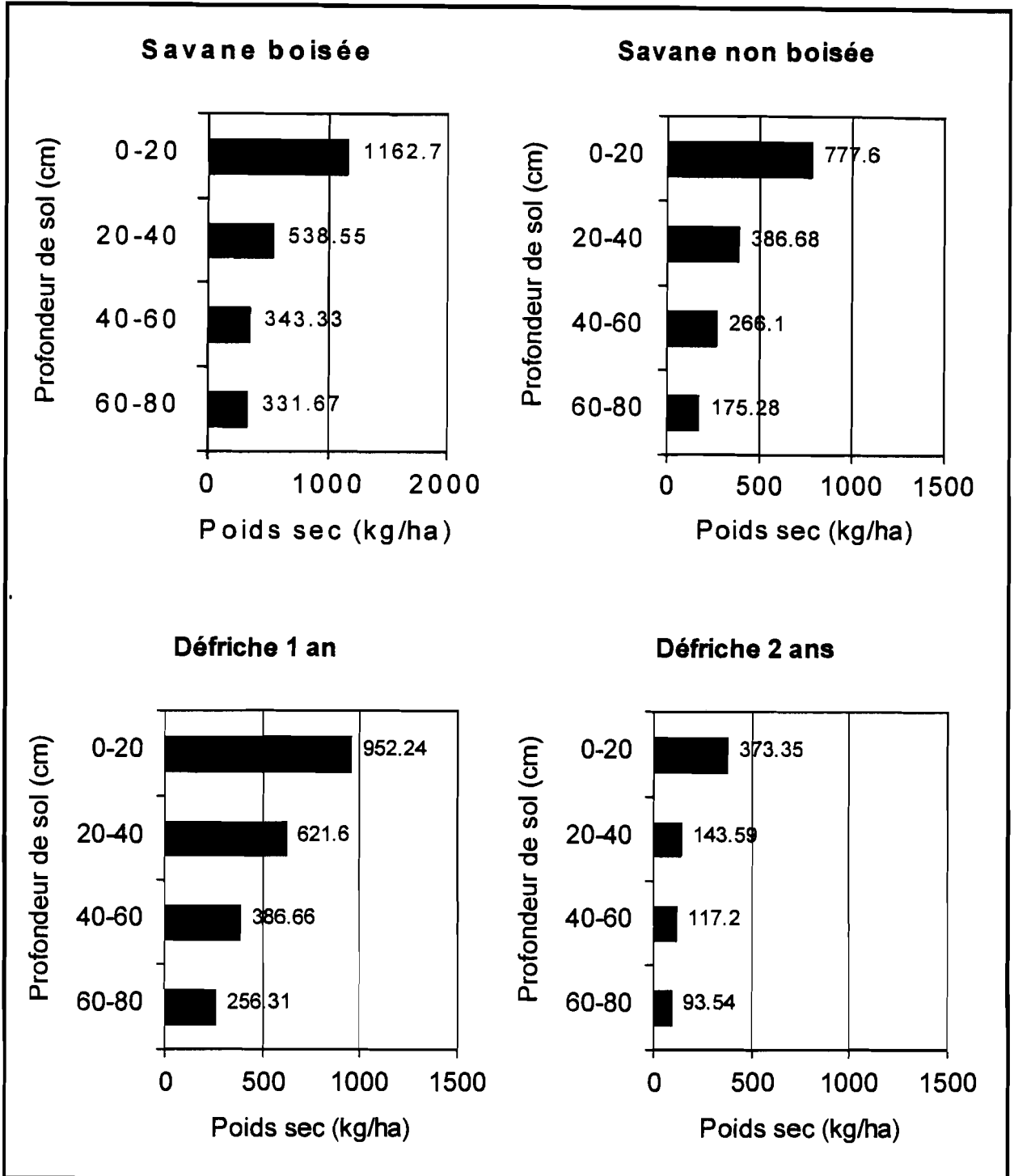


figure 35 : Biomasse racinaire à Ouro-Labo : évolution dans la série régressive en fonction de la profondeur de sol

Kolofata

Le champ cultivé, jugé "fatigué", présente à tous les horizons nettement moins de biomasse racinaire que les parcelles de jachère (tableau 22). Ce champ, cultivé en petit mil était déjà récolté, au moment des prélèvements et présentait une couverture végétale très faible constituée d'une dizaine d'espèces d'adventices dominées par *Zornia glaucidiata* et *Merremia pinata*. Dès 20 cm de profondeur, on constate donc une très faible présence de racines (figure 38).

La jachère de 2 ans, par contre, est la parcelle la plus riche en biomasse racinaire surtout dans les horizons de surface. Ceci est à mettre en relation avec la dynamique de colonisation de la végétation naturelle. Ainsi, dans la parcelle de 2 ans, la physionomie du couvert végétal est largement dominée par la strate herbacée alors que la parcelle de 5 ans l'est par la strate arbustive. De plus,

comme on l'a déjà souligné, le degré de recouvrement est supérieur dans la jachère de deux ans, peut être du fait d'une plus forte anthropisation (pâturage) sur la parcelle de jachère de 5 ans.

Profondeur	Jachère 5 ans	Jachère 2 ans	Champ cultivé
0-10 cm moy	356.39	482.45	108.16
e-t	218.41	180.54	88.14
CV(%)	61.28	37.42	81.49
10-20 cm moy	199.34	309.38	48.96
e-t	97.05	236.34	30.66
CV(%)	48.68	76.39	62.61
20-40 cm moy	238.43	302.37	54.31
e-t	162.20	126.32	81.64
CV(%)	68.03	41.78	150.3
40-60 cm moy	185.12	219.82	21.40
e-t	130.49	76.32	16.10
CV(%)	70.49	34.72	75.27
60-80 cm moy	186.31	155.09	23.25
e-t	235.24	58.46	14.97
CV(%)	126.3	37.70	64.37
Total	1165.59	1469.11	260.00

tableau 22: Biomasse racinaire à Kolofata (kg/ha)

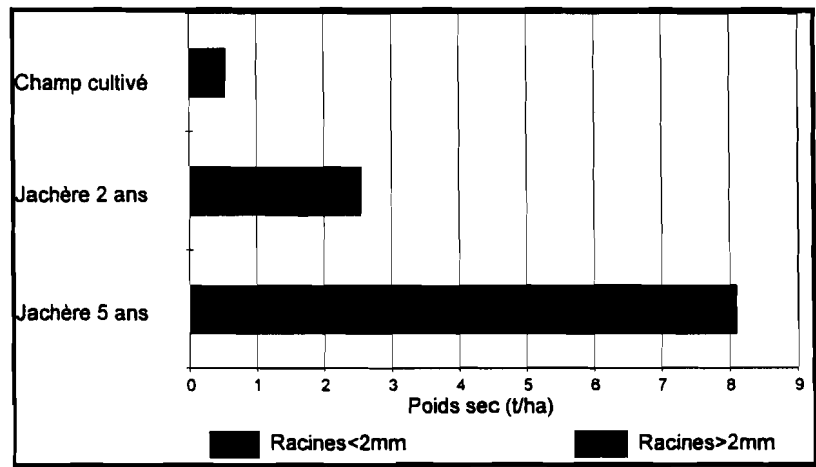


figure 36 : Comparaison des racines inférieures à 2 mm et supérieures à 2 mm sur le terroir de Kolofata

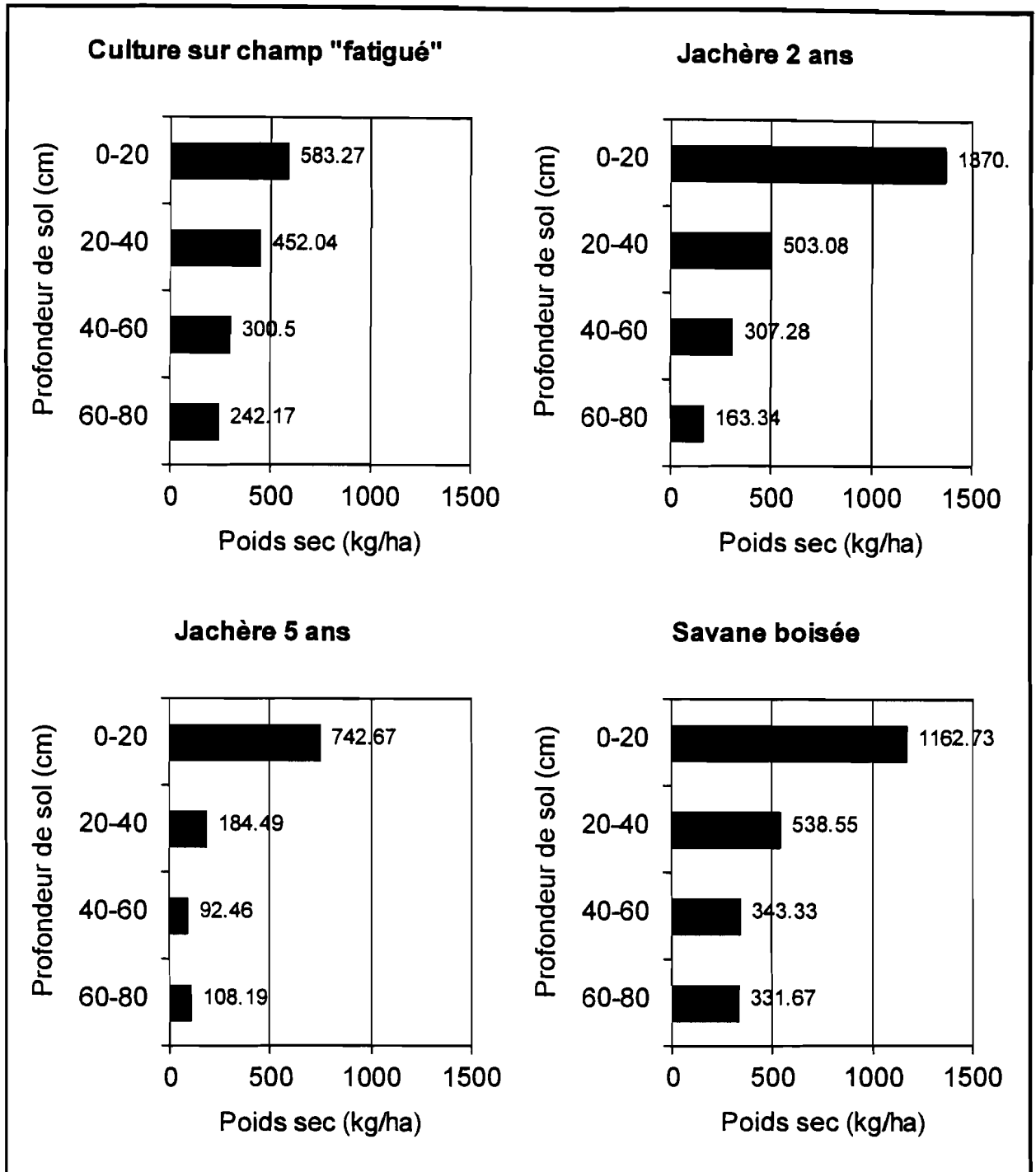


figure 37 : Biomasse racinaire à Ouro-Labo : évolution dans la série progressive en fonction de la profondeur

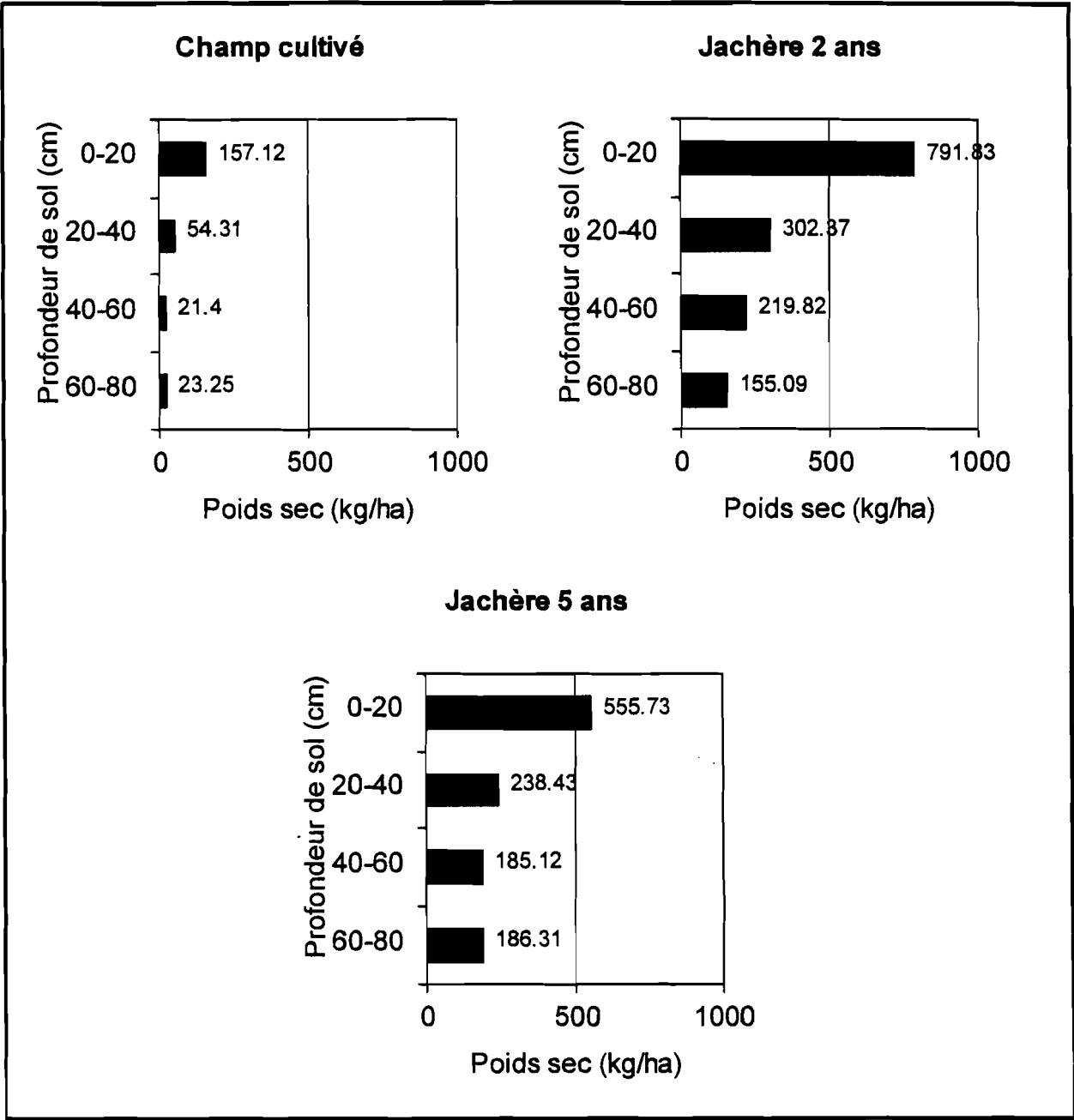


Figure 38 : Biomasse racinaire sur le terroir de Kolofata

La présence d'une strate arbustive pourrait laisser croire que la jachère de 5 ans présenterait plus de biomasse racinaire que celle de 2 ans, en profondeur. En fait, il n'en est rien et les deux valeurs ne sont pas significativement différentes. La raison en est sans doute que seules les racines inférieures à 2 mm sont ici prises en compte. Par contre, lorsqu'on considère les racines supérieures à 2 mm, on constate effectivement une nette supériorité pour la jachère de 5 ans (figure 36). Là encore il serait peut être utile, la campagne prochaine, d'essayer de mieux appréhender la biomasse de cette catégorie de racines par un échantillonnage approprié.

4.2.2.4. *Propriétés physico-chimiques et pédo-hydriques des sols (Mala Onguene, Samuël NDaka, Régis Chancel)*

4.2.2.4.1. Ouro Lobo

Granulométrie

Les analyses granulométriques montrent des différences entre les parcelles à Ouro Labo. Dans le champ fatigué les limons fins représentent environ 1% alors que dans la jachère de 5 ans cette classe granulométrique atteint 10%. Le taux d'argile est également significativement plus élevé dans la jachère de 5 ans. De plus, ce taux croît le long du profil sans que l'on puisse mettre en évidence un horizon d'accumulation à cette profondeur. On constate une meilleure structure après deux ans de mise en jachère et de manière encore plus significative sur la jachère de 5 ans.

Sur les parcelles de la grappe régressive, il est plus difficile d'observer une évolution nette à l'oeil nu.

Humidité pondérale et stock hydrique

Humidité pondérale

- Série régressive (figure 39).

Les quatre unités ont fait l'objet de prélèvements pour une mesure le même jour (01.10.93) à midi. La dernière pluie datait de la nuit précédente.

Les profils, très groupés, laissent entrevoir une bonne homogénéité de sols à texture sableuse avec des variations du comportement hydrique à rapporter essentiellement au couvert végétal.

Le champ de deuxième année de culture après défriche, complètement dénudé après récolte est plus sujet à l'évaporation en surface, par contre à partir de 40 cm, ses réserves en eau demeurent supérieures aux parcelles ayant un couvert végétal. Ce constat peut également s'expliquer par la culture en billons qui facilite également l'infiltration.

Le champ de première année de culture après défriche avait encore son maïs sur pied au moment des prélèvements, d'où une meilleure résistance à l'évaporation pour l'horizon 0-10 cm. Par contre à partir de 40 cm on retrouve un comportement hydrique comparable au précédent.

Les deux parcelles de savane ont, par contre, un comportement presque opposé. Le couvert végétal de la savane herbeuse assure une meilleure protection contre l'évaporation des horizons superficiels (protection d'autant plus efficace que le couvert est dense), mais en profondeur les réserves hydriques sont plus faibles du fait de la consommation en eau des plantes. Notons aussi que le système racinaire profond joue un rôle déterminant dans l'alimentation hydrique pour les cultures arbustives.

- Série progressive (figure 40).

Les trois unités ont fait l'objet de prélèvements la veille des précédents. La dernière pluie remontait à 15 jours.

L'aspect des profils témoigne d'une certaine hétérogénéité dans le comportement hydrique qu'on ne peut pas mettre seulement sur le compte des variations de couvert végétal.

La parcelle de jachère de 5 ans possède une humidité pondérale nettement supérieure aux deux autres à presque toutes les profondeurs, ce qui ne s'explique par la simple différence de végétation. En fait, lors des prélèvements, le sol de cette parcelle est apparu globalement plus argileux et des traces d'hydromorphie ont été notées vers 60 cm et 120 cm de profondeur. En surface, la teneur en eau, plus forte que pour les deux autres, est peut être quand même liée à une meilleure protection des

arbustes contre la dessiccation du sol. Cette parcelle reste néanmoins difficilement comparable aux deux autres.

La parcelle de jachère de 2 ans a un comportement sensiblement voisin de ceux de l'autre série avec un profil très vertical. La teneur en eau est néanmoins nettement plus faible du fait de l'absence de pluies depuis 15 jours.

La parcelle cultivée en sorgho n'avait plus sa culture sur pied au moment des prélèvements, le sol nu subissait donc une plus grande évaporation que les jachères, ce qui explique les faibles teneurs en eau des deux premiers horizons. Par contre, contrairement au précédent ce profil montre une progression linéaire des teneurs en eau jusqu'à un mètre puis une baisse également régulière jusqu'à 2 cm. Ce comportement rappelle celui des parcelles cultivées de la première série, quoique plus prononcé.

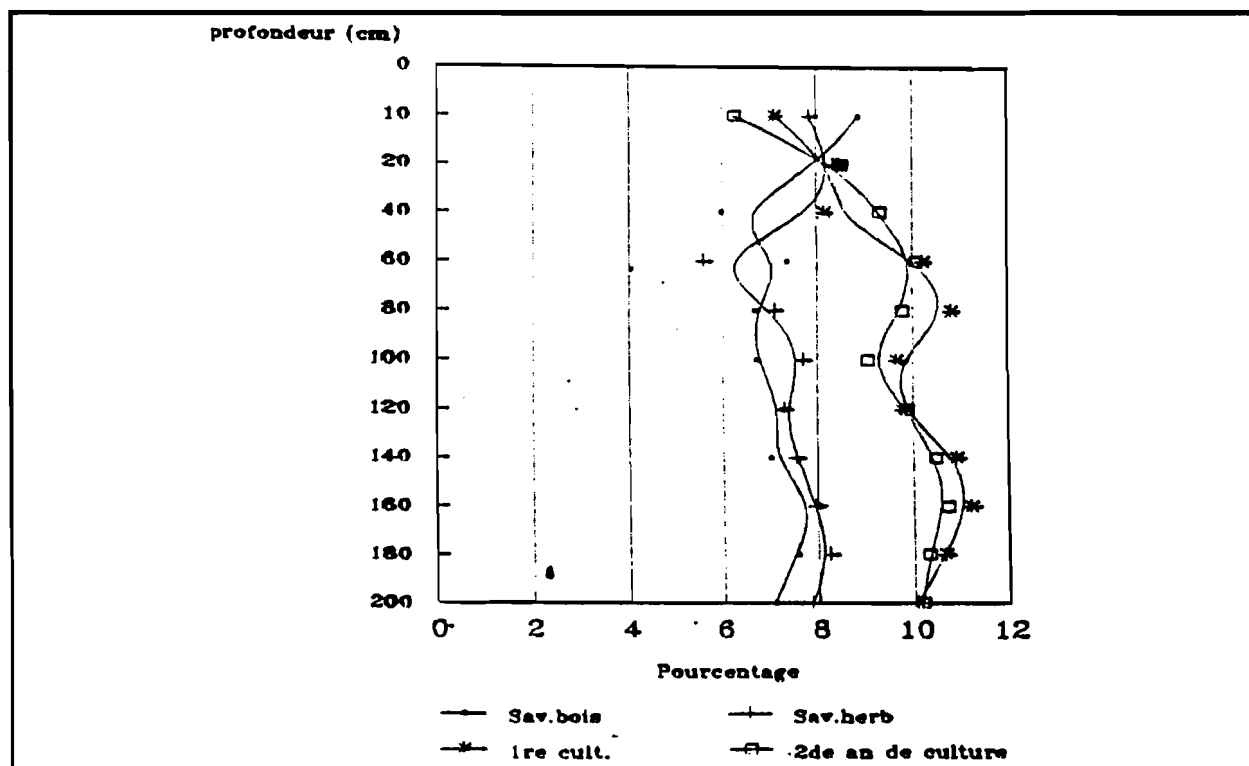


figure 39 : Humidité pondérale (série régressive) à Ouro Labo I

L'étude de ces profils met clairement en évidence la différence de comportement hydrique sous culture et sous jachère, déjà décrit par de nombreux auteurs. Les horizons superficiels des parcelles cultivées déjà récoltées, se dessèchent plus rapidement et plus fortement constituant un mulch naturel qui réduit jusqu'à annuler l'évaporation du sol. Par contre sous végétation naturelle et plus spécialement sous végétation pérenne (arbres, *Andropogon...*), les réserves hydriques sont continuellement utilisées pour compenser l'évapotranspiration, ce qui entraîne un assèchement lent des couches les plus profondes. Bien que ces mêmes auteurs remarquent que cet effet n'est pas sensible sous une jachère à végétation annuelle, qui se comporte globalement comme une culture, nous avons pu constater que notre parcelle de savane herbeuse composée essentiellement d'annuelles présente un profil, voisin de celui de la savane arborée. En fait les deux parcelles, étant très voisines, il est plus que probable que le système racinaire des arbres limitrophes influe sur les réserves hydriques de la savane herbeuse.

Code parcelle	pF _{2,5}			pF _{4,2}			Réserve utile (mm/cm)		
	0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40
OV	6.8	8.4	8.0	1.8	2.1	2.0	0.75	0.94	0.9
OJ	4.2	4.5	3.2	1.0	1.0	0.9	0.46	0.52	0.31
OC	3.4	2.9	3.2	1.1	1.1	1.3	0.34	0.27	0.28
OF	3.2	2.8	4.6	1.4	1.5	2.9	0.27	0.19	0.25
OD	2.4	2.4	4.2	1.2	1.4	2.7	0.18	0.15	0.22
OB	5.8	4.6	4.7	2.0	1.4	1.7	0.57	0.48	0.45
OS	4.2	4.0	4.1	1.6	1.6	1.9	0.39	0.36	0.33

tableau 23: pF et Réserve utile en eau des sols à Ouro Labo

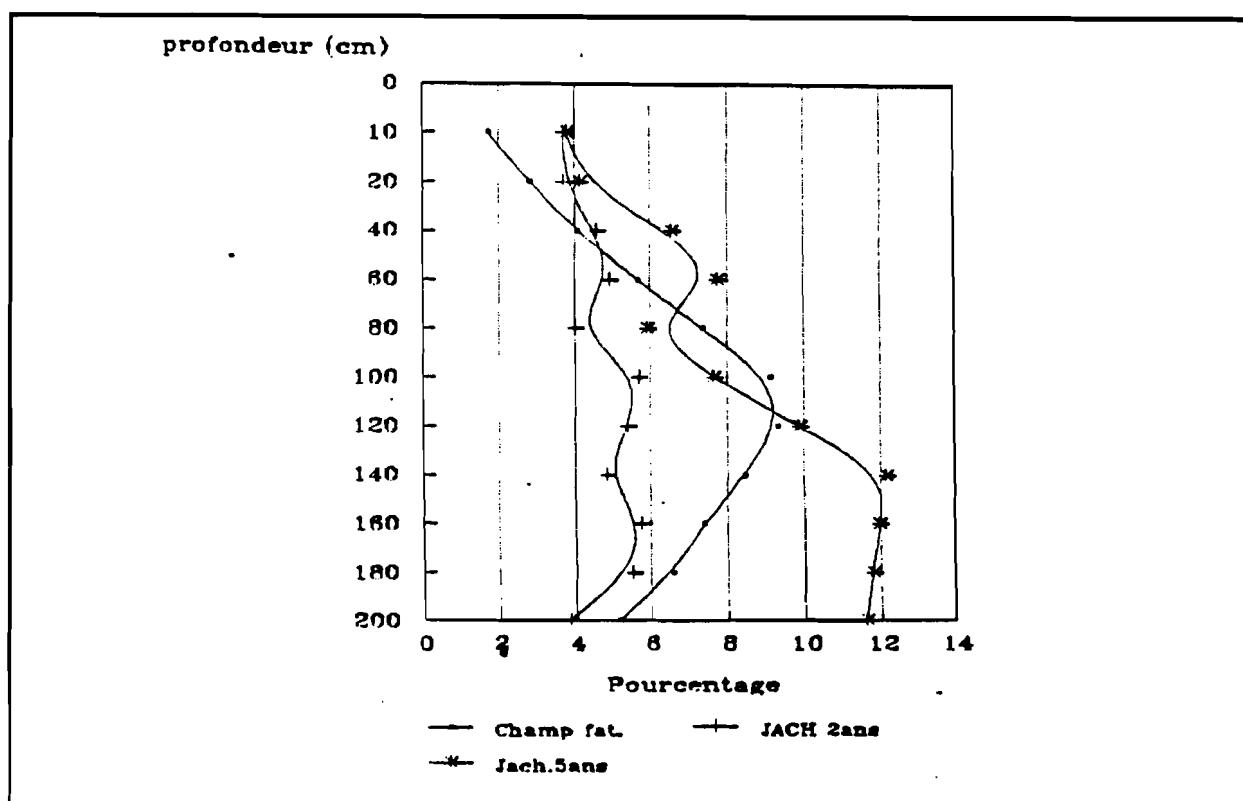


figure 40 : Humidité pondérale (série progressive) à Ouro Labo 1

Stock hydrique

La réserve utile en eau a été exprimée à partir des données analytiques des pF_{2,5} et pF_{4,2}, calculés jusqu'à la profondeur de 40 cm. La texture sablo-argileuse du sol nous a permis d'estimer la densité apparente égale à 1.5. La réserve utile (RU) est exprimée en mm d'eau par cm de sol (tableau 23).

On peut noter que le pourcentage en eau utile (pF_{2,5} - pF_{4,2}) est faible (< 5%) et sensiblement constant sur l'ensemble du profil. La mise en culture modifie peu la rétention en eau à pF_{4,2} qui reste aux alentours de 1,5 ; mais diminue considérablement celle à pF_{2,5} qui passe de 6,8 à 10% pour une vieille jachère à 3.4% pour un champ cultivé. Ces mêmes remarques sont valables jusqu'à l'horizon 20-40 cm.

Le départ d'eau en saison sèche peut être dû soit au prélèvement effectué par les racines (alimentation et transpiration des plantes, soit à une diffusion par capillarité vers les horizons supérieurs, lorsque ceux-ci sont suffisamment asséchés (évaporation)).

D'une manière générale la réserve utile en eau est plus importante dans les sols sous jachère que dans les sols cultivés. Ce qui peut s'expliquer par l'augmentation de l'infiltration due au couvert végétal plus dense sur les jachères, ce qui diminue également l'évaporation. De plus, le tableau 20 permet de confirmer le caractère hydromorphe déjà décelé sur les horizons profonds de la jachère de 5 ans (OV).

Si l'on considère la valeur de l'humidité pour $pF_{2.5}$ nous observons qu'elle diminue avec l'âge de la défriche et qu'elle augmente avec l'âge de la jachère. Ces variations sont sans doute liées à des variations de la macroporosité du sol. Par contre, on peut constater que les teneurs en eau à $pF_{4.2}$, qui concernent la microporosité, ne sont pas significativement différentes.

Instabilité structurale.

Tous les prélèvements d'échantillons ont été effectués le même jour (03.10.93) pour une mesure d'instabilité structurale.

Série régressive (tableau 24 et figure 41)

Des quatre unités, la parcelle de savane boisée présente le plus de spécificités surtout pour l'horizon 10-20 cm. C'est tout d'abord la parcelle ayant le plus faible pourcentage de sables grossiers avec 55% en moyenne contre 60 à 65 % pour les autres. De plus, le taux maximum d'argile + limon prélevé (résultats obtenus le plus souvent après prétraitement au benzène) est le plus faible de toutes les parcelles surtout pour l'horizon 10-20. Cette différence est à mettre en rapport avec l'effet protecteur de la matière organique contre la déstructuration induite par le benzène. La savane boisée serait donc la parcelle dont la structure est le plus efficacement protégée par la matière organique. Les différences entre taux d'agrégats et taux de sables grossiers, qui permettent d'appréhender la part d'agrégats proprement argileux, sont d'ailleurs supérieures à celles des parcelles cultivées mais demeurent comparables, il est vrai, à celles de la savane herbeuse. Il s'en suit que les indices d'instabilité sont les plus faibles, la différence étant plus marquée pour l'horizon 10-20 cm.

On pourrait s'attendre, pour la parcelle de savane herbeuse, à un comportement voisin de celui de la savane boisée notamment en ce qui concerne l'effet protecteur de la matière organique. Pourtant les résultats obtenus ne sont pas significativement différents de ceux des parcelles cultivées. Ainsi, pour les trois parcelles, les indices d'instabilité structurale demeurent très voisins. On peut noter toutefois, que les différences entre les taux d'agrégats et de sables grossiers sont supérieurs dans la savane herbeuse et que le taux maximum d'argile plus limon présente le plus fort coefficient de variation. Ceci pourrait signifier que la qualité des manipulations ou de l'échantillonnage ne permet pas de révéler les différences de stabilité entre parcelles.

Les parcelles cultivées présentent des résultats très voisins et on ne peut pas déceler de quelconque évolution de la stabilité par rapport à la savane herbeuse.

		Savane boisée		Savane non boisée		1 an de culture		2 ans de culture	
		0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
%	moy	6.39	5.94	7.83	8.46	7.91	9.55	7.37	8.35
Argile	e-t	0.39	0.46	0.70	0.63	0.54	1.57	0.59	1.10
Limon	CV(%)	6.11	7.74	8.97	7.45	17.61	16.44	8.01	13.22
%	moy	55.44	55.53	62.68	62.00	60.39	62.35	66.45	63.48
Sables	e-t	1.75	2.05	1.03	1.30	3.18	2.79	2.70	2.02
grossiers	CV(%)	3.16	3.69	1.64	2.10	5.26	4.47	4.06	3.19
%	moy	58.97	61.25	66.46	67.45	64.82	66.77	68.84	68.36
Agrégats	e-t	1.40	3.66	1.09	2.36	0.85	2.31	2.83	2.91
	CV(%)	2.38	5.97	1.64	2.10	1.31	3.46	4.11	4.26
Indice	moy	0.84	0.75	0.89	0.86	0.88	0.95	0.91	0.87
d'	e-t	0.10	0.07	0.04	0.04	0.06	0.06	0.01	0.09
Instabilité	CV(%)	11.42	8.86	4.24	4.79	6.64	6.59	1.53	10.75

tableau 24: Instabilité structurale dans la série régressive de Ouro Labo 1

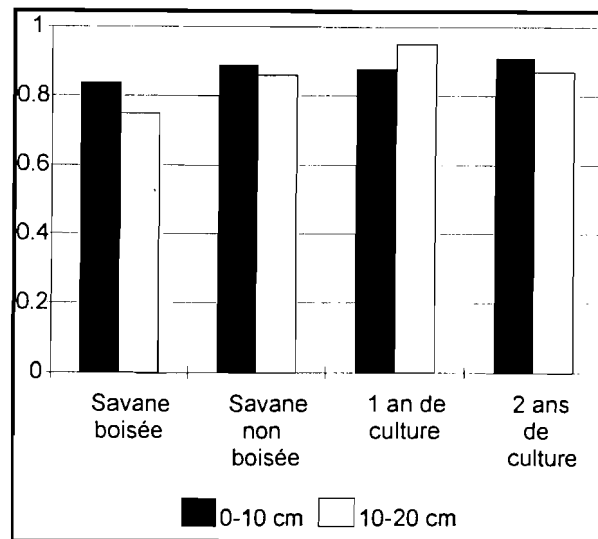


figure 41 : Evolution de l'instabilité structurale dans la série régressive de Ouro Labo

Série progressive (tableau 25 et figure 42).

Autant les résultats de la première série demeuraient tout à fait comparables, autant ceux de cette série présentent une hétérogénéité que l'on ne peut pas attribuer uniquement à des problèmes de manipulation. En fait, il paraît clair qu'on perçoit ici deux voire trois types de sols différents. On a déjà constaté que la parcelle de 5 ans présentait des traces d'hydromorphie et semblait plus argileuse en profondeur. Ceci est confirmé, puisque pour l'horizon 10-20 cm on trouve un taux d'argile nettement supérieur aux autres. Par contre, on constate également que l'instabilité de la savane boisée à 10-20 apparaît nettement plus forte que celle de la culture et de la jachère 2 ans à la même profondeur! Ce résultat surprenant est certainement dû à une légère différence de texture entre les deux types de parcelles et il ne serait pas étonnant que la culture et la jachère de 2 ans se trouvent sur des sols ferrugineux tropicaux bruns et les parcelles de savanes sur sols ferrugineux tropicaux rouges, plus argileux en profondeur. Cette hypothèse reste à vérifier mais il n'en reste pas moins que de cette série, seuls le champ cultivé et la jachère de 2 ans semblent comparables.

Le champ cultivé présente un taux d'argile supérieur à celui de la jachère de 2 ans pour l'horizon 0-10 cm, ce qui peut révéler une moins bonne protection des agrégats par la matière organique, lors du prétraitement au benzène. On note d'ailleurs plus d'agrégats proprement argileux ((taux A+L) - taux agrégats) dans les deux horizons de la jachère de 2 ans.

De cela, il ressort que l'indice d'instabilité structurale est nettement supérieur dans l'horizon 0-10 cm de la parcelle cultivée mais demeure comparable à celui de la jachère 2 ans à 10-20 cm.

La parcelle de 5 ans présente peu d'intérêt du fait de sa texture différente. Néanmoins, il est à remarquer que si le taux d'argile plus limon est supérieur dans les deux horizons, le taux d'agrégats argileux est nettement inférieur, ce qui explique la plus forte instabilité structurale. Ceci est peut-être à rapporter à une mauvaise protection de la matière organique mais aussi au degré d'anthropisation élevé (passage des troupeaux).

De tous ces résultats il ressort trois constatations :

- un gros problème d'échantillonnage existe pour la série progressive, ce qui réduit beaucoup la portée de l'analyse des résultats. On peut tout de même noter que si une jachère de 5 ans peut facilement être ultérieurement choisie sur un sol de même texture que les autres, il sera beaucoup plus difficile de trouver une savane répondant à ces exigences car le front pionnier concerne surtout les ferrugineux rouges ;
- lorsque les parcelles se trouvent sur des sols comparables, comme c'est le cas pour la série régressive, les analyses trouvent leur limite dans la précision des résultats obtenus; précision fortement dépendante de la qualité des manipulations ;
- la grande homogénéité des valeurs d'instabilité structurale constatée lorsque les sols sont comparables est peut-être aussi à rapporter à la texture très sableuse de la zone. En effet,

les travaux de Bui Huu Tri , Morel et Quantin, ont montré que l'action du système racinaire des plantes sur la structure du sol n'est efficace que si certaines conditions sur la texture et la structure initiales sont remplies. Or, sur sol sableux l'auteur n'observe aucune influence des racines sur la structuration du sol.

A la vue de ces trois remarques, et lorsque l'on disposera de toutes les données, il conviendra de juger de la pertinence des apports de ce test pour ce type de sols.

		Savane boisée		Savane non boisée		1 an de culture		2 ans de culture	
		0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
%	moy	7.22	3.82	5.38	4.46	5.89	10.29	6.39	5.94
Argile	e-t	1.76	0.56	0.30	0.66	0.54	2.90	0.39	0.46
Limon	CV(%)	24.44	14.64	5.54	14.79	9.17	28.21	6.11	7.74
%	moy	63.49	67.66	63.75	57.46	57.60	53.85	55.44	55.53
Sables	e-t	6.73	3.15	6.05	0.90	2.35	0.70	1.75	2.05
grossiers	CV(%)	10.60	4.66	9.49	1.56	4.08	1.30	3.16	3.69
%	moy	66.01	71.21	66.67	62.06	59.89	57.35	58.97	61.25
Agrégats	e-t	6.19	1.25	6.17	1.54	1.88	2.13	1.40	3.66
	CV(%)	9.38	1.76	9.25	2.49	3.15	3.71	2.38	5.97
Indice	moy	0.98	0.57	0.76	0.63	0.86	1.05	0.84	0.75
d'	e-t	0.10	0.06	0.04	0.09	0.03	0.10	0.10	0.07
Instabilité	CV(%)	10.56	10.61	4.78	13.63	3.80	9.68	11.42	8.86

tableau 25: Instabilité structurale dans la série régressive de Ouro Labo 1

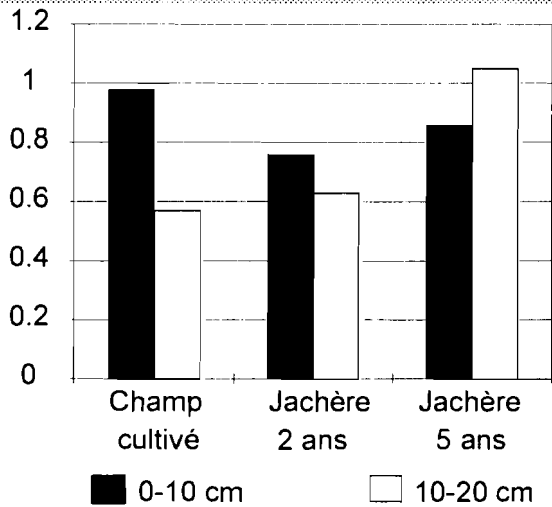


figure 42 : Evolution de l'instabilité structurale dans la série progressive de Ouro Labo.

Simulation de pluie

Ces résultats sont ceux des campagnes effectuées en Mars/ Avril et Octobre 1994. Ils portent sur les parcelles ayant fait l'objet de prélèvements en 1993/94.

Ruissellement

Dans la codification, « j » signifie jeune jachère, « v » signifie vieille jachère, « c » signifie champ fatigué.

Dans le champ fatigué cultivé pendant trois années successives et labourés en billons, une individualisation des croûtes de ruissellement en microcouches a été notée.

site	Tc(mn)	Vr(l)	C(g/l)	Tr(g)	Et(g)	Kr(%)
ojs	-	-	-	-	-	-
ocs	-	-	-	-	-	-
ovs	16	8	0.1	0.8	12.8	16

Tc = Temps de concentration (intervalle entre le début de la pluie et le ruissellement) ; Vr = Volume ruisselée (litre) ; C = Concentration du ruissellement ; Tr = Total sédiments (eau ruisselée) ; Et = Erosion totale (Tr + charriage) ; Kr = coefficient de ruissellement.

tableau 26: Résultats ruissellement grappe progressive Ouro Labo (avril 1994)

site	Résidus	sol nu	herbes	croûte	galeries
OJ	11	60	25	-	-
OV	10	23	67	-	-
OC	23	46	31	-	-

tableau 27: Etats de surface grappe progressive Ouro Labo (novembre 1994)

site	Tc(mn)	Vr(l)	C(g/l)	Tr(g)	Et(g)	Kr(%)
ojs'	-	-	-	-	-	-
ocs'	27	1.7	0.2	0.34	4.4	3.4
ovs'	22	3.8	0.1	0.38	1.5	7.6

tableau 28: Résultats ruissellement grappe progressive Ouro Labo (novembre 1994)

site	Tc(mn)	Vr(l)	C(g/l)	Tr(g)	Et(g)	Kr(%)
ofs	33	3.6	0.1	0.0	28.5	7.82
ods	22	0.4	0.0	0.0	20.6	0.8
obs	23	0.9	0.0	0.0	11.6	1.8
os	43	0.3	0.0	0.0	-	0.6

tableau 29 : Résultats ruissellement grappe régressive Ouro Labo (avril 1994)

site	Résidus	sol nu	herbes	croûte	galeries
OF	21	14	60	5	-
OD	32	15	50	3	-

tableau 30: Etats de surface grappe régressive Ouro Labo (novembre 1994)

site	Tc(mn)	Vr(l)	C(g/l)	Tr(g)	Et(g)	Kr(%)
ofs'	30	2.46	0.08	0.19	75.88	4.9
ods'	12	3.25	0.37	1.20	19.50	6.5

tableau 31: Résultats ruissellement grappe régressive Ouro Labo (11/94)

Infiltration

Les paramètres suivis sont consignés dans le tableau 32, ci-dessous, les paramètres primés sont ceux correspondants à la deuxième campagne d'échantillonnage soit celle de Octobre 1994.

SITE	Li	Li'	Ki	Ki'	Ib	Ib'
OJ	50	50	100	100	50	50
OV	42	46.2	84	92.4	8	?
OC	50	48.3	100	96.6	50	?
OF	46.4	47.5	92.8	95	27.5	20
OD	49.6	46.7	91.2	93.4	33.9	6
OB	49.1	50	98.2	100	33.5	50
OS	49.7	50	99.4	100	13	50

tableau 32: Résultats infiltrabilité Ouro Labo

Erodabilité

Les valeurs des variables considérées sont les suivantes :

SITE	Ch(g)	Ch(g)	Et(g)	Et(g)	Is	Mo(%)	Ca meq %
OV	12	1.12	12.8	1.5	0.86	9.44	1.59
OJ	0	0	0	0	0.76	11.38	1.35
OC	0	4.06	0	4.4	0.98	17.95	2.11
OF	28.14	75.68	28.5	75.88	0.88	14.31	2.23
OD	20.6	18.3	20.6	19.50	0.91	13.57	1.47
OB	11.6	-	11.6	-	0.84	18.52	3.31
OS	11.16	-	11.16	-	0.89	13.51	1.82

Et = érosion totale ; Ch = charriage ; Is = instabilité structurale ; Mo = taux de matière organique ; Ca = calcium échangeable

tableau 33: Résultats érodabilité Ouro Labo

Conclusion

On constate donc que la vieille jachère est la seule parcelle qui ruisselle dès la fin de la saison sèche pour cette séquence de pluie simulée. Le coefficient de ruissellement est important (16%) et la quantité de matière transportée conséquente (12.8g). L'infiltrabilité des sols est élevée pour les autres parcelles.

Cette même parcelle ruisselle également à la fin de la saison des pluies mais avec une intensité moindre ($E't = 1.5g$, $T'c = 22 \text{ min}$, $K'r = 7.6 \%$ contre $E't = 12.8g$, $T'c = 16 \text{ min}$, $K'r = 16\%$)

Le champ fatigué ruisselle peu avec un $K'r = 3.4 \%$. Ce phénomène peut être explicable par une saturation en profondeur mais peut aussi être la conséquence des états de surface qui sont représentés par le sol nu à 46 % pour le champ fatigué.

Concernant la série régressive, on observe une sensibilité plus grande à l'érosion la première année de défriche qui rend immédiatement accessible les particules les plus fines en surface ; ainsi c'est cette parcelle qui ruisselle le plus avec un $K'r = 7.82 \%$. Les autres parcelles de la grappe régressive ruissent peu.

En fin de saison des pluies, la différence entre jeune et vieille défriche sont faibles. Toutefois la jeune défriche possède un temps de concentration plus court et un volume ruisselé inférieur. De plus la savane boisée est plus sensible au ruissellement que la savane herbeuse avec un coefficient de ruissellement 3 fois plus grand.

L'étude des analyses granulométriques des transports solides lors de la simulation des pluies montre que ce sont les particules fines qui sont relativement les plus exportées. Ce constat peut également être également expliqué par le faible débit de ruissellement.

4.2.2.4.2. Kolofata

Granulométrie

Les profils granulométriques de Kolofata permettent de noter l'absence de limons fins (si ce n'est à l'horizon 0-10 de la jachère 2 ans). Le taux d'argile semble classiquement croître le long du profil, avec pour l'horizon 0-10 une sensible augmentation entre les jachères de 2 et 5 ans.

La forte proportion de sables fins et grossiers confère à ces sols une forte perméabilité. Ce qui, d'ailleurs sera vérifié lors des simulations de pluies.

Humidité pondérale et stock hydrique

Humidité pondérale (figure 43)

Les prélèvements ont été effectués le 23.09.93 pour les parcelles en jachère et le 24.09.93 pour le champ cultivé. Malheureusement, il a plu entre les deux prélèvements, si bien que seules les données des deux parcelles en jachère sont comparables. Au 23 Septembre la dernière pluie remontait à 15 jours.

Les profils des deux parcelles en jachère sont remarquablement voisins, surtout en profondeur, ce qui confirme la grande homogénéité du sol. En surface, on remarque une plus grande sensibilité de la jachère de 5 ans à l'évaporation, sans doute du fait d'une moins bonne régularité du couvert végétal constitué d'une mosaïque d'arbustes et de plages herbacées peu denses.

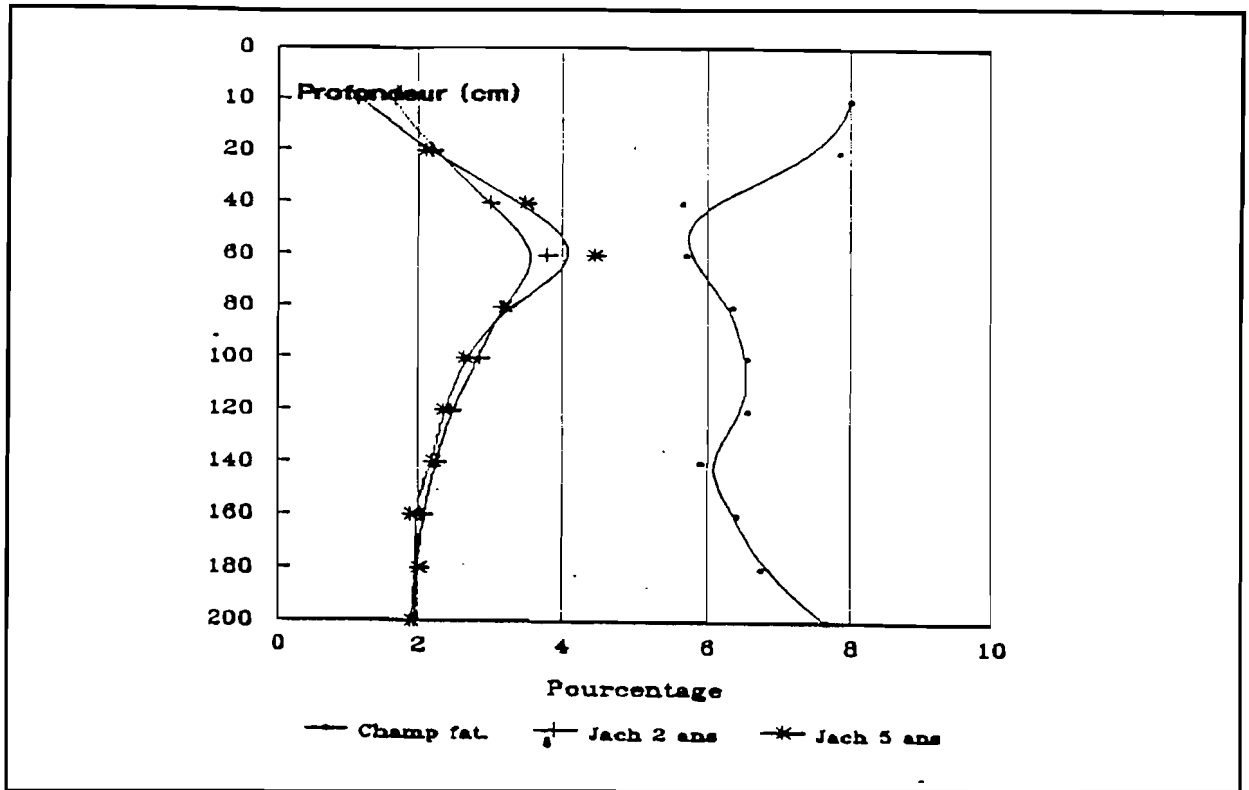


figure 43 : Humidité pondérale dans les jachères étudiées à Kolofata

Stock hydrique

Les valeurs des réserves en eau utile, calculées à partir des données analytiques des pF2.5 et pF4.2 sont exprimées en mm d'eau par cm de sol et sont consignées dans le tableau n°31.

	pF2.5			pF4.2			Réserve utile mm/cm		
	0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40
KJ	4.7	4.3	5.0	1.5	1.4	1.8	0.41	0.38	0.45
KV	4.0	3.6	4.6	1.3	1.1	1.6	0.48	0.44	0.48
KC	4.5	4.5	4.5	1.5	1.7	1.7	0.45	0.42	0.42

tableau 34 : pF et réserves utiles à Kolofata

On observe ici très peu de modification des pF. En effet nous sommes ici en présence de ferrugineux sur dunes à qui, leur texture confère une faible force de rétention de l'eau. L'eau s'infiltre facilement et est assez aisément restituée.

Instabilité structurale

Les prélèvements ont tous été effectués le 24 09.93 et les valeurs de l'indice d'instabilité sont consignées dans le tableau 35 et représentée sur la figure 44.

Le champ fatigué présente une instabilité structurale nettement plus forte que les deux parcelles de jachères surtout pour l'horizon 0-10 cm. Le taux d'argile plus limon après prétraitement au benzène est sensiblement plus fort ce qui semblerait indiquer un faible effet protecteur de la matière organique.

La parcelle en jachère depuis deux ans présente pour l'horizon 0-10 cm un indice d'instabilité intermédiaire entre celui de la jachère de cinq ans et celui du champ cultivé. Le fait le plus marquant est que l'indice de l'horizon 10-20 cm est sensiblement plus fort que celui de l'horizon 0-10 cm. Généralement, l'horizon supérieur soumis à l'action directe de la pluie et de la pression anthropique, est plus instable ou au moins aussi instable que l'horizon inférieur Ici, on constate que la matière organique ne semble pas avoir le même comportement suivant les horizons. En effet, le taux d'argile plus limon libéré après prétraitement au benzène est sensiblement plus important pour l'horizon 10-20 cm que pour l'horizon 0-10 cm, ce qui semblerait montrer que la protection des agrégats par la matière organique serait plus efficace en surface. Les analyses permettront de se faire une idée plus précise, mais ce résultat paraît quand même étonnant.

La parcelle en jachère depuis 5 ans présente les indices d'instabilité les plus faibles aussi bien pour l'horizon 0-10 cm que pour l'horizon 10-20 cm. Cependant, là encore, on constate pour ce dernier niveau une valeur d'instabilité sensiblement supérieure à celle de la surface, bien que l'écart soit plus faible que dans la jachère de 2 ans. L'action protectrice de la matière organique semble également plus faible en profondeur qu'en surface.

		Jachères de 5 ans		Jachères de 2 ans		Champ cultivé	
		0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
%	moy	2.16	3.43	2.52	4.82	5.77	4.78
Argile	e-t	0.43	0.59	0.47	0.95	0.64	1.07
Limon	CV(%)	20.01	17.20	18.64	19.72	11.03	0.22
%	moy	13.34	12.88	13.43	12.18	11.30	11.18
Sables	e-t	0.63	1.12	2.38	1.52	0.66	0.79
grossiers	CV(%)	4.72	8.88	17.69	13.65	5.88	0.07
%	moy	16.88	16.23	16.16	13.80	13.87	13.61
Agrégats	e-t	1.10	1.36	2.62	1.98	0.47	1.16
	CV(%)	6.53	8.39	16.22	14.37	3.42	0.09
Indice	moy	0.64	0.86	0.79	1.11	1.19	1.12
d'	e-t	0.13	0.09	0.10	0.14	0.02	0.12
Instabilité	CV(%)	20.40	10.42	12.86	12.62	1.60	10.62

tableau 35: Instabilité structurale à Kolofata

- En conclusion, on peut retenir que:
- la très grande homogénéité des sols des trois parcelles permet une comparaison réelle des différents indices d'instabilité.
 - l'instabilité de la parcelle de culture est nettement plus forte que celle des jachères surtout pour les horizons de surface.
 - dans les jachères la stabilité est d'autant meilleure que la durée d'abandon est plus longue.
 - les horizons 10-20 cm des parcelles en jachère présentent un indice d'instabilité supérieur à ceux des horizons de surface, sans qu'on puisse encore en cerner précisément la cause.

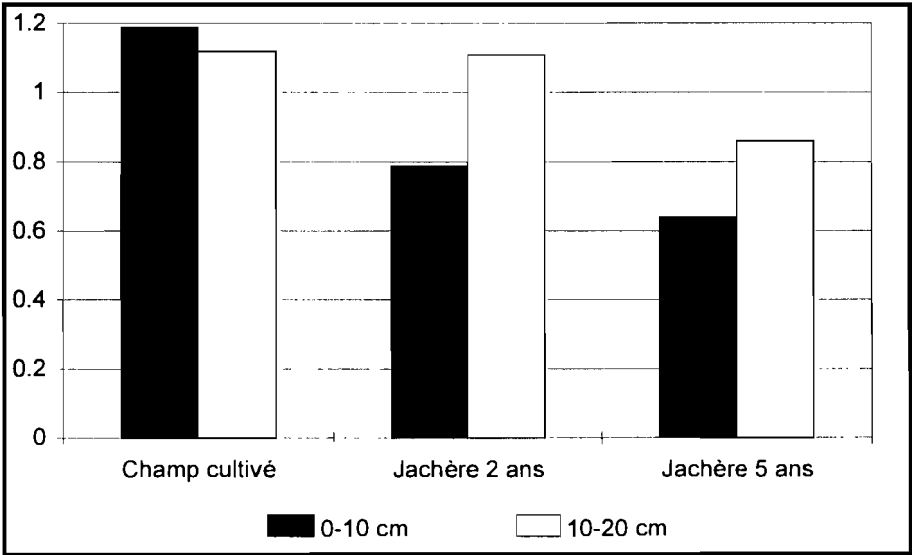


figure 44 : Indice d'instabilité structurale dans les jachères étudiées à Kolofata.

Simulation des pluies

site	Résidus	sol nu	herbes	croûte	galeries
KJ	-	44	37	-	5
KV	-	52	-	4	14
KC	20	15	23	1	73

tableau 36: Etats de surface parcelles de la série progressive de Kolofata (avril 1994)

site	Tc(mn)	Vr(l)	C(g/l)	Tr(g)	Et(g)	Kr(%)
kjs	-	-	-	-	-	-
kvs	29	0.5	0.0	0.0	22.7	1.0
kcs	-	-	-	-	-	-

Tc = Temps de concentration (intervalle entre le début de la pluie et le ruissellement) ; Vr = Volume ruisselée (litre) ; C = Concentration du ruissellement ; Tr = Total sédiments (eau ruisselée) ; Et = Erosion totale (Tr + charriage) ; Kr = coefficient de ruissellement.

tableau 37: Résultats ruissellement parcelles de la série progressive de Kolofata (avril 1994)

site	Résidus	sol nu	herbes	croûte	galeries
KJ	10	50	20	10	-
KV	5	40	50	5	-
KC	5	40	20	10	-

tableau 38: Etats de surface Kolofata (novembre 1994)

site	Tc(mn)	Vr(l)	C(g/l)	Tr(g)	Et(g)	Kr(%)
kjs'	-	-	-	-	-	-
kvs'	13	4.8	0.02	0.96	50.49	9.6
kcs'	26	4.8	0.06	0.28	80.83	9.6

tableau 39: Résultats ruissellement Kolofata (novembre 1994)

Infiltration

Les paramètres suivis sont consignés dans le tableau 40, les paramètres primés sont ceux correspondants à la deuxième campagne d'échantillonnage soit celle de Octobre 1994 :

SITE	Li	Li'	Ki	Ki'	Ib	Ib'
KJ	50	50	100	100	50	50
KV	49.5	45.2	99	90.4	19	14
KC	50	45.2	100	90.4	50	11.5

tableau 40: Résultats infiltrabilité Kolofata

Erodabilité

Les valeurs de l'érosion totale (Et), du charriage (Ch), de l'instabilité structurale (Is), du taux de matière organique (Mo %) et de calcium (meq %) ont été rassemblées dans le tableau 41.

SITE	Ch(g)	C'h(g)	Et(g)	E't(g)	Is	Mo(%)	Ca meq %
KV	22.7	50.49	22.7	50.49	0.64	2.97	0.94
KJ	0	0	0	0	0.79	3.18	1.20
KC	0	80.93	0	80.83	1.19	1.87	0.76

Et = érosion totale ; Ch = charriage ; Is = instabilité structurale ; Mo = taux de matière organique ; Ca = calcium échangeable

tableau 41: Résultats érodabilité à Kolofata

Conclusion

L'infiltrabilité des sols est très élevée. Lors de la première campagne aucun ruissellement n'a été constaté, sauf dans la vieille jachère où des croûtes ont été observées.

Lors de la deuxième campagne de simulation, des ruissellements sont observés dans le champ cultivé et la vieille jachère dans tous les cas en présence de croûte de ruissellement

L'étude des analyses granulométriques des transports solides lors de la simulation des pluies montre que ce sont les particules fines qui sont exportées en majorité.

En conclusion, les sols à tendance sableuse ont une infiltrabilité élevée. La jachère améliore et même pérennise ce comportement en même temps qu'elle conserve le sol.

5. Etude expérimentale sur l'importance de divers groupes fonctionnels sur le fonctionnement de l'écosystème jachère

5.1. Etude expérimentale au Sénégal (Dominique Masse, Christian Floret, Malainy Diatta)

Les objectifs sont de vérifier les hypothèses concernant le rôle, en tant que groupes fonctionnels, des **ligneux**, des **ligneux fixateurs d'azote atmosphérique**, des **graminées pérennes** et de la **macrofaune du sol** au cours des premières années de mise en jachère.

Pour cela, on a mis en place des expérimentations où ces groupes fonctionnels sont supprimés ou ajoutés. Les observations sur les bilans organiques, minéraux et hydriques ainsi que le comportement des autres groupes fonctionnels (par exemple les herbacées) constituent les indicateurs pour évaluer les différents traitements.

Les hypothèses de départ sont :

⇒ les ligneux et la présence des termites modifient :

- la flore herbacée en qualité et quantité
- les bilans organiques et minéraux
- le bilan hydrique, la structure du sol
- la dynamique des populations des nématodes, de la microflore et microfaune du sol (rhizobium, mycorhizes)

⇒ l'introduction d'espèces ligneuses fixatrices d'azote ou de graminées pérennes peut être un substitut à la présence de ligneux naturels après abandon cultural.

Deux sites à pluviosité et à systèmes d'exploitation différents ont été choisis au Sénégal.

A Sonkorong, dans la région du Sine Saloum, la pluviosité est actuellement d'environ 700 à 800 mm, la pression anthropique sur le milieu est forte et les jachères rares. Deux expérimentations sont implantées :

- l'une sur un terrain de défriche récente, les souches de ligneux et les termites sont encore présentes, on peut donc tester par leur suppression l'importance de leur rôle.
- l'autre sur un terrain de défriche très ancienne et de culture continue depuis plus de 20 ans, où seront testés l'introduction de groupes fonctionnels tels que les ligneux fixateurs d'azote ainsi que les graminées pérennes.

A Sare Yorobana près de Kolda, en Haute Casamance, la pluviosité annuelle est actuellement d'environ 1000 mm. La pression anthropique sur le milieu est faible et on note la présence de nombreuses jachères et zones non cultivées. Un terrain cultivé en 1993 a été choisi (le défrichement date de 3 ans). L'impact des ligneux (par leur suppression) et des graminées pérennes (par leur introduction) sont testés dans les premières années de mise en jachère.

5.1.1. Description de l'expérimentation

Le tableau 42 résume la mise en place des différentes expérimentations au Sénégal.

La figure 45, la figure 46 et la figure 47 montrent les plans des parcelles expérimentales.

Principes d'installation des différents traitements :

⇒ Dessouchage des ligneux

Dessouchage sur une profondeur de 30 à 50 cm de profondeur de tous les ligneux, transport à l'extérieur des parcelles élémentaires de la biomasse hypogée et épigée. Perturbations minimales au niveau de chaque souche

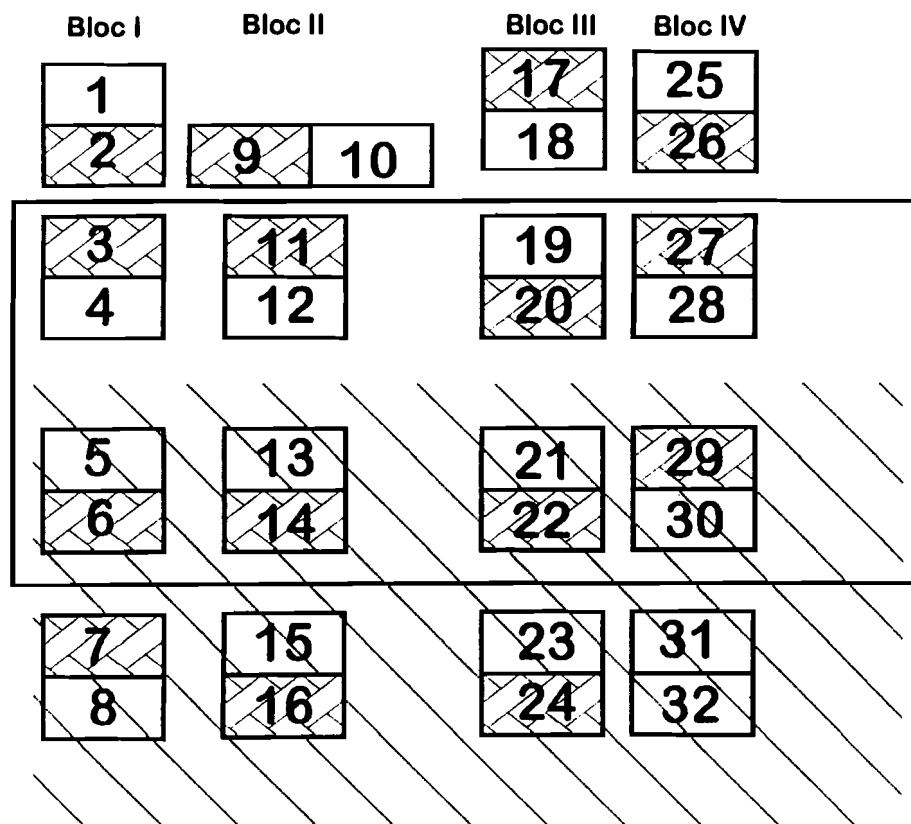
⇒ Application de la dieldrine (suppression des termites)

Réalisation de rainures sur les sols d'une profondeur de 5 à 10 cm, espacées de 10 à 20 cm. Application du produit à l'aide d'un pulvérisateur dans les rainures (⇒ matière active appliquée en profondeur sans perturbations excessives des horizons de surface)

Figure 45 : Plan d'expérimentation à Sonkorong SO1

Sonkorong (Sine Saloum) Site défriche récente

SO1



NORD



20 m



Parcelle
déssouchée

Dose : 50 g /ha de matière active (produit commercial = 5g de matière active / litre donc application de 10 litres / ha)

⇒ Introduction d'*Andropogon gayanus*

Repiquage d'éclats de souches. Densité de repiquage = 20 cm × 20 cm. Les souches proviennent de la station du Centre de Recherche Zootechnique de Kolda et de la station de l'ISRA de Sonkorong.

⇒ Repiquage des ligneux fixateurs d'azote (*Acacia holosericea*)

Pépinière mise en place à la station DRPF de Nioro du Rip. Inoculation avec un *Rhizobium*. Repiquage de plants inoculés avec espacement de 3 m × 3 m. Repiquage de plants non inoculés dans des allées des parcelles expérimentales

5.1.2. Caractérisations initiales (« point zéro ») et observations réalisées en année 1994

5.1.2.1. Description pédologique (Abdoulaye Niang, Erik Braudeau)

Il s'agit de caractériser les sols sur lesquels sont implantées les jachères expérimentales du programme "Jachère" au Sénégal. Le but de cette caractérisation est double :

- d'une part définir le contexte pédo-hydrique dans lequel se situe l'essai,
- d'autre part servir de point 0 (témoin initial) à l'étude de l'évolution du sol sous jachère expérimentée (impact de la jachère sur la composante sol du milieu).

Contexte pédo-hydrique

- Bibliographie

L'étude bibliographique effectuée sur les 2 sites du programme montre qu'ils ont été l'objet de plusieurs études pédologiques (beaucoup plus à Sonkorong qu'à Sare Yorobana). Nous nous sommes principalement appuyé sur les travaux de Bertrand(1972), Ange(1984) et Brouwers(1987) pour le site de Sonkorong et à Sare Yorobana sur ceux du Projet de Foresterie Rurale de Kolda (P.R.F.K.).

- Description des sols et typologie des horizons

Une toposéquence représentative du milieu et passant par les essais « jachère » est choisie comme base de travail pour la description des sols, la typologie des horizons et leurs relations dans le paysage à l'aide de profils creusés à cet effet (11 à Sonkorong et 6 à Sare Yorobana).

Sonkorong

La toposéquence inclue une bordure de plateau, un glacis de démantèlement et d'épandage et une terrasse colluvo-alluviale.

Les parcelles SO1 et SO2 se trouvent au niveau du glacis de raccordement et de démantèlement. Les profils creusés au niveau de cette unité géomorphologique montrent un mélange de sol peu évolué d'apport colluvial sur gravillons et cuirasse et de sol ferrugineux tropical appauvri, peu profond.

Le profil creusé dans la SO2 montre :

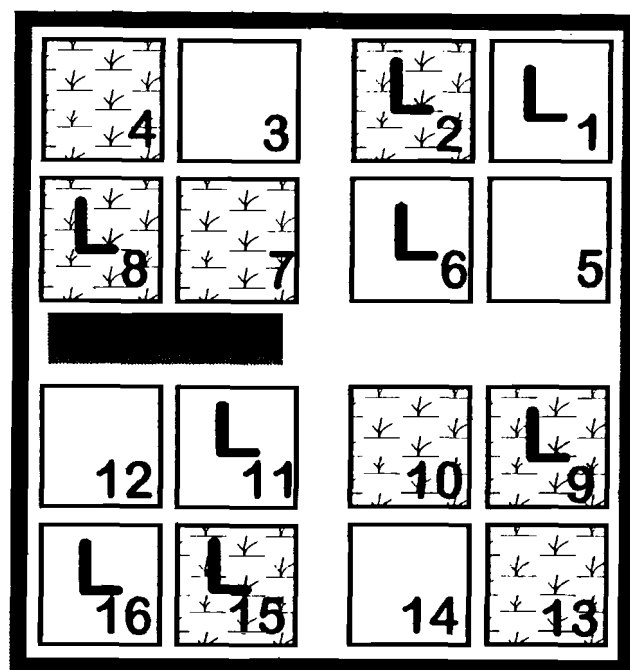
- horizon humifère 0-15 cm : sec, brun-gris sombre (10YR 5/3), structure massive, texture sableuse, porosité fine, macropores fauniques. Transition nette.
- horizon 15-40 cm : sec, brun rougeâtre (5YR 5/4), structure massive, texture sablo-limoneuse, porosité faunique et activité biologique assez importantes, porosité interagrégats bonne, macropores occupées par des débris de racines entre 25-30 cm. Transition diffuse marquée par un éclaircissement de la couleur
- horizon 40-70 cm : sec, jaune rougeâtre (5YR 6/6), structure massive, texture sablo-limoneuse, porosité moyenne, macropores fauniques jusqu'à 50 cm, enracinement jusqu'à 70 cm
- 70 cm et plus : cuirasse

Ces sols peuvent reposer sur un horizon gravillonnaire peu épais sus-jacent à la cuirasse.

Figure 46 : Plan expérimental à Sonkorong SO2

Sonkorong (Sine Saloum) Site défriche ancienne

SO2

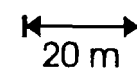
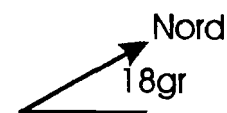


Bloc I

Bloc II

Bloc III

Bloc IV



Clôture



Repliquage
Andropogon gayanus



Repliquage
Acacia holo



Repliquage
Acacia holo
non inoculé

Sare Yorobana

La parcelle SY se trouve sur la zone périphérique du plateau. Le profil creusé à ce niveau montre :

- horizon humifère 0-15 cm : sec, brun-gris sombre (10YR 5/2), sablo-limoneux, structure massive, porosité bonne, chevelu racinaire vertical assez important, quelques fines et moyennes racines. Transition sur 15 cm avec présence de tessons et charbons montrant une activité humaine et un recouvrement de terre.
- horizon 30-50 cm : sec, brun clair (7,5YR 6/4), structure massive, compacte et dure, porosité interstitielle importante, microagrégats durs et cassants de la taille des sables grossiers laissant une bonne porosité entre eux, apparitions de fines taches ferrugineuses rouilles. Transition rapide et régulière.
- horizon 50-120 cm et plus : sec, rose (5YR 7/3), même structure mais plus argileuse, microagrégats à facettes et angles vifs. Apparitions de taches blanches de déferrification anastomosées de taille centimétrique à partir de 70 cm, beaucoup plus nombreuses que les taches ferrugineuses rouilles sur fond matriciel plus clair. Quelques petites concrétions ferromanganeuses rouille-noires à partir de 70 cm. Eclaircissement net du fond matriciel en profondeur.

Un trou à la tarière jusqu'à 230 cm montre l'augmentation des taches blanches en profondeur et une absence de cuirasse.

Il s'agit d'un sol ferrugineux tropical lessivé à taches et concrétions sur argile bariolée

- Caractérisation physico-hydrrique des horizons type de la toposéquence

9 profils (5 à Sare Yorobana et 4 à Thyssé Kaymor) sont analysés, à raison de 4 niveaux au minimum par profil, au total 41 échantillons

Les analyses portent sur : pH KCl, granulo 5 fractions, bases échangeables, C.E.C., pF 4.2 , pF 2.5 , pF 3, sur tous les échantillons; carbone total et azote total pour les horizons 0-10 et 10-20 cm, fer total et fer libre pour les 2 derniers horizons.

Tous ces échantillons sont analysés au rétractomètre (courbes de retrait) : densité apparente, volumes poreux micro et macro, retrait-gonflement.

- Variation du stock en eau du sol

Un suivi de l'état hydrique du sol est effectué le long des toposéquences et dans les parcelles, avant, pendant et après la saison des pluies de manière à observer la recharge du stock en eau du sol en fonction des pluies, puis son dessèchement (étude des profils hydriques).

Il a été réalisé à l'aide de prélèvements de tarière et de mesures de sonde gamma-neutronique sur 11 stations à Thyssé et 12 à Sare Yorobana.

Des mesures de pF(4.2 et 2.2) sont faites sur les échantillons pour caler les teneurs en eau aux états hydriques particuliers.

Seule une partie des résultats sera disponible en fin décembre, vu la quantité importante d'échantillons.

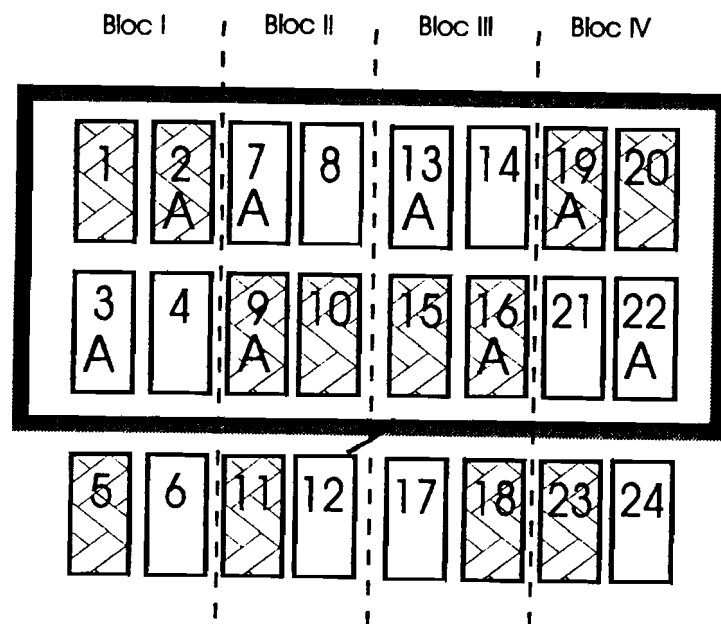
Etat 0 des parcelles d'essai

Ont été effectués les travaux suivants :

- topographie (carte isovaleurs), état de surface
- profondeur de la cuirasse à Sonkorong, selon un maillage régulier (carte isovaleurs)
- teneur en eau du sol sec accompagnés des mesures de pF 2.5, pF 3 et pF 4.2 pour leur calage à un état hydrique. (carte isovaleurs)
- suivi de la teneur en eau, une fois par mois, avant et après la saison des pluies
- prélèvements de cylindres de sols non remaniés dans les horizons 0-10, selon un maillage régulier, pour l'analyse rétractométrique (densité apparente, porosité, retrait-gonflement). Traitement des échantillons prévu en 1995.

figure 47 : Plan expérimental à Sare Yorobana SY

Sare Yorobana (Haute Casamance)



SY



20 m



Parcelles
dessouchées

A

Parcelles avec
Andropogon gayanus



Clôture

Désignation de l'expérimentation	SO1	SO2	SY
Sites	Sonkorong Sine Saloum		Sare Yorobana Haute Casamance
Coordonnées géographiques	13°46'14" Nord 15°31'70" Ouest	13°45'96" Nord 15°31'71" Ouest	
Conditions régionales	Pluviosité annuelle ~ 700 à 800 mm Forte pression anthropique		Pluviosité annuelle ~ 1000mm Faible pression anthropique
Caractéristiques du terrain d'expérience	Défriche récente (4 ans)	Défriche ancienne (plus de 20 ans), culture continue (rotation mil-arachide)	Défriche récente (3 ans)
Précédent cultural	Culture de mil et d'arachide	Culture d'arachide	Culture d'arachide
Facteurs testés	F1 (Mise en défens/Non mise en défens) F2 (traitements contre termites à la dieldrine/Non traitement contre les termites à la dieldrine) F3 (Absence ligneux/Présence ligneux).	F4 (Introduction ligneux/Non introduction Ligneux) F5 (Introduction <i>Andropogon gayanus</i> /Non introduction <i>Andropogon gayanus</i>)	F1 (Mise en défens/Non mise en défens) F3 (Absence ligneux/Présence ligneux) F5 (Introduction <i>Andropogon gayanus</i> /Non introduction <i>Andropogon gayanus</i>)
Plan expérimental	Plan en parcelles divisées à 4 répétitions (split splot) : facteur principal = F1, facteur secondaire = F2	Plan en blocs complets randomisés à 4 répétitions	Plan en parcelles divisées à 4 répétitions (split splot). Facteu principal = F1 facteur secondaire =F3
Dimensions des parcelles	10 × 20 m	20 × 20 m	10 × 20 m
Calendrier de mise en place	juin Piquetage des parcelles Pose des clôtures Dessouchage des parcelles 12 au 20 juillet : Traitement chimique à la dieldrine	juin Piquetage des parcelles Pose des clôtures Dessouchage des parcelles 11 août Repiquage de <i>Acacia holosericea</i> 15 au 20 août Repiquage d' <i>Andropogon gayanus</i>	juin Piquetage des parcelles Pose des clôtures Dessouchage 25-30 juillet Repiquage de <i>Andropogon gayanus</i>
Caractérisation initiale	Caractéristiques physico-chimiques des sols Composition et structure de la végétation Biomasse hypogée Biomasse racinaire Nématodes Termites Lombrics		

tableau 42 : Description récapitulative des expérimentations mises en place au Sénégal

5.1.2.2. Caractérisation physico-chimique (Dominique Masse)

Point « zéro »

Chaque parcelle élémentaire est divisée en six parties égales. Sur chacune de ces parties, on prélève en un point 3 échantillons respectivement aux profondeurs 0-10 cm, 10-20 cm et 20-40 cm ; soient $6 \times 3 = 18$ échantillons par parcelle élémentaire.

Date de prélèvement 22 au 25 juin 1994

Trois composites, un par niveau de profondeur, sont constitués à partir des 6 échantillons des niveaux de prélèvement correspondants : soit un total de $32 \times 3 = 96$ échantillons pour SO1, $16 \times 3 = 48$ échantillons pour SO2 et $24 \times 3 = 72$ échantillons pour SY.

Au total 216 échantillons sur lesquels sont analysés : pH eau et Kcl, granulométrie 5 fractions, C et N total, P total, CEC et bases échangeables, pF2.5 et pF 4.2. Les échantillons ayant servis à faire les composites sont conservés.

Analyse du C total, N total et pF4.2 sur tous les échantillons prélevés au niveau 0-10 cm sur le site SO1, soit 6 échantillons par parcelles élémentaires = $32 \times 6 = 192$ échantillons (étude de la variabilité spatiale).

Prélèvements en fin de première année

Sur chaque emplacement de mesure de la biomasse herbacée aérienne et racinaire (voir paragraphe suivant), un échantillon de sol sur les 10 premiers centimètres de profondeur a été prélevé, soit 6 échantillons par parcelle. Ces échantillons seront rassemblés en un composite par parcelle sur lequel sera mesuré le carbone et l'azote total.

5.1.2.3. Composition, structure, biomasse aérienne et racinaire de la végétation (Alphousseiny Bodian, El hadj Faye, Christian Floret, Maguette Kaire, Dominique Masse)

Composition et structure

La méthode utilisée est la méthode des points quadrats. Sur chaque parcelle, une ligne permanente de 10 m a été matérialisée. Tous les 10 cm, les espèces en contact avec une aiguille sont notés. Les observations ont été réalisées sur l'ensemble des parcelles entre le 10 et le 25 octobre 1994.

Biomasse de la strate herbacée

Coupe de la végétation épiquée sur des parcelles de 1 m². 6 points de prélèvements par parcelle élémentaire.

La phytomasse humide est pesée sur le terrain et laissée à l'emplacement de la coupe. Des échantillons sont amenés au laboratoire pour estimer le pourcentage de biomasse sèche (étuve à 85°C).

Ce protocole de prélèvements a été réalisé au mois d'octobre 1994 (entre le 10 et le 25 octobre pour l'ensemble des parcelles).

Biomasse racinaire

Méthode utilisée : extraction de volumes de sols définis à l'aide d'un cylindre extracteur (diamètre ≈ 6 cm), sur les tranches de sol 0-10 cm, 10-20 cm et 20-30 cm.

6 profils par parcelle élémentaire seront réalisés, aux mêmes emplacements retenus pour les mesures de la biomasse aérienne.

Les prélèvements ont été effectués pour SY et SO2 du 7 au 18 novembre 1994, du 21 au 25 novembre pour SO1.

Les échantillons sont séchés à l'air. L'extraction par tamisage et lavage à l'eau a débuté fin novembre 1994.

5.1.2.4. Caractérisation nématologique (Patrice Cadet)

Les différentes espèces et genres de nématodes ont été regroupés en trois grands groupes trophiques :

- les nématodes saprophages libres,
- les nématodes phytoparasites mineurs qui regroupent les espèces capables de se développer sur les champignons du sol,
- les nématodes phytoparasites majeurs qui regroupent les espèces dangereuses pour les plantes supérieures et notamment les plantes cultivées.

Les nématodes libres ont été dénombrés globalement. C'est un monde extrêmement vaste et mal connu, mais ces nématodes jouent un rôle important dans les processus de minéralisation dans le sol.

Les nématodes phytoparasites mineurs sont dénombrés par familles ou genres : *Filenchus*, *Ditylenchus*, *Aphelenchus*, *Coslenchus* auxquels ont été ajoutés *Trichotylenchus* et *Paratylenchus* ou *Gracilachus* qui sont réputés peu pathogènes.

Les nématodes phytoparasites majeurs sont dénombrés par espèces (certaines sont en cours d'identification) : *Scutellonema cavenessi*, *Helicotylenchus dihystra*, *Tylenchorhynchus gladiolatus*, *Tylenchorhynchus mashoodi*, *Pratylenchus sefaensis*, *Xiphinema parasetariae*, *Xiphinema elongatum*, *Criconemella curvata*, *Ditylenchus myceliophagus*, *Gracilachius parvula*, *Paratylenchus*

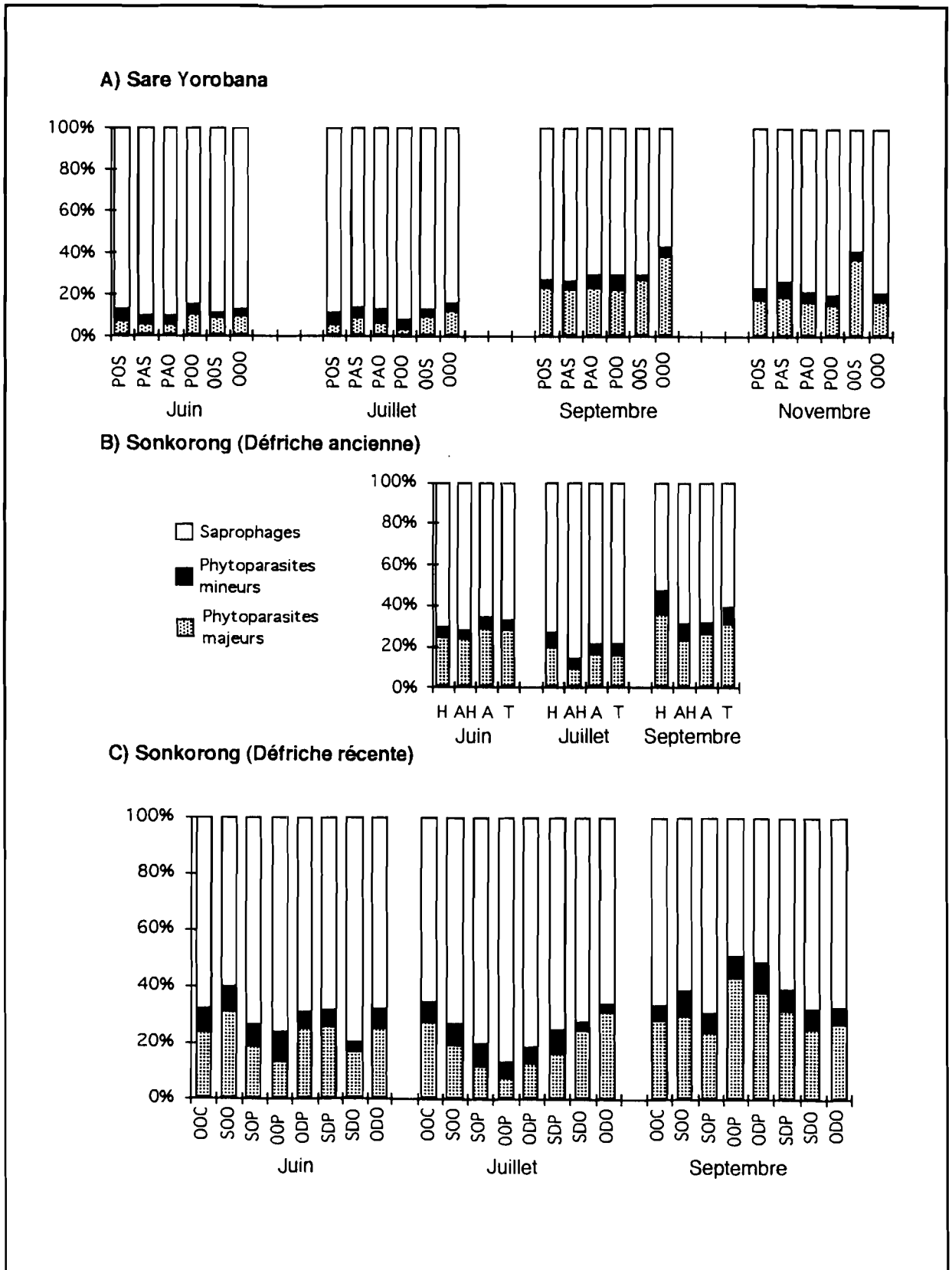


figure 48 : Evolution des proportions relatives des trois groupes trophiques de nématodes sur les trois sites et les différentes situations.

nainianus, *Aphasmatylenchus variabilis*, *Hemicycliophora belemnus*, *Paralongidorus* sp., *Meloidogyne* sp..

5.1.2.4.1. Importance des groupes trophiques :

La comparaison des proportions relatives des trois groupes trophiques sur les différents emplacements étudiés et en fonction des "traitements" et des dates de prélèvements, montre que les nématodes saprophages sont, en toutes circonstances, les plus nombreux, suivi par les nématodes phytoparasites majeurs (figure 48). Les proportions relatives des nématodes phytoparasites majeurs ne sont pas affectées de manière cohérente par les "traitements", mais elles ont tendance à augmenter sensiblement au cours de la saison des pluies, parallèlement au développement des végétaux et donc de leur système racinaire. D'autre part, au début de la saison des pluies, il y a proportionnellement moins de nématodes phytoparasites majeurs à Sare Yorobana qu'à Sonkorong. Les nématodes phytoparasites mineurs représentent toujours une faible proportion du peuplement global.

Sur la base des observations faites uniquement dans les parcelles témoins (non protégées en particulier), il apparaît des différences importantes entre les différents emplacements (figure 49). La parcelle de Sonkorong sur défriche récente est celle où il y a le moins de nématodes pour les trois groupes trophiques. En revanche, il n'y a pas de différence importante entre Sonkorong sur défriche ancienne et Sare Yorobana. Ce ne sont donc pas les différences climatiques qui sont déterminantes de l'abondance des nématodes.

5.1.2.4.2. Structure spécifique globale des peuplements de nématodes phytoparasites

Cette approche très globale, réalisée sur l'ensemble des observations effectués en 1994 met immédiatement en évidence des différences entre les emplacements étudiés, qui sont héritées de l'histoire antérieure de la parcelle (figure 50). Si les mêmes espèces sont potentiellement présentes sur les trois sites, leurs proportions respectives varient considérablement :

- *Scutellonema cavenessi*, parasites majeurs des plantes cultivées dans cette région, représente 50 % du peuplement, sauf sur la parcelle anciennement défrichée de Sonkorong où il atteint 66 %. La longue période de culture qui a précédé la mise en jachère est bien entendu à l'origine de cette situation.
- Elle conduit également à une perte importante de la diversité spécifique.
- La structure du peuplement permet cependant de caractériser ces deux zones écologiques : abondance de *Tylenchorhynchus gladiolatus* à Sonkorong (quel que soit le passé cultural) et de *Pratylenchus sefaensis*, *Criconemella curvata* et *Helicotylenchus dihystra* à Sare Yorobana, vers Kolda.

5.1.2.4.3. Influence des traitements et du temps sur la structure spécifique globale des peuplements de nématodes phytoparasites

Jachère sur défriches anciennes et récentes (Sonkorong)

Sur défriche ancienne la plantation d'*Acacia holosericea* ou le repiquage d'*Andropogon* n'ont pas provoqué de modification de l'équilibre des espèces au sein du peuplement. La proportion relative de *T. gladiolatus* augmente durant la saison des pluies. Cette tendance apparaît également sur la jachère après défriche récente.

Hormis ces tendances, il ressort que les interventions effectuées dans les différentes parcelles (mise en défens, élimination des termites, dessouchage, plantations) quelques semaines auparavant n'ont pas encore provoqué la disparition d'espèces au sein du peuplement. Ce n'est pas une situation surprenante dans la mesure où les conditions d'humidité et de température en saison des pluies sont favorables à la survie des nématodes et que leur multiplication est relativement lente : 1 génération par mois environ.

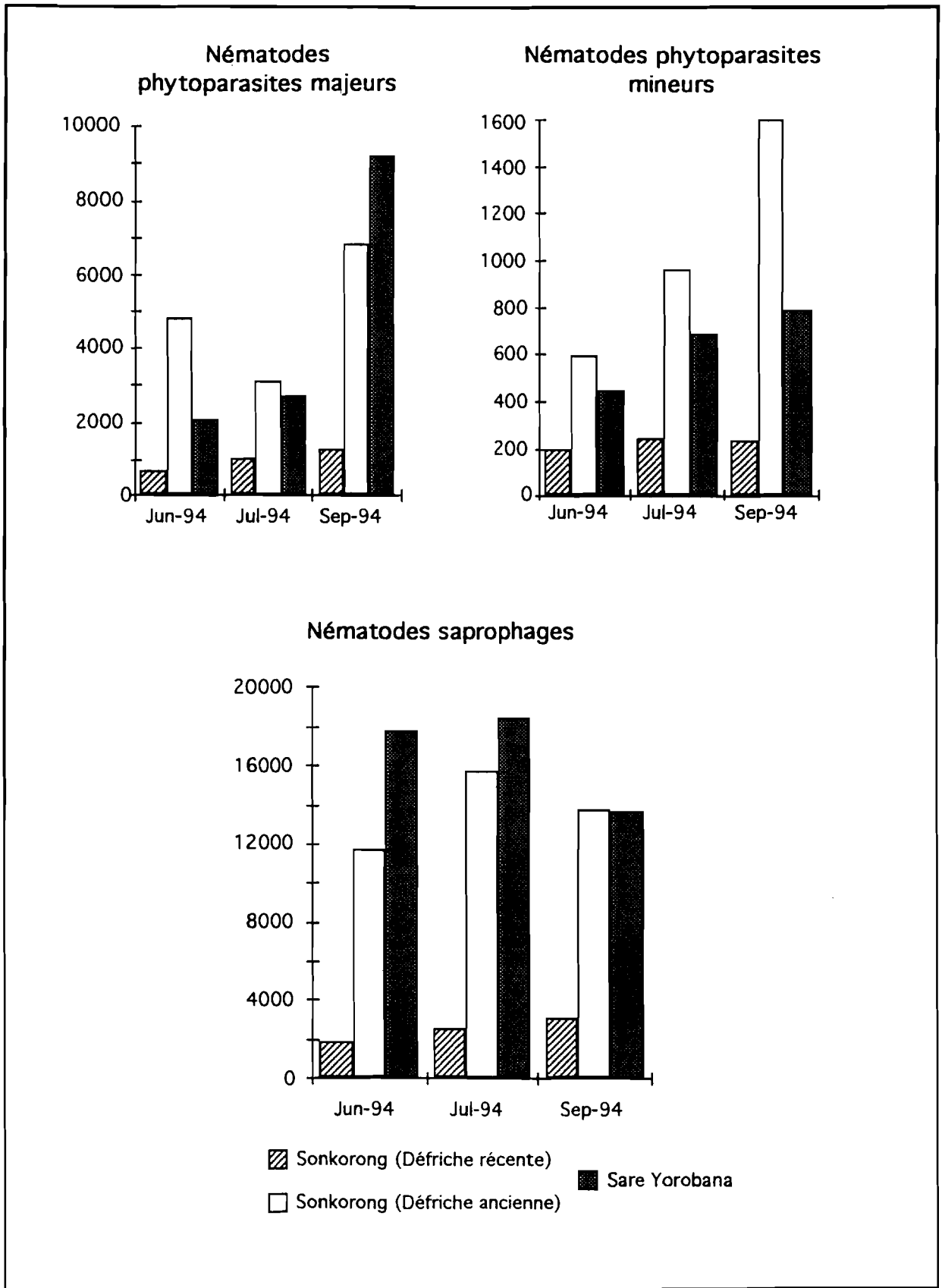


figure 49 : Etude comparative des abondances moyennes des trois groupes trophiques de nématodes sur les trois emplacements aux différentes dates d'observations.

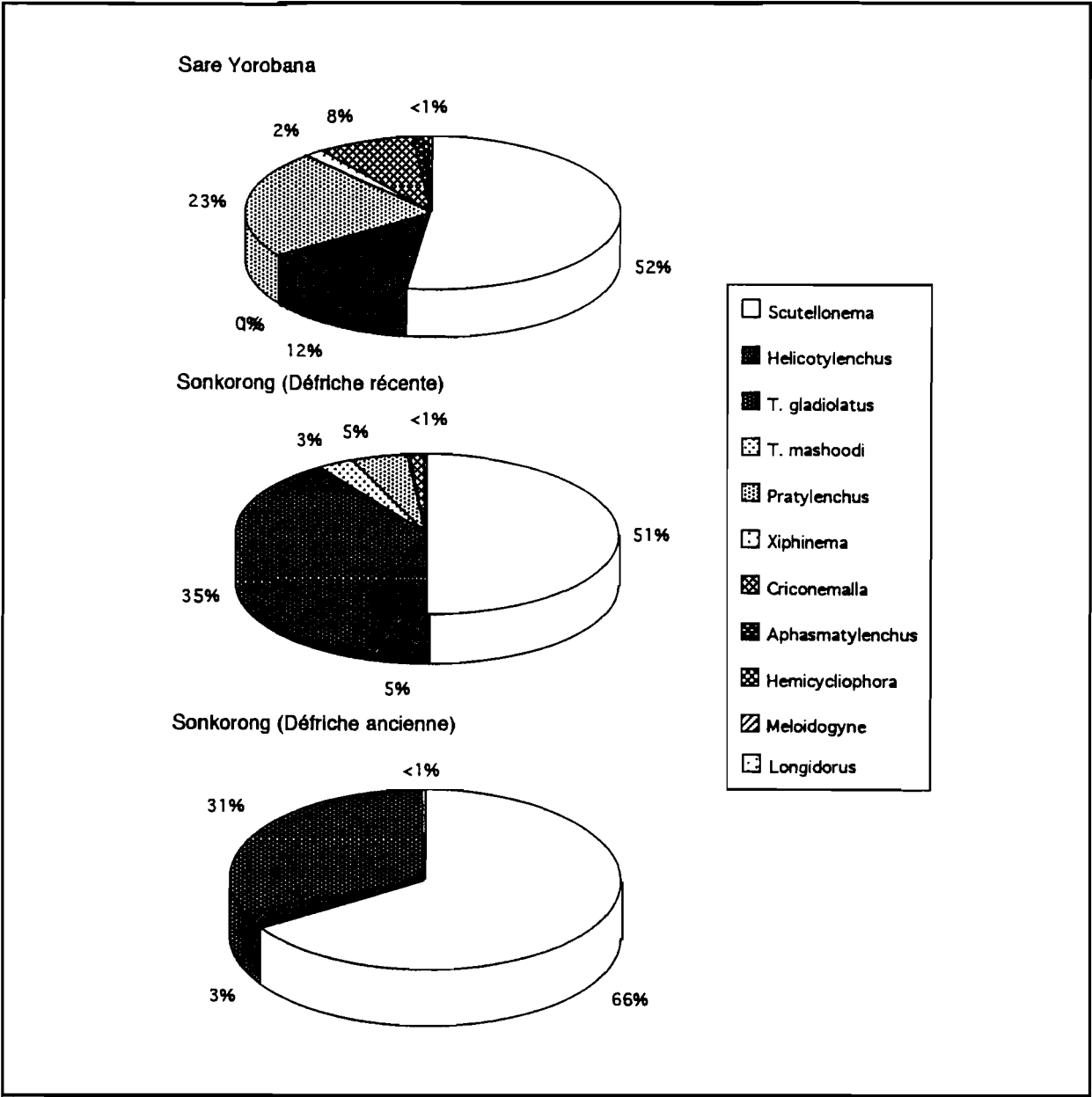
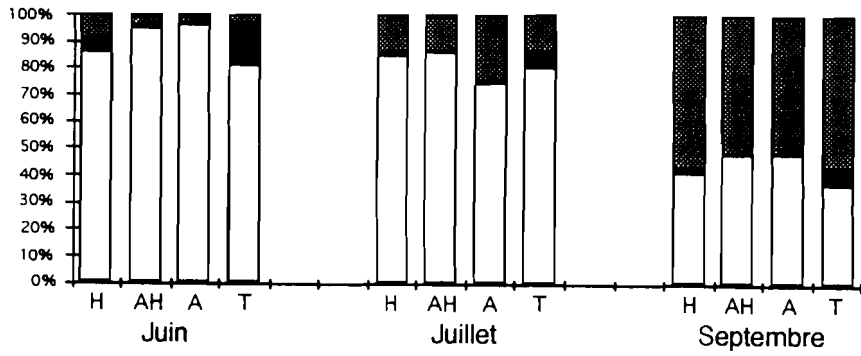


figure 50 : Structure spécifique du peuplement nématologique moyen sur les trois emplacements

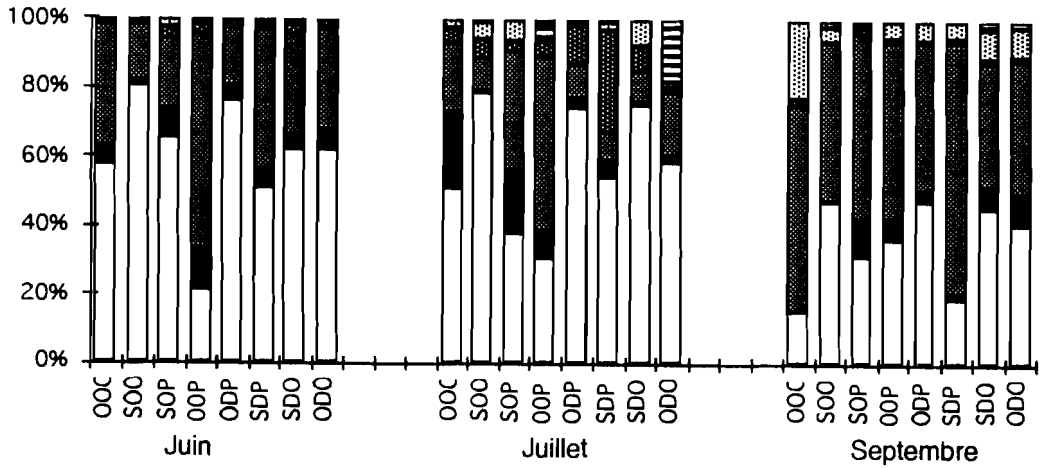
Jachères de Sare Yorobana

Contrairement aux sites de Sonkorong, l'analyse de la structure des peuplements révèle une hétérogénéité initiale importante entre les "traitements", qui est nécessairement l'héritage du passé. En juin, alors que la protection de la parcelle est en cours d'installation, il apparaît une différence entre la structure spécifique des parcelles situées à l'intérieur de la zone protégée et celles qui sont situées à l'extérieur de cette zone (figure 51). La présence d'une forte proportion de *Scutellonema* laisse penser que ces parcelles auraient été cultivées plus longtemps que les autres, au moins avec une culture très sensible à *Scutellonema cavenessi*. Le développement des nématodes au cours de la saison des pluies aboutissant à une homogénéisation de la structure spécifique dans les diverses situations. En d'autres termes, conformément à ce que nous avons constaté précédemment, l'introduction d'*Andropogon* ou le dessouchage des ligneux n'ont pas encore modifié de façon flagrante l'équilibre des espèces au sein du peuplement nématologique.

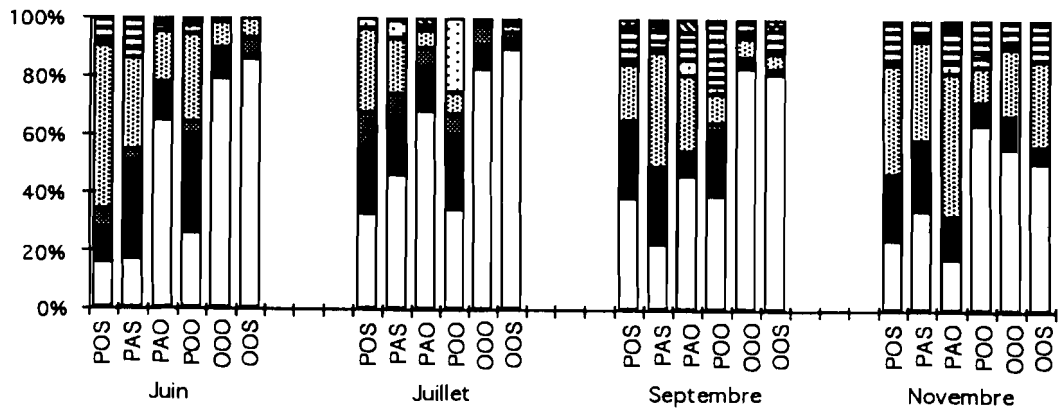
A) Sonkorong (Défriche ancienne)



B) Sonkorong (Défriche récente)



C) Sare Yorobana



□ Scutellonema ■ Helicotylenchus ■ T. gladiolatus ■ T. mashoodi ▨ Pratylenchus ▩ Xiphinema
▧ Criconemella ▦ Longidorus ▤ Aphasmatylenchus ▣ Hemicyclophora ▢ Meloidogyne

figure 51 : Influence des traitements et de la période d'observation sur la structure spécifique du peuplement de nématodes phytoparasites majeurs.

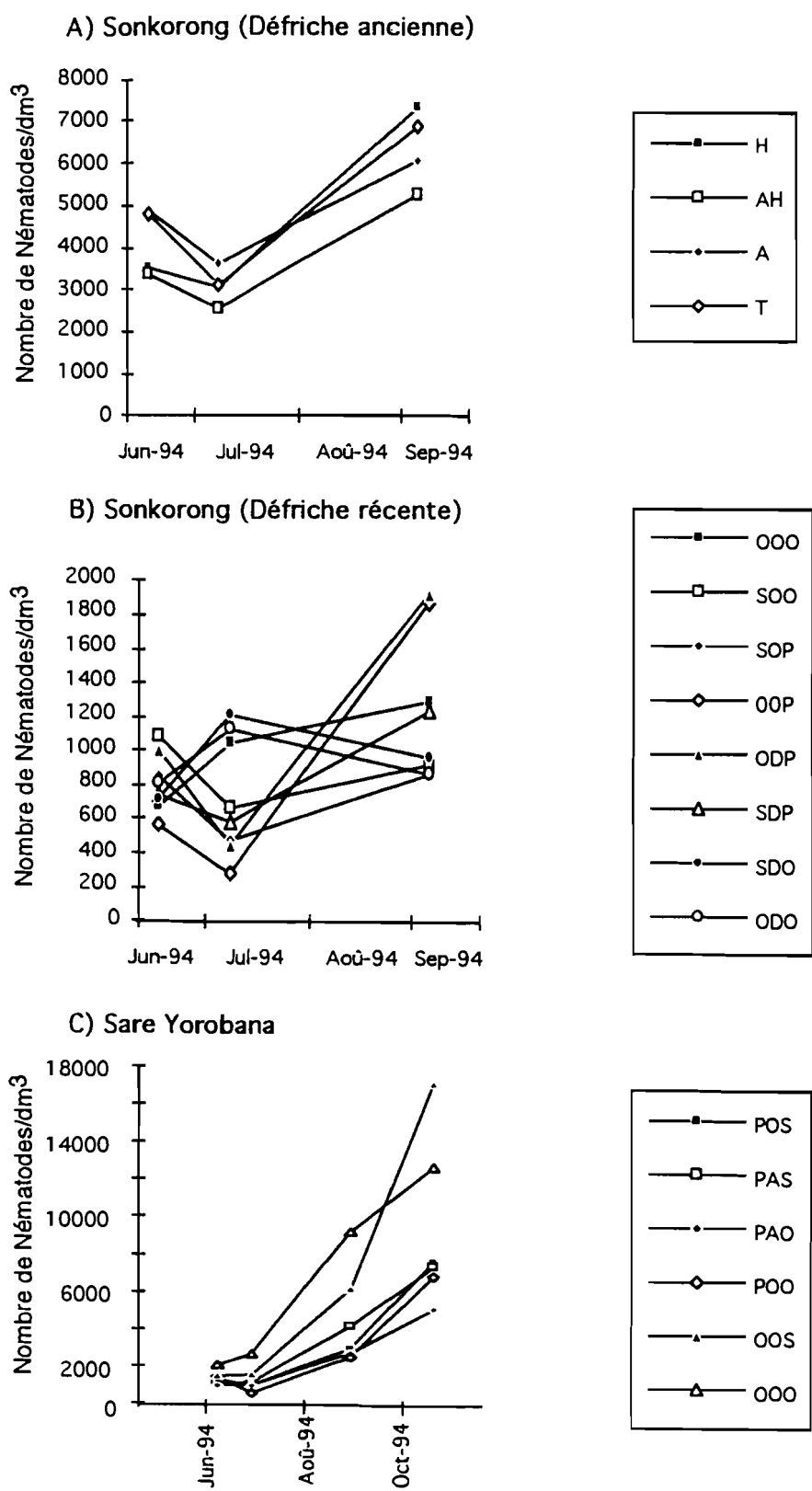


figure 52 : Evolution des peuplements de nématodes phytoparasites majeurs sur les trois sites d'observations (H : *Acacia holosericea* , A : *Andropogon gayanus* ; S : Dessouchage ; P : parcelle protégée ; D : parcelle traitée à la dieldrine ; O : sans intervention)

5.1.2.4.4. Evolution quantitative des peuplements de nématodes

Sonkorong

Sur défriche ancienne, les nématodes phytoparasites majeurs se sont légèrement moins développés dans les parcelles où l'*Andropogon* et les *Acacia* ont été repiqués (figure 52). Sur défriche récente, le traitement contre les termites à la Dieldrine des parcelles non protégées provoque un ralentissement de la multiplication des nématodes, alors que la phénomène inverse s'observe sur les parcelles protégées. Globalement, les peuplements sont approximativement de même taille dans tous les cas.

Sare Yorobana

Dans ce cas, les peuplements nématologiques des parcelles non protégées ont tendance à être plus importants que ceux des parcelles protégées. Il n'y a pas d'influence de l'*Andropogon*.

5.1.2.4.5. Conclusion :

Ces travaux préliminaires mettent en évidence que l'étude instantanée de la structure spécifique d'un peuplement nématologique peut permettre de caractériser l'écosystème et donner des indications sur l'historique de la parcelle. Cependant, l'évolution du peuplement est lente. Les modifications provoquées artificiellement dans les parcelles d'essais ne se répercutent pas instantanément sur les nématodes compte tenu de la lenteur relative de leur cycle biologique (généralement mensuel). Mais il est possible que le stress de la saison sèche soit nécessaire pour faire apparaître des divergences résultant de ces interventions.

5.1.2.5. Caractérisation de la macrofaune invertébrée du sol (Laurent Derouard, Patrice Lavelle)

Sur chaque sites expérimentaux, 5 points d'échantillonnage ont été localisés le long d'un transect de 5 m de long. Un bloc de terre de 25 × 25 × 30 cm est isolé en creusant une tranchée de 20 cm de large sur 30 cm. Le bloc est découpé en 3 strates de 10 cm (0-10 cm, 10-20 cm et 20-30 cm). Chaque couche est triée à la main, en prenant soin de récupérer le maximum d'organismes vivants, qui sont placés dans une fiole, contenant du formol à 4% pour les vers de terre et de l'alcool à 75° pour les autres animaux. L'ensemble est caractérisé, dénombré et pesé au centre Orstom de Bondy. Les prélèvements ont eu lieu en juillet à Sare Yorobana et août à Sonkorong

5.1.2.6. Introduction d'*Acacia holosericea* dans une jachère (Mamadou Gueye, Marc Ducouso, Maguette Kaire)

Des graines de *Acacia holosericea* ont été semées dans des gaines en plastique. Après prégermination, les plantes ont été doublement inoculées avec une souche de *Rhizobium* (souche 11c) fournie par le laboratoire du BSFT de Nogent sur Marne et une souche d'ectomycorhize (*Pisolithus sp.*) isolée au Sénégal.

Après deux mois de croissance en serre à la station expérimentale de Nioro du Rip, les plantes ont été transplantées sur les parcelles expérimentales à Sonkorong réparties sur huit parcelles (42 plantes par parcelle). Par ailleurs une parcelle a été plantée avec des plants non inoculés (en dehors du dispositif expérimental).

Chacune des souches utilisées peut être suivie d'un point de vue écologique : on dispose de l'anticorps fluorescent de la souche de *Rhizobium* 11c et du sol de Sonkorong dépourvu de tout champignon ectomycorhizien, rendant ainsi possible la détection des carpophores du champignon introduit.

Au moment de la transplantation, des observations effectuées sur les plantes avaient montré des nodules multilobés sur les racines. Le sol contenu dans les gaines renfermait des spores du *Pisolithus sp* utilisé lors de l'inoculation. A ce stade, il n'y avait aucune différence entre les plantes inoculées et les plantes non inoculées avec les deux souches de *Rhizobium* et d'*Ectomycorhize*.

Cinq mois après la transplantation au champ, le taux de survie et la hauteur de chaque plante ont été mesurés. Les plantes non inoculées ont été mesurées. Elles mesurent 69.7 cm de hauteur en moyenne et n'ont présenté aucune mortalité ; par contre, la hauteur moyenne des plantes inoculées est

de 55.78 cm et deux plantes n'ont pas survécu après la transplantation dans l'ensemble des parcelles (tableau 43). Cette différence n'est pas statistiquement significative, car elles portent sur un nombre de répétitions différent. Cependant, ces mesures peuvent servir d'indication au cours de l'évolution de la jachère.

N° parcelle	Traitement	Hauteur (cm)	Taux de survie (%)
0	Non inoculé	69.8	100
1	Inoculé	55.7	98
2	Inoculé	50.7	100
6	Inoculé	61.4	98
8	Inoculé	51.3	100
9	Inoculé	56.2	100
11	Inoculé	53.8	100
15	Inoculé	57.0	100
16	Inoculé	60.0	100

tableau 43 : Hauteur des plantes et taux de survie d' *Acacia holosericea*, 5 mois après son introduction dans les parcelles expérimentales à Sonkorong

5.1.3. Observations prévues pour l'année 1995

⇒ Prélèvements d'échantillons de sol

Selon le même protocole indiqué au paragraphe précédente, des prélèvements seront réalisés en fin d'année 1995 ; carbone et azote total seront analysés sur les composites. Il est prévu également des analyses de la matière organique par fractionnement physique (protocole à prévoir).

⇒ Densité apparente

Des mesures de densité apparente (méthode des cylindres) sont prévues en début d'année 1995 (mise en place du protocole), sur les mêmes emplacements que les prélèvements d'échantillons de sol.

⇒ Biomasse aérienne et biomasse racinaire

En fin de saison des pluies 1995, on réalisera les observations selon le protocole de l'année 1994, en ce qui concerne la biomasse herbacée hypogée, épigée ainsi que la composition et la structure de la végétation par la méthode des points quadrats.

⇒ Biomasse ligneuse

L'ensemble des ligneux seront répertoriés (position, hauteur et diamètre basal)

⇒ Nématodes

Des caractérisations nématologiques de jachères d'âges différents devront être faites dans d'autres zones écologiques du Sénégal : région de Kolda en particulier, pour valider les résultats obtenus dans la région de Thyssé.

Etude expérimentale sur le rôle de divers groupes fonctionnels sur le fonctionnement de l'écosystème jachère au Sénégal (nématodes). Les observations périodiques de nématodes seront poursuivies en 1995 au cours de la saison des pluies (320 analyses nématologiques).

⇒ Termites

In order to avoid disturbance to the plots which could effect soil physical and hydrological properties, sampling for termites in this experiment will be on a "before and after" basis. Intensive sampling will be undertaken at the outset and at the end of the 3 year study period while termite activity using baits will be used to assess the need to re-spray treated plots in the intervening period.

5.2. Etude expérimentale au Nord-Cameroun

L'approche diachronique consiste à suivre dans le temps, sur les mêmes parcelles, les modifications qui interviennent au cours de la reconstitution de la fertilité. L'étude est menée sur des parcelles expérimentales qui ont entre autres but de permettre l'étude de l'influence du feu et de la mise en défens sur la reconstitution de la jachère.

5.2.1. Description des parcelles mises en place

Les parcelles actuellement en suivi diachronique, ont été mises en place en 1991. Elles sont donc en jachère depuis 3 ans. Nous disposons de 4 sites concernant ce type de suivi :

- Kolofata sur vertisol (600 mm) ;
- Midaoua sur vertisol (800 mm);
- Gazal sur sol ferrugineux (800 mm);
- Ngong sur sol ferrugineux (1 000 mm).

Le site de Ngong est un peu particulier. En effet, choisi dans le dispositif de recherche sur la jachère améliorée mis en place par la section forêt de l'IRA, il ne sera pas soumis à une étude de l'influence des feux de brousse comme les autres.

Les autres sites comportent deux parcelles toutes protégées du pâturage :

- l'une est protégée contre le feu ;
- l'autre est brûlée chaque année en saison sèche.

Il faut toutefois noter que, malgré la réalisation des pares feux les deux sous-parcelles ont brûlé à Gazal en 1992 et à Midaoua en 1993.

Nous suivons dans cette parcelle, les modification de la végétation et de la flore par la méthode des points quadrats. Les lectures sont prévues une fois par an à l'optimum de végétation c'est-à-dire entre septembre et octobre. Mais en 1993, en raison du manque de temps, à la place des mesures, nous avons dressé une liste floristique et estimé le recouvrement des espèces présentes dans chaque parcelle. La production de biomasse herbacée a été mesurée au début de la mise en place des parcelles. L'évolution de la structure et du peuplement ligneux est aussi suivi.

Les analyses de sol de l'état initial avant expérimentation sont a peu près terminées. Mais elles doivent encore être interprétées. Sur ces parcelles, des tubes de suivi de profils hydriques ont été installés. Mais le suivi de ces tubes a connu une longue période d'interruption liée à l'état défectueux des deux sondes à neutron disponibles.

5.2.2. Premiers résultats

5.2.2.1. Influence du feu sur la jachère (Paul Donfack)

Sur la base des données disponibles, des tendances évolutives ne peuvent être données que concernant les informations floristiques.

A Gazal, comme dans l'ensemble des sites étudiés, lorsqu'une protection contre le feu et le pâturage est assurée, on assiste à une augmentation du nombre d'espèces herbacées et ligneuses pendant les trois premières années de suivi (tableau 44). Par contre, lorsque le feu passe tous les ans, il y a un effet dépressif sur le nombre d'espèces et même sur la tendance évolutive ci-dessus.

	Gazal		Midaoua		Kolofata	
	avec feu	sans feu	avec feu	sans feu	avec feu	sans feu
1991	32	34	25	25	21	22
1992	29	41	31	40	35	32
1993	27	44	32	33	23	31

tableau 44 : Evolution du nombre d'espèces en fonction du temps de jachère et en fonction de la mise à feu.

Floristiquement parlant, l'augmentation du nombre d'espèces en rapport avec la protection contre le feu implique l'apparition de nouvelles espèces en deuxième ou troisième année, sans qu'il y ait nécessairement disparition des premières. En revanche, on note des modifications, parfois discrètes au niveau des espèces dominantes. C'est ainsi qu'à Midaoua et à Kolofata, *Setaria pumila* cède progressivement sa place à *Aristida hordeacea*. On assiste également à une disparition progressive d'adventices telles que *Commelina benghalensis*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Rhynchelytrum repens*, etc.

5.2.2.2. Influence du feu sur le stock de graines (Paul Donfack)

Au Nord-Cameroun, les jachères subissent régulièrement l'action des incendies. L'expérimentation entreprise se penche sur l'influence de ce facteur anthropique qui est le feu de brousse, sur le nombre et la composition des graines situées à la surface ou à une faible profondeur du sol.

Le but est de rechercher l'influence du feu sur le stock de graines du sol sur la composition floristique et sur la succession post-culturelle dans les jachères. En plaçant les graines dans un environnement humide et en veillant à ce que la lumière, l'obscurité ou la température ne soient pas limitantes, on pense pouvoir faire germer une bonne partie du stock. On peut espérer, par comptage des jeunes plantules, approcher la connaissance du nombre de graines susceptibles de germer si les conditions sont convenables. Le stock serait ainsi épuisé après quelques années.

Deux sites appartenant au dispositif de suivi diachronique ont été retenus sur vertisol : l'un dans la localité de Midaoua (800 mm), et l'autre en zone plus sèche à Kolofata (600 mm). Dans chacun des deux sites, on a choisi deux parcelles sur une jachère de troisième année suivie depuis l'abandon cultural. Une des parcelles est régulièrement brûlée depuis l'abandon, tandis que l'autre est protégée contre le feu et le pâturage. On a prélevé dans chacune des deux parcelles 21 échantillons répartis dans le profil du sol de la manière suivante:

- 7 échantillons entre 0 et 5 cm de profondeur avec incorporation des graines de surface
- 7 échantillons entre 5 et 10 cm de profondeur;
- 7 échantillons entre 10 et 15 cm de profondeur.

Pour chaque profondeur, 6 des 7 échantillons prélevés ont été utilisés pour l'essai et les échantillons témoins, stérilisés à l'autoclave sont tirés au sort parmi le reste (il y a 6 témoins pour toute l'expérimentation).

Les échantillons sont mis en bacs de germination et arrosés régulièrement. Le comptage est fait dès que les plantules sont identifiables. Trois comptages ont été faits avant l'arrêt total des germinations de 1993.

Le tableau n°24 montre qu'indépendamment de la zone climatique, il y a toujours plus de graines dans les échantillons de sol provenant du traitement sans feu que dans ceux avec feu. Il en est de même avec le nombre d'espèces levées. On peut donc dire que le feu modifie profondément la composition et le stock de graines lors de son passage.

La richesse floristique des parcelles de Midaoua est plus forte que celle de Kolofata. Ceci traduit l'effet favorable de la pluviométrie sur cette richesse floristique (tableau 44). Mais à l'inverse, le nombre de graines ne suit pas cette règle. Les espèces adaptées aux conditions défavorables sont aptes à produire plus de graines que celles des zones à pluviosité favorable. C'est le cas de *Schoenefeldia gracilis* qui semble mieux se comporter à Kolofata (tableau 45).

Régions écologiques Traitement	Kolofata			Mouda (Midaoua)		
	Sans feu	Avec feu	Témoin	Sans feu	Avec feu	Témoin
Nombre de graines	1767	122	0	803	798	0
Nombre d'espèces	18	11	0	22	15	0
Nombre total de graines		1889			1601	
Nombre total d'espèces		21			27	

tableau 45: Nombre de graines levées et d'espèces recensées par traitement dans l'ensemble des essais

Par ailleurs, l'influence du feu est forte sur le nombre de graines ou sur leur composition seulement à la surface du sol. Elle diminue avec la profondeur pour devenir presque nulle vers 15 cm de profondeur. certaines espèces sont particulièrement sensibles au feu comme on peut le voir sur le

tableau 46. C'est le cas de *Sida urens*, *Crotalaria retusa*, *Vicoa leptoclada*, *Vigna comosa* alors que les graminées sont généralement résistantes.

Le tableau 46 permet également de montrer que dans les conditions de notre expérimentation, une trentaine d'espèces différentes ont pu germer dans les bacs. On peut subdiviser l'ensemble de ces espèces en trois sous groupes en fonction du nombre total de germinations enregistrées :

- les espèces ayant moins de 10 graines levées dans l'ensemble des essais sont au nombre de 19 et les plus rares de cette liste sont *Brachiaria stigmatistata*, *Merremia sp.*, *Pennisetum pedicellatum*, *Vicoa leptoclada*, *Cassia obtusifolia*, etc. ;
- les espèces présentant entre 10 et 100 levées dans l'ensemble des essais sont au nombre de 7. On peut y retrouver les espèces telles que *Aristida sp.*, *Corchorus tridens*, *Digitaria sp.*, *Panicum sp.*, *Setaria pumila*, et *Spermacoce filifolia* ;
- les espèces les plus représentées sont en nombre limité (4). *Schoenefeldia gracilis* , avec 2522 individus levés se place en tête de cette liste. Elle est suivie de *Cyperus sp.*, *Eriochloa nubica* et de *Blumea aurita*.

L'expérimentation ne permet pas de montrer l'existence des espèces adaptées au feu. *Schoenefeldia gracilis* est apparemment plus adapté à un climat plus sec.

5.2.2.3. Pluviométrie et bilans hydriques (Samuël NDaka)

Il s'agit de suivre l'effet des traitements sur l'évolution des réserves hydriques du sol.

Le tableau 47 nous permet de constater l'effet néfaste des feux sur l'évolution des stocks hydriques du sol. Dans tous les cas le déficit hydrique des sols ayant subi le traitement du feu est plus important et on observe alors un profil plus sec pour ces parcelles.

Concernant les profils de Kolofata, nous remarquons les valeurs importantes de l'humidité volumique en fin de saison des pluies (aux alentours de 40%) ce qui peut s'expliquer par la composition granulométrique qui présente une forte proportion d'argile qui se situe à plus de 40%. On comprend alors aisément l'intérêt de cultiver ces sols en muskwari (sorgho de contre saison).

Les profils hydriques de Midaoua dont les sols possèdent les mêmes caractéristiques granulométriques que celles des sols de Kolofata, présentent des allures analogues aux profils hydriques de Kolofata.

Par contre, pour les profils hydriques de Gazal (sols ferrugineux), au début de la saison des pluies, le champ cultivé qui est labouré et sarclé présente le profil le plus sec. En fin de saison des pluies les humidités volumiques sont plus faibles que celles des deux autres sites (25-27 %). La mise à feu crée un stress hydrique pour les plantes qui subsistent et augmente l'évaporation en surface. Les plantes qui subsistent peuvent combler leur déficit en eau en puisant au niveau de leurs racines des horizons moyens. Ainsi le profil hydrique de la parcelle avec feu présente le profil hydrique le plus sec en fin de saison des pluies.

5.2.3. Travaux en perspectives

5.2.3.1. Aspects agronomiques (Francis E. Obale)

Problématique

L'agriculture dans la région semi-aride du Nord cameroun est caractérisée par un système de culture extensive. La méthode pratiquée est basée sur la culture qui alterne avec la jachère naturelle. La jachère étant nécessaire pour la restauration de la fertilité des sols.

	Kolofata						Mouda (Midaoua)					
	Sans feu			Avec feu			Sans feu			Avec feu		
	0-5	5-10	10-15	0-5	5-10	10-15	0-5	5-10	10-15	0-5	5-10	10-15
<i>Acalypha segetalis</i>	3	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>Aristida</i> sp.	-	11	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Azadirachta indica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>Blumea aurita</i>	-	-	-	-	5	1	10	-	-	108	10	-
<i>Brachiaria stigmati....</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Cassia mimosoides</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-
<i>Cassia obtusifolia</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Chloris lamproparia</i>	1	4	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Corchorus tridens</i>	1	-	-	-	-	-	2	1	-	20	2	-
<i>Crotalaria retusa</i>	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cucurbitacée</i>	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
<i>Cyperus</i> sp.	57	15	-	3-	2	-	91	-	-	116	10	2
<i>Digitaria</i> sp.	-	-	-	-	-	-	2	-	2	8	1	-
<i>Echinochloa colona</i>	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-
<i>Eriochloa nubica</i>	138	1	4	45	25	5	-	-	2	23	21	2
<i>Indéterminé</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Hygrophylla auriculata</i>	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-
<i>Merremia emarginata</i>	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>Merremia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Monechma ciliatum</i>	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-
<i>Panicum</i> sp.	-	-	-	-	-	1	9	1	-	10	-	-
<i>Papilionaceae</i>	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pennisetum pedicell</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	1082	305	89	3	-	3	558	34	25	412	3	8
<i>Setaria pumila</i>	1	1	-	22	-	1	29	-	8	15	-	-
<i>Sida urens</i>	13	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spermacoce filifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6-	2	3
<i>Spermacoce ruelliae</i>	2	1	-	1	-	-	1	1	-	-	-	2
<i>Spermacoce stachydea</i>	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-
<i>Sporobolus festivus</i>	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-
<i>Vicoa leptoclada</i>	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Vigna comosa</i>	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Total	1306	342	119	78	32	12	722	42	39	725	51	22

tableau 46: Contribution des espèces au stock de graines par traitement dans l'ensemble des essais

Site	Traitement	Pluviosité mm	Stock hydrique		Déficit mm
			Saison des pluies	Saison sèche	
Gazal	sans feu	947	1079	582.67	496.33
	avec feu		932.16	-	-
	culture		983.60	-	-
Midaoua	sans feu	947	1438.16	533.89	904.27
	avec feu		1626.02	328.47	1297.55
	culture		926.31	524.96	401.35
Kolofata	sans feu		1420.6	442.06	978.54
	avec feu		1435.51	-	-
	culture		951.25	638.87	312.38

tableau 47 : Stocks hydriques en 1991

Les facteurs indicatifs de la dégradation du sol pour le paysan sont la mauvaise croissance et la baisse continue de rendement des cultures. Le champ, considéré comme fatigué, est donc abandonné en jachère. Pendant les années cinquante, la durée étant supérieure à 10 ans, l'accroissement de la pression démographique et du bétail dans cette région a eu pour conséquence la baisse du temps de la jachère. Il est donc nécessaire de gérer d'une manière rationnelle les jachères dans l'espace et le temps pour satisfaire les besoins agricoles des paysans.

La culture du sorgho muskwari est importante dans la vie du paysan du nord Cameroun. Le muskwari est cultivé pendant la saison sèche froide sur les "karal" caractérisés par un pourcentage important d'argile. La croissance et le rendement du muskwari dépend de la fertilité et les réserves hydriques des "karal". Cependant, les paysans, conscients des effets néfastes de la dégradation des sols, alternent la culture avec la jachère sans toutefois maîtriser la durée optimale pour la restauration de la fertilité.

L'étude sera donc axée sur l'influence de l'âge de la jachère sur la fertilité du sol pour la culture du sorgho muskwari et du maïs.

Une fois que la durée de jachère nécessaire pour restaurer la productivité du sol est connue, il est aussi indispensable de développer les techniques de gestion, pour assurer à long terme les rendements optimaux et stables d'une part, et d'autres parts la conservation de la productivité des sols. Ce thème fera aussi partie de l'étude qui débutera en 1995.

Objectif général

L'objectif général de cette étude est d'étudier l'influence de l'âge de la jachère sur la fertilité globale du sol. On suivra les paramètres indicatifs physiques de sols, l'enracinement et le rendement optimum de cultures vivrières. Les "tests cultures" seront le sorgho muskwari sur les jachères de "karal" et le maïs sur les jachères de sols ferrugineux.

- Recherche d'une durée optimale de jachère sur le rendement de la culture après défrichement
 - a) Etudier l'influence des propriétés hydrodynamiques et physiques des parcelles en jachères de différents âges sur le maïs et le sorgho muskwari, qui est installé après défrichement.
 - b) Faire la corrélation entre l'âge d'une jachère et la fertilité du sol, et le rendement du maïs et du muskwari.
- Maintien sur le long terme de la fertilité, comparaison du système par apport de matière organique
 - a) La caractérisation de propriétés physiques et hydrodynamiques du sol dans la friche pendant la première année de la mise en culture.
 - b) Le développement de techniques d'aménagement de sols et eau pour optimiser les rendements de culture vivrières.
 - c) L'évaluation des effets de différentes techniques d'aménagement de sol sur l'amélioration des propriétés physiques et hydrodynamiques, donc la productivité de sol, et sur l'enracinement et le rendement du maïs et muskwari.

Méthodes

- Recherche d'une durée optimale de jachère sur les rendements de la culture après défrichement

Trois parcelles d'âges différents ont été choisies à Kolofata, soit :

- la parcelle cultivée fatiguée
- une jachère de 4 à 5 ans
- une jachère de 8 à 10 ans,

sur lesquelles les cultures seront entreprises, après défrichement, pendant trois ans.

Le dispositif expérimental est un bloc complet randomisé avec trois traitements et trois répétitions.

Sur les "karal":

- t1: brulis
- t2: brulis et labour (0-10 cm)

- t3: brulis et labour (0-20 cm)

La culture test est le sorgho muskwari.

- Maintien sur le long terme de la fertilité

Notre approche est basée sur l'amélioration de techniques de labour et l'utilisation de la matière organique sur les champs, avec un intérêt particulier sur la qualité et la quantité de la matière organique. En effet pendant une enquête faite sur les techniques d'aménagement de sols par les paysans, certains ont révélé que l'application de la matière organique sur les champs pouvait causer parfois les maladies sur les racines et les tiges, et ainsi une baisse de rendement.

Les essais seront effectués sur une jachère de 5 à 6 ans défrichée et cultivée pendant une période de trois ans à Karewa.

Le dispositif expérimental: bloc complet randomisé avec quatre traitements et trois répétitions.

- t1: labour minimum
- t2: labour (0-20 cm)
- t3: l'épandage de la paille du maïs 2-3 t/ha sur la parcelle après la récolte en octobre pour une éventuelle décomposition par les termites, suivie par le labour en juin.
- t4: l'épandage du fumier 2-3 t/ha sur la parcelle en Avril, suivie par le labour en juin.

La culture test est le maïs.

- Données collectées

a) Caractéristiques chimiques, physiques et hydrodynamiques de trois horizons du sol avant et à la fin des essais.

b) Humidité pondérale hebdomadaire; dans les horizons: 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 cm du sol.

c) Taux de la croissance hebdomadaire.

d) Enracinement du sorgho muskwari et le maïs au moment de la floraison ; profondeur d'enracinement et la densité racinaire dans les différents horizons.

e) Dynamique des adventices pendant le cycle cultural du muskwari et le maïs.

f) Rendement du sorgho muskwari et maïs.

Les résultats nous permettront à évaluer le temps de jachère optimum pour la restauration de la productivité du sol, d'une part, et d'autre part d'apprécier l'intérêt de techniques culturaux pour la conservation de la productivité du sol.

5.2.3.2. Modélisation du bilan organique

Divers correspondances avec T.S.B.F. (Nairobi, Kenya) et l'Université de Fort Collins (Colorado, U.S.A.) ont permis de constituer une bibliographie concernant le logiciel CENTURY qui semble être un modèle se rapprochant assez bien de nos préoccupations. Celui-ci a donc été commandé.

Il permettra de "modéliser" la dynamique de la M.O., ainsi que la production des plantes par la simulation des cycles des éléments C, N, P et S dans le système plante-sol et de l'écoulement de l'eau. Il peut être utilisé pour différents climats et types de cultures, sur plusieurs années permettant ainsi une évaluation de la dégradation de la fertilité des sols.

Des données concernant l'identification des sites d'études sur lesquels il sera utilisé sont indispensables pour initialiser ce modèle pour nos propres situations :

- Concernant le site :
 - Nbre d'éléments choisis (C, N, P, S)
 - pH du sol
 - Précipitations mensuelles
 - Granulométrie
 - T° mini. et maxi. mensuelle
 - Saison de croissance des herbes
 - Saison de croissance de la culture
 - Saison des arbres

- Concernant utilisation du sol :
 - Herbe (brûlée, broutée, défens)
 - Feu de brousse (année, mois)
 - Calendrier des fertilisations et quantités
 - Addition de paille et résidu
 - Caractéristique culture-jachère
 - Caractéristiques labour
 - Caractéristiques forêt (dessouchage, biomasse)
- Calibration/Validation données :
 - C, N, P totaux
 - Azote et nitrates extractibles
 - Biomasse microbienne
 - Productivité annuelle de la culture
 - Composants de rendement
 - Biomasse (racinaire, litière...)

Certaines de ces données pourront être calculées d'autres seront évaluées à partir de données correspondant à des situations analogues. Le modèle sera dans un premier temps utilisé pour le site de Ouro labo.

5.3. *Etude expérimentale de l'influence du feu sur de jeunes jachères au Mali (Fadiala Dembele, Harouna Yossi)*

La zone d'étude se situe sur le Plateau Mandingue à 200 km au Nord Ouest de Bamako. Les activités se déroulent sur le terroir de Missira, situé dans la zone de transition de la Réserve de Biosphère de la Boucle du Baoulé.

Les objectifs du projet au Mali sont:

- d'évaluer les effets du feu sur les premiers stades d'évolution de la végétation et du sol suite à l'abandon cultural;
- de comparer les effets de diverses pratiques afin de dégager éventuellement des propositions techniques pour les paysans.

Les travaux ont démarré en 1992 avant le financement CCE en 1994. Il a été mis en place deux essais (avec trois traitements, sans feu, feu précoce et feu tardif en 5 répétitions avec des parcelles unitaires de 20 X 30 m) dans chacune des deux principales unités faisant l'objet d'utilisation agricole dans le terroir de Missira : les plaines sur matériaux limoneux fins et les plaines sur matériaux limono-sableux. Dans chaque site, l'un des essais est protégé intégralement de l'influence du pâturage et de l'exploitation par l'homme et l'autre ne fait l'objet d'aucune restriction d'exploitation.

Les mesures et observations pour l'évaluation des modifications induites par les pratiques de feu sur l'évolution de la végétation et du sol des jachères avec ou sans protection s'effectuent tous les ans. Les paramètres ainsi que les méthodes de collecte des données ont été exposés en détail dans le rapport d'activités du Projet (Projet IER/ORSTOM 1994). Les essais sur plaines limoneuses ont fait l'objet de 3 campagnes de mesures et observation (1992 date de mise en place des essais, 1993 et 1994). En revanche les essais sur plaines limono-sableuses ont fait l'objet de 2 campagnes (1993, date de mise en place des essais, et 1994).

Le présent rapport fait état des résultats relatifs à:

- l'étude de l'influence du feu sur le stock de graines viables du sol dans les plaines limoneuses et limono-sableuses;
- l'évaluation de l'influence du feu sur la population ligneuse, la production de la strate herbacée, la compacité du sol dans les jachères des plaines limoneuses.

5.3.1. Influence du feu sur le stock de graines viables du sol des jachères avec ou sans protection

Le terme graines viables du sol signifie dans notre contexte, les graines susceptibles de germer par rapport à celles contenues dans le sol et ne pouvant pas germer quelles que soient les conditions favorables à leur germination. Le but de l'essai est de rechercher l'influence du feu sur le stock de graines dans le sol et de déterminer la relation entre le stock de graines initial et l'évolution de la diversité floristique de la jachère. Ce stock influe en effet sur la composition floristique initiale et la succession post-culturelle.

5.3.1.1. Matériels et méthodes

L'influence du feu sur le stock de graines viables du sol a été étudié dans tous les essais (protégé et non protégé) et dans tous les sites. Pour ce faire il a été mis en place 4 sous-essais. Pour chaque sous-essai, il a été adopté un dispositif polyfactoriel à randomisation totale. Les facteurs étudiés sont le feu à 3 variantes (sans feu, feu précoce et feu tardif) et l'épaisseur du sol à 3 niveaux (0-5, 5-10 et 10-15 cm). Sur la base de combinaisons des niveaux des facteurs étudiés, il y a 9 traitements en 5 répétitions soit au total 45 parcelles unitaires constituées par des germoirs en plastique, par sous-essai.

Le stock a été étudié sur la base d'échantillons de sol prélevés sur une surface de 30 x 30 cm et d'une épaisseur de 5 cm dans le sol. Chaque prélèvement constitue une répétition et l'emplacement des sites de prélèvement a été choisi de façon aléatoire dans les parcelles élémentaires de 20 x 30 m soumises aux 3 traitements de feu (sans feu, feu précoce et feu tardif) dans tous les essais et au niveau des deux sites. Les échantillons de sols prélevés ont été mis dans les germoirs et périodiquement arrosés pour favoriser la germination (Donfack, 1992). En plaçant ainsi les graines dans un environnement humide et en veillant à ce que la lumière, ou la température ne soit pas limitante, on pense faire germer une bonne partie du stock. Les arrosages journaliers réguliers sont pratiqués en fonction de l'humidité des échantillons pendant toute la saison de pluies.

Les observations consistent à compter le nombre de graines germées. Ainsi à chaque phase de germination, on procède au comptage dès que les plantules atteignent un stade identifiable. Ce comptage est suivi d'un arrosage. La terre est remuée et les arrosages se poursuivent. A la fin de la saison des pluies, les arrosages sont suspendus jusqu'à la prochaine saison. Les germoirs sont couverts pour ne pas subir des influences extérieures (apport de graines).

Le nombre de graines germées par traitement a fait l'objet d'une analyse de variance suivie selon les cas par une comparaison de moyenne par la méthode du test de Newman Keuls.

5.3.1.2. Résultats après une campagne de d'observations

Plaine limoneuse

Le nombre de graines "viables" du sol des jachères avec ou sans protection en fonction des pratiques de feu est consigné dans le tableau 48 et les calculs d'analyse de variance ont permis de montrer que:

- la profondeur du sol influe sur le stock de graines viables du sol des jachères non protégées.
- l'interaction entre pratiques de feu et profondeur de sol influe sur le stock de graines viables du sol des jachères protégées ;

Traitement	Profondeur desol	Essai avec protection	Essai sans protection
Sans feu	0-5 cm	123556	254000
	5-10 cm	8889	15778
	10-15 cm	667	1556
Feu précoce	0-5 cm	99778	175778
	5-10 cm	8444	9778
	10-15 cm	889	1111
Feu tardif	0-5 cm	68444	132889
	5-10 cm	8667	9333
	10-15 cm	889	1333
Moyenne générale		16000	41431
Coefficient de variat.(C.V)		15,7 %	178,5 %
Facteur feu		H.S	N.S
Facteur profondeur du solépaisseur		H.S	H.S
Interaction feu/profondeur de sol		H.S	N.S

tableau 48: Influence du feu sur le nombre de graines germées par m² en fonction de l'épaisseur du sol dans une jachère sur sols limoneux (H.S. = différence hautement significative , N.S. = différence non significative)

• Influence de la profondeur sur le stock de graines viables du sol

La figure 53 illustre l'influence de la profondeur du sol sur le stock de graines viables du sol dans une jachère non protégée. Après application du test de Newman-Keuls 3 groupes homogènes de profondeur se distinguent quant à leur action sur le stock de graines viables du sol. Il s'agit de :

- groupe 1 : 0 à 5 cm de profondeur;
- groupe 2 : 5 à 10 cm de profondeur;
- groupe 3 : 10 à 15 cm de profondeur.

Ces résultats montrent que la majorité des graines viables du sol est contenue dans la couche 0-5 cm du sol. Au delà de 10 cm de profondeur le nombre de graines viables du sol paraît

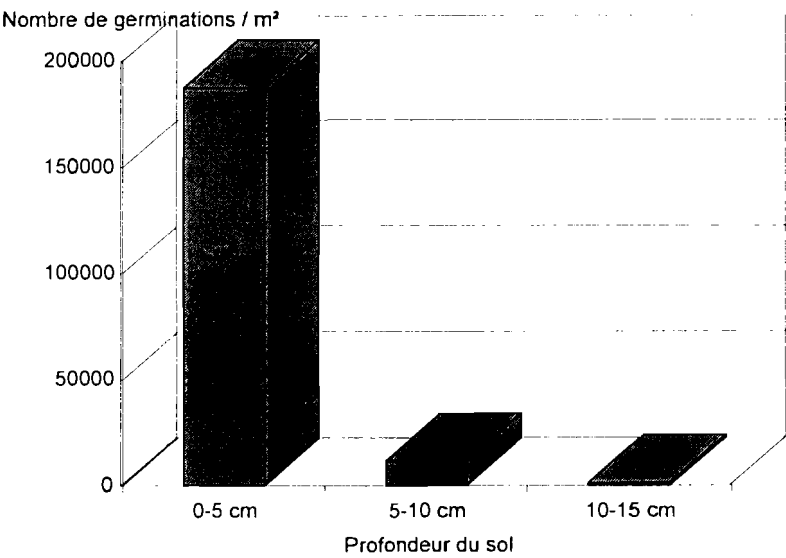


figure 53 : Influence de la profondeur sur le stock de graines « viables » du sol dans une jachère non protégée sur plaine limoneuse négligeable.

• Influence du feu et de la profondeur de prélèvement sur le stock de graines viables du sol

La figure 54 présente l'influence du feu sur le stock de graines viables en fonction de la profondeur du sol dans les plaines limoneuses en condition protégée. Après application du test de Newman-Keuls il apparait que :

- l'effet du feu sur le stock de graines viables du sol se fait sentir seulement dans la couche 0-5 cm du sol. Ainsi le feu tardif est le plus nocif sur le stock de graines viables du sol, il est suivi par le feu précoce ;
- au delà de 5 cm de profondeur, les effets des différentes pratiques de feu sur le stock de graines viables du sol sont équivalents.

Dans tous les cas le stock de graines viables du sol est plus élevé dans les parcelles non protégées contre les perturbations extérieures en raison des apports extérieurs de graines par les animaux à la recherche de fourrage et en raison du vent.

Plaine limono-sableuse

Le nombre de graines viables du sol des jachères avec ou sans protection est consigné dans le tableau 49 et les calculs d'analyse de variance ont permis de montrer que l'interaction entre pratiques de feu et profondeur du sol influe sur le stock de graines viables du sol des jachères quelle que soit la condition de protection. La figure 55 illustre cette influence. Après application du test de Newman-Keuls, il apparaît que les effets de cette interaction sont semblables à celles observées dans les jachères protégées dans les plaines limoneuses. Il apparaît que :

- l'effet du feu sur le stock de graines viables du sol se fait sentir seulement dans la couche 0-5 cm du sol. Ainsi le feu tardif est le plus nocif sur le stock de graines viables du sol ; il est suivi par le feu précoce ;
- au delà de 5 cm de profondeur, les effets des différentes pratiques de feu sur le stock de graines viables du sol sont équivalents.

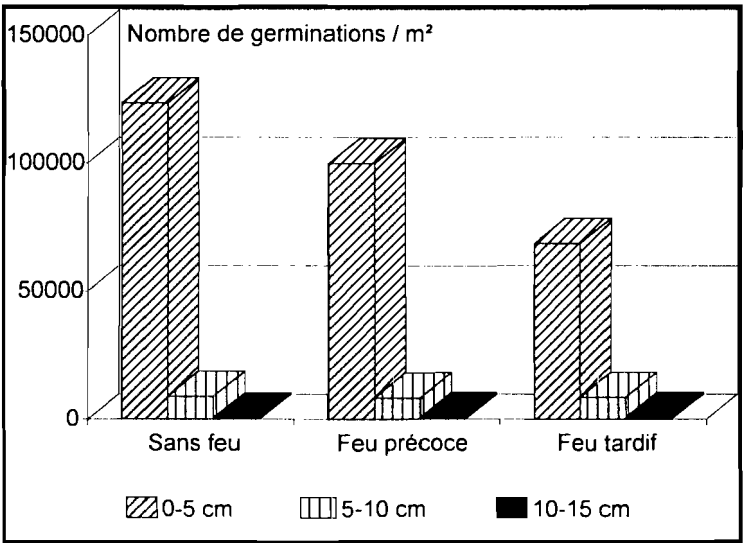


figure 54 : Influence du feu sur le stock de graines « viables » en fonction de la profondeur du sol dans une jachère protégée sur plaine limoneuse

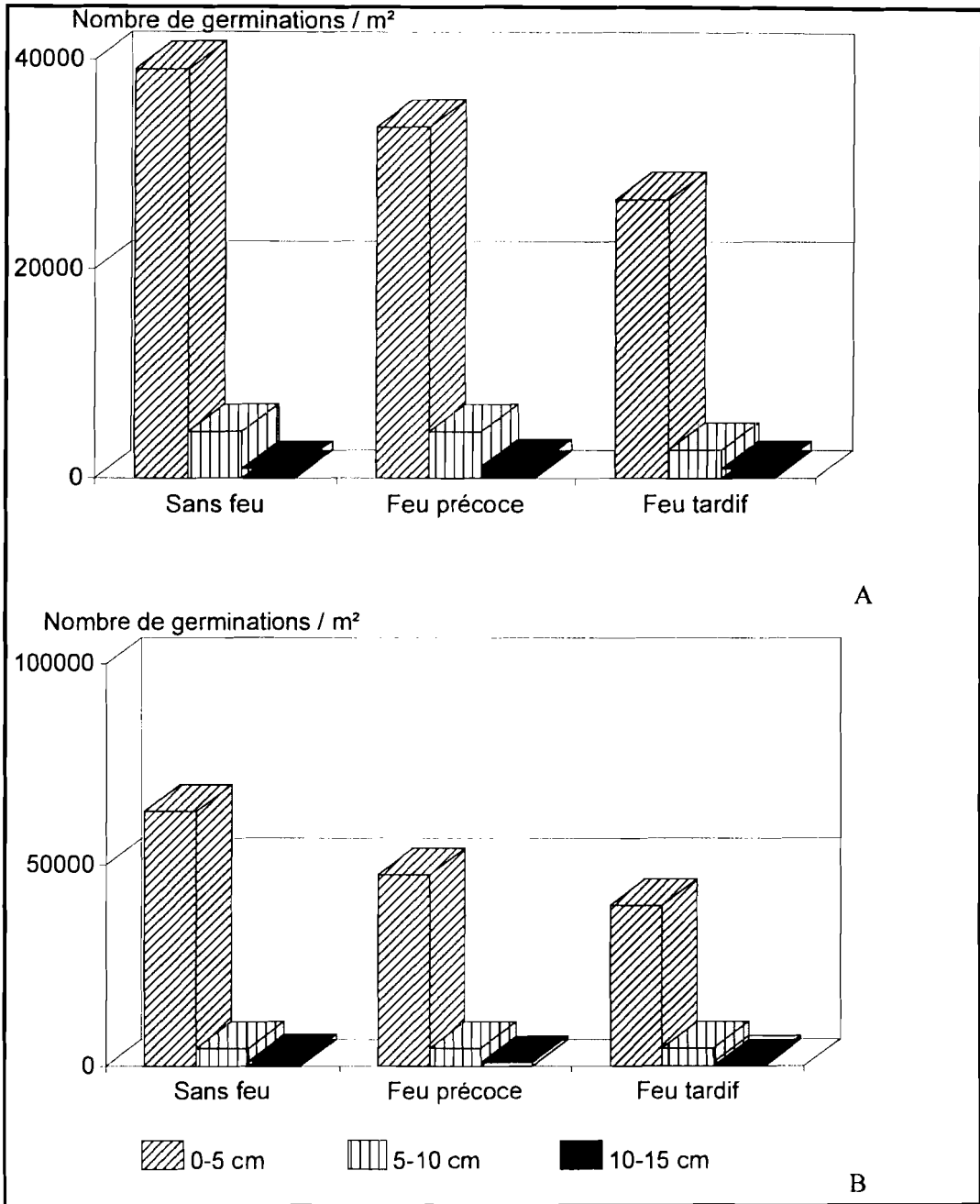


figure 55 : Influence du feu sur le stock de graines « viables » en fonction de la profondeur du sol pour les expérimentations protégées (A) et non protégées (B) sur sols limono-sableux.

Traitement	Profondeur desol	Essai avec protection	Essai sans protection
Sans feu	0-5 cm	39111	63333
	5-10 cm	4444	4444
	10-15 cm	889	1333
Feu précoce	0-5 cm	33556	47556
	5-10 cm	4444	4444
	10-15 cm	1111	889
Feu tardif	0-5 cm	26667	40000
	5-10 cm	2667	4444
	10-15 cm	889	889
Moyenne générale		5678	8767
Coefficient de variat.(C.V)		14.3%	6.5%
Facteur feu		H.S	N.S
Facteur profondeur du solépaisseur		H.S	H.S
Interaction feu/profondeur de sol		H.S	N.S

tableau 49 : Influence du feu sur le nombre de graines germées par m² en fonction de l'épaisseur du sol dans une jachère sur sols limono-sableux (H.S. = différence hautement significative ; N.S. = différence non significative)

Comme dans les plaines limoneuses, le stock de graines viables du sol est plus élevé dans les parcelles non protégées contre les perturbations extérieures.

L'influence du feu sur la contribution des principales espèces au stock de graines viables du sol est illustrée ici par la figure 56 représentant la contribution des principales espèces herbacées au stock de graines "viables" du sol des jachères des plaines limoneuses. Après observation et analyse, on remarque une ressemblance entre la contribution des principales espèces au stock pour les différents traitements aussi bien dans l'essai protégé que non protégé. Cependant au niveau de chaque essai, on note une différence très marquée entre les différents traitements:

- avec protection *Pennisetum pedicellatum* domine en absence de feu, *Spermacoce stachydea* dans les parcelles soumises au feu précoce et *Andropogon pseudapricus* dans celles soumises au feu tardif.
- en absence de protection *Spermacoce stachydea* domine dans tous les traitements. *Pennisetum pedicellatum* regresse en nombre dans les parcelles mises en feu, tandis que *Andropogon pseudapricus* augmente en nombre en fonction des dates de mise à feu (14 % dans le feu précoce et 31 % dans le feu tardif).

La physionomie actuelle de la strate herbacée dans les parcelles d'essais, est à l'image de la composition du stock de graines "viables" du sol.

5.3.1.3. Conclusion

A l'issue de cette première campagne d'observations, il apparait que l'action du feu sur le stock de graines viables du sol se limite à la couche 0-5 cm du sol qui, par ailleurs, contient la majorité des graines du sol (Donfack 1993). Le feu tardif est le plus nocif pour le stock de graines viables du sol. Les parcelles non protégées contre les perturbations extérieures contiennent plus de graines viables du sol que celles faisant l'objet de protection. Sur les plaines limoneuses, *Spermacoce stachydea* *Andropogon pseudapricus* sont stimulées par le feu. En effet ce sont des espèces qui caractérisent les jachères de plus de 5 ans où sévissent annuellement les feux (Yossi et Dembélé 1993). En revanche, *Pennisetum pedicellatum* ne résiste pas au feu de brousse. C'est une espèce caractéristique des jachères de moins de 5 ans situées dans la zone des champs de case rarement brûlée. Par ailleurs dans les jachères des champs de brousse, l'espèce préfère l'ombrage des arbres et arbustes expliquant ainsi son affinité avec les milieux humides (Bremant et Cissé 1977). Ces essais seront suivis sur un plus long terme. Par ailleurs, des graines des espèces principales sont actuellement récoltées pour une étude expérimentale sur leur résistance au feu (Montpellier).

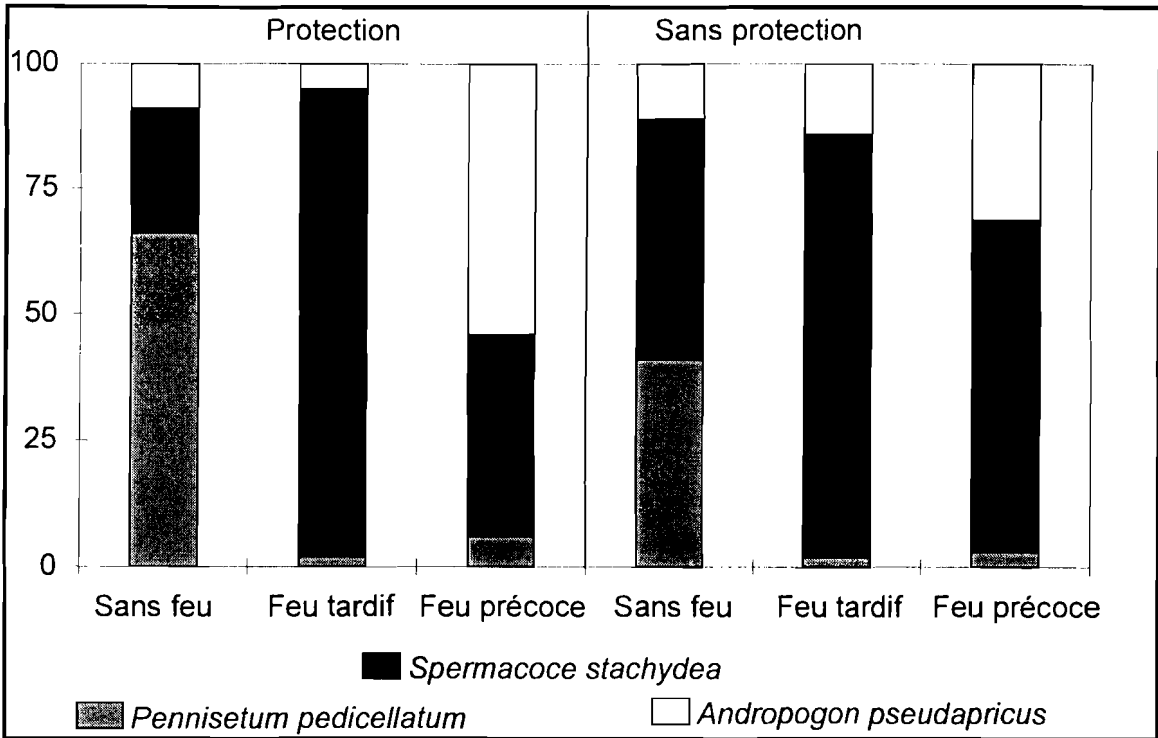


Figure 56 : Influence du feu sur la contribution (%) des principales espèces au nombre total de graines viables du sol

5.3.2. Influence du feu sur la démographie de la population ligneuse

Il s'agit d'évaluer les modifications quantitatives de l'évolution de la végétation (densité, structure en classe de circonférence, régénération, taux de mortalité) induites par les pratiques de feu sur les jeunes jachères, avec ou sans protection contre le pâturage, dans les plaines limoneuses.

5.3.2.1. Matériels et méthodes

L'étude a été réalisée dans toutes les parcelles élémentaires pour chaque essai et au niveau de tous les sites. Dans chaque parcelle, tous les individus ligneux de circonférence à la base (C0,0) supérieure ou égale à 5 cm ont fait l'objet de mesures de circonférence à la base, à hauteur d'homme (C1,30 cm) et de hauteur totale, suivi d'un comptage systématique du nombre de brins ou rejets ayant une circonférence basale inférieure à 5 cm considérés comme régénérations (Dembélé 1992, Diarra et Tébéro 1993, Donfack 1993). Toutes les tiges mortes ont fait l'objet de comptages systématiques. Le mode d'installation a été également noté (brins issus de germination ou drageon (G) ou de rejet de souche (R)) pour tous les individus inventoriés. Les mesures de circonférence et de hauteur ont été faites respectivement à l'aide d'un ruban et d'une perche de 5 m graduée tous les 50 cm.

5.3.2.2. Résultats

Les résultats présentés ici portent sur les données récoltées en 1992 et 1993 dans les essais des plaines limoneuses.

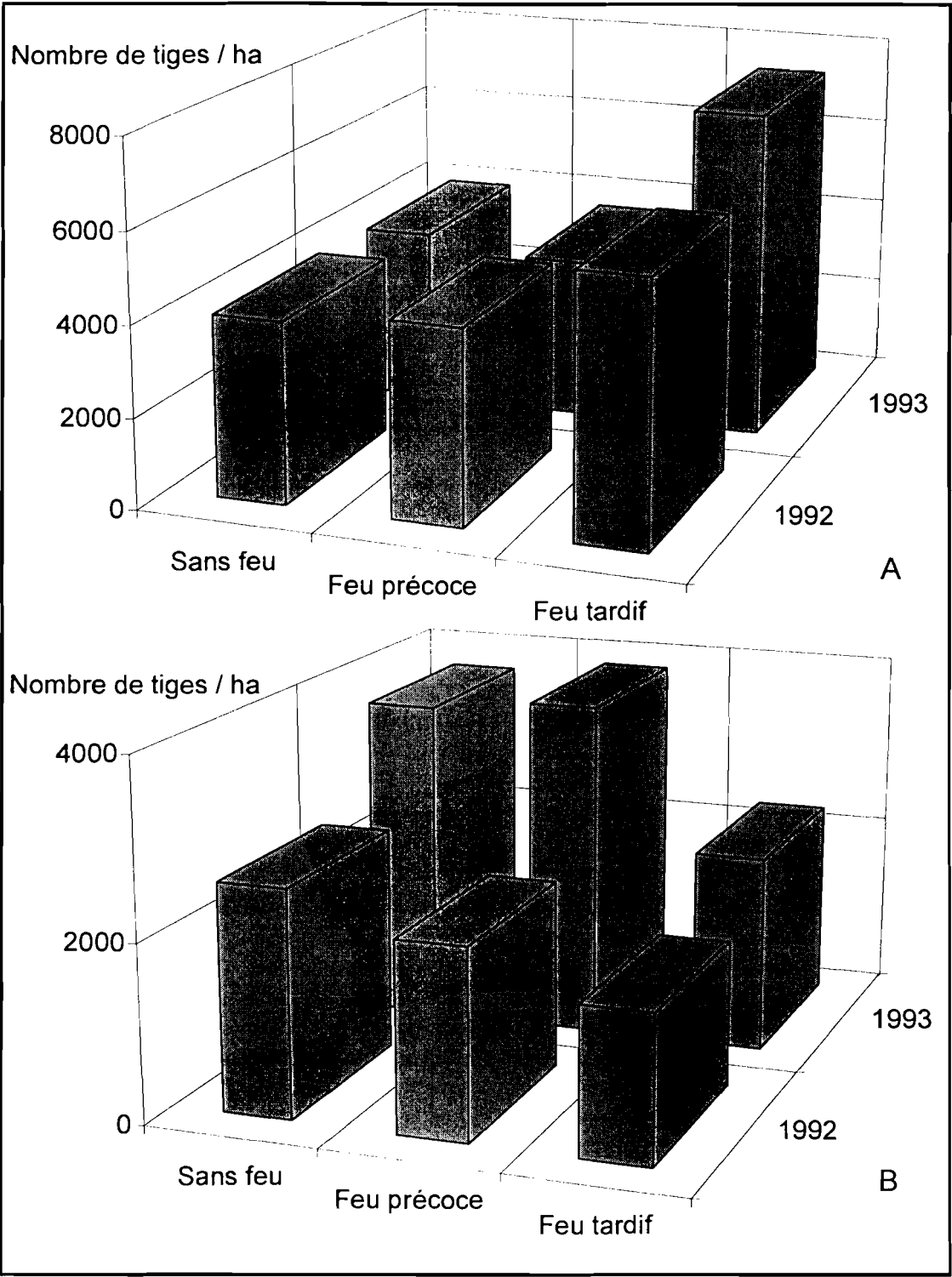


figure 57 : Influence du feu sur l'évolution de la densité de la régénération des ligneux d'une jachère protégée (A) et non protégée (B) sur plaine limoneuse

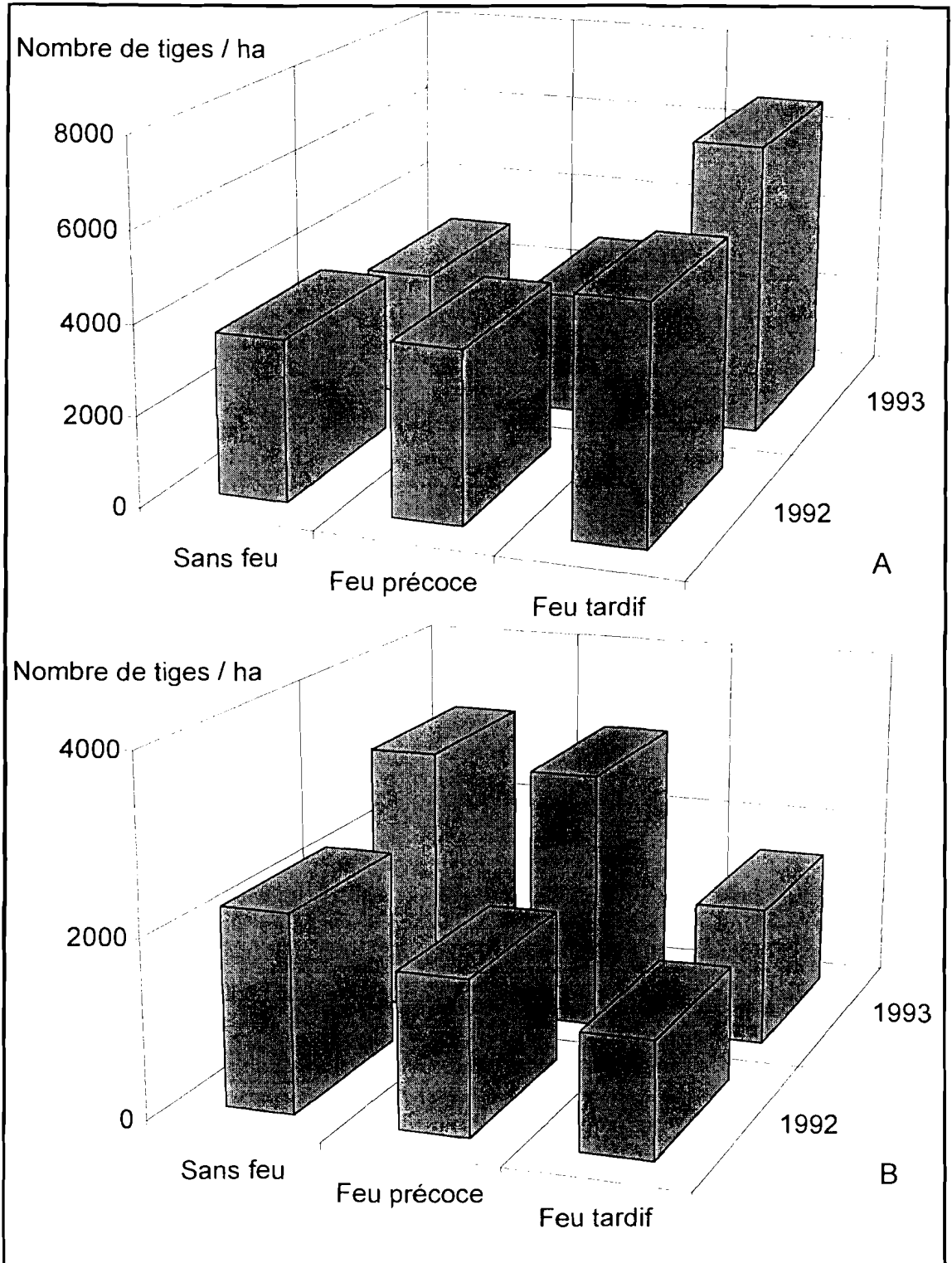


figure 58 : Influence du feu sur l'évolution de la régénération des ligneux par souche dans une jachère protégée (A) et non protégée (B) sur plaine limoneuse

Densité de la régénération

Le nombre de tiges dont la circonférence à la base est inférieure à 5 cm (considérée comme régénération) par traitement, a été rapporté à l'hectare. La figure 57 illustre l'influence du feu sur l'évolution de la densité de la régénération des ligneux. La densité de la régénération diminue au cours du temps dans les parcelles protégées soustraites au feu et celle soumises au feu précoce. Elle augmente dans les parcelles soumises au feu tardif. Dans les parcelles non protégées contre le pâturage, la densité de la régénération augmente au cours du temps quelle que soit la pratique de feu. Cependant la pratique du feu précoce stimule la régénération plus que le feu tardif et l'absence de feu. Si, globalement, la mise à feu des jachères stimule la régénération des ligneux, des différences subsistent entre ses effets sur les modes de régénération (germination ou drageons, rejets de souche).

Mode de régénération par souche

La figure 58 montre l'évolution de la régénération par souche des ligneux au cours du temps. L'évolution de la régénération par souche est similaire à celle de la régénération totale. Elle se traduit dans les parcelles protégées, par une diminution de la densité au cours du temps avec dans les parcelles soustraites au feu et celles soumises au feu précoce contrairement au feu tardif. Par contre en absence de protection, la densité de la régénération par souche augmente au cours du temps dans tous les traitements (sans feu, feu précoce et feu tardif). Cette augmentation de densité de la régénération par souche est remarquable dans les parcelles soumises au feu précoce. **La régénération par souche est favorisée par la pratique du feu précoce et par le pâturage**

Mode de régénération par graine

La figure 59 montre l'influence du feu sur l'évolution de la régénération des ligneux par graine. Il ressort que la densité de la régénération par graine augmente au cours du temps, dans tous les traitements, quelle que soit la condition de protection. Cependant dans les parcelles protégées, cette augmentation est beaucoup plus élevée dans les parcelles soustraites au feu, suivi de celles soumises au feu précoce, et demeure relativement faible dans les parcelles soumises au feu tardif. Dans les parcelles soumises au pâturage, l'augmentation de densité atteint son maximum avec la pratique du feu précoce. **La protection intégrale des jachères contre le feu et le pâturage favorise la régénération des ligneux par graine. En revanche en absence de protection, il faut procéder à la mise à feu précoce pour stimuler la régénération des ligneux par graine.**

Contribution des principales espèces à la régénération

La figure 60 représente la contribution des principales espèces ligneuses à la régénération. Quelle que soit la condition de protection, la régénération reste fortement dominée par l'espèce *Combretum fragrans* dans tous les traitements. Cependant dans les parcelles protégées du pâturage, la proportion de *Combretum fragrans* diminue au cours du temps dans les parcelles soustraites au feu et celles soumises au feu précoce au profit de *Dichrostachys cinerea*. Dans les parcelles soumises au pâturage, ce n'est que dans les parcelles soumises au feu tardif qu'on observe une diminution notable de la contribution de l'espèce *Combretum fragrans*, au cours du temps. Par ailleurs, on remarque une augmentation de la contribution *Dichrostachys cinerea* en deuxième année de jachère, dans toutes les parcelles quel que soit la pratique de feu. *Piliostigma reticulatum* est aussi présent dans ces parcelles soumises au pâturage quelle que soit la pratique de feu.

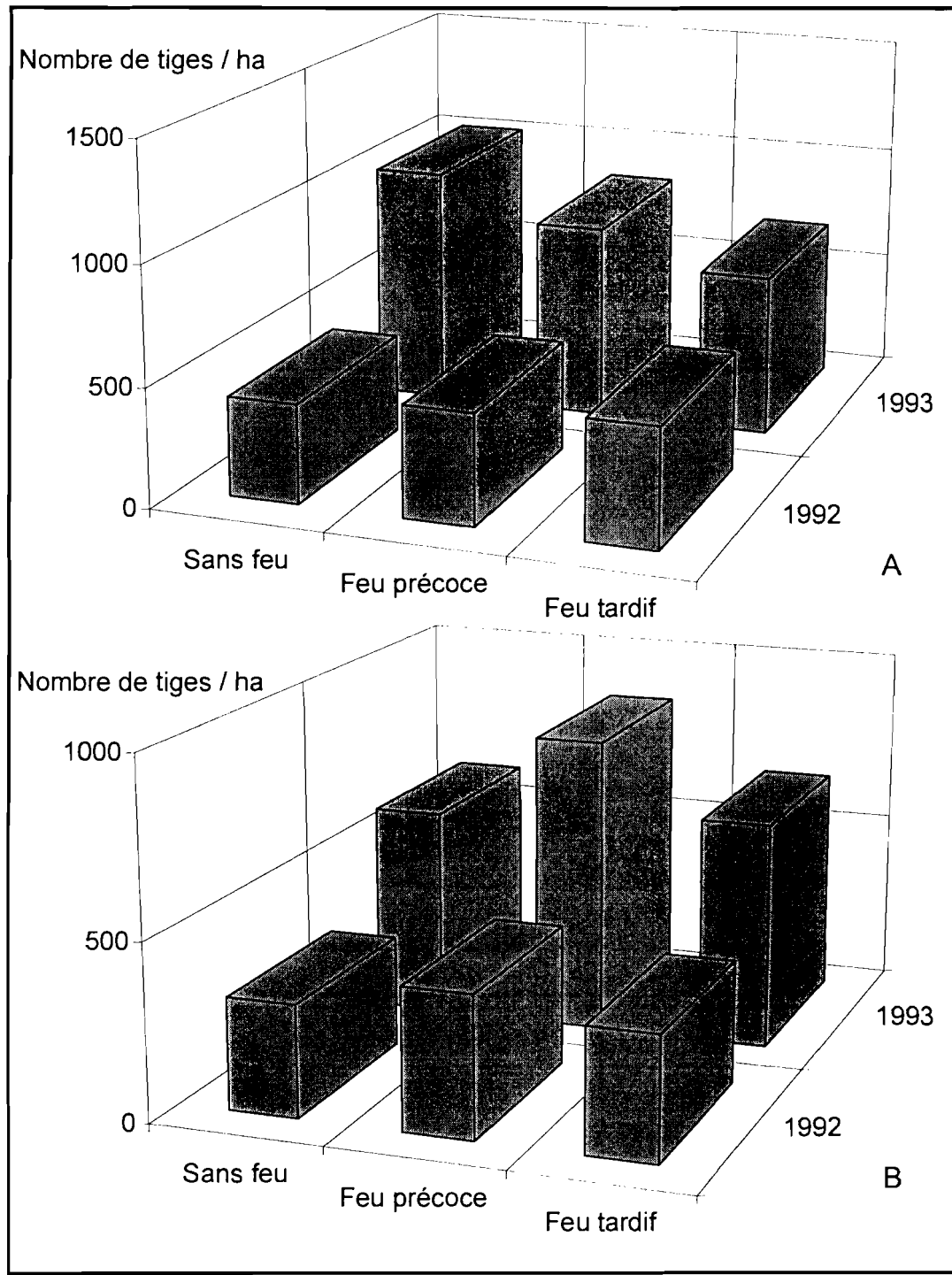


figure 59 : Influence du feu sur l'évolution de la régénération des ligneux par germination dans une jachère protégée (A) et non protégée (B) sur plaine limoneuse.

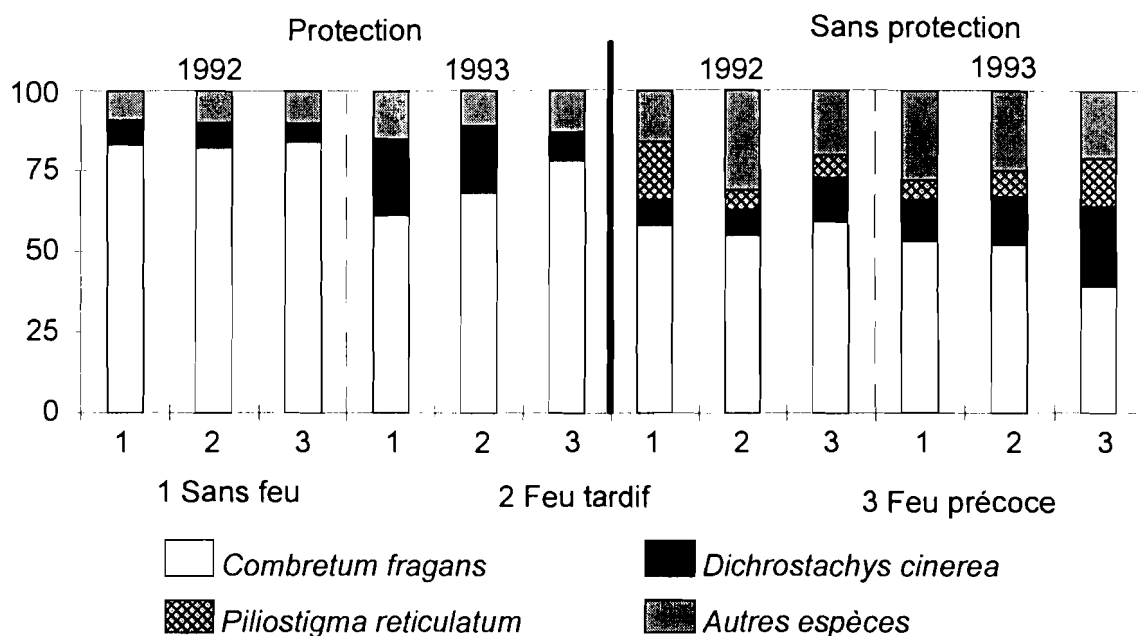


figure 60 : Influence du feu sur la contribution (%) des espèces ligneuses à la régénération dans une jachère sur sols limoneux.

Densité totale des ligneux

Le nombre de tiges recensées par parcelles unitaire et par traitement a été rapporté à l'hectare. Le tableau 50 montre l'influence du feu sur l'évolution de la densité totale des ligneux au cours du temps. La densité totale des ligneux augmente au cours du temps (de 1992 à 1993) dans toutes les parcelles quelle que soit la pratique de feu et la condition de protection. Cependant cette augmentation de densité des ligneux est plus marquée dans les parcelles soumises au pâturage (non protégées) quel que soit la pratique de feu. A deux ans d'abandon cultural dans les parcelles protégées contre le pâturage, la densité totale des ligneux est plus élevée dans les parcelles soumises au feu tardif. **Les perturbations (pâturage et feu) favorisent l'enrichissement des jachères en ligneux.**

	Protection		Sans protection	
	1992	1993	1992	1993
Sans feu	4600 10 %	5866 11 %	2850 8 %	4800 11 %
Feu précoce	4900 8 %	5133 17 %	2400 9 %	4500 12 %
Feu tardif	6533 9 %	9950 28 %	1900 8 %	3083 9 %

tableau 50: Influence du feu sur la densité (à l'hectare) et le taux de mortalité (%) des ligneux dans une jachère sur plaine limoneuse.

Distribution des tiges ligneuses en classes de circonférence

Le tableau 51 montrent la répartition des tiges ligneuses dans les classes de circonférence à la base. Les résultats montrent qu'après deux ans de jachère, la presque totalité des tiges ligneuses sont recensées dans la plus petite classe de circonférence (0-5 cm) quels que soit le traitement et la condition de protection. Par ailleurs le passage des tiges de cette classe aux classes de circonférences supérieures, est beaucoup plus rapide dans les parcelles soustraites au pâturage. Après deux ans d'abandon cultural, les tiges ligneuses ayant une circonférence à la base comprise entre 5 et 15 cm sont plus nombreuses dans les parcelles soustraites au pâturage. Il en est de même pour les classes de circonférence supérieures. **Le pâturage retarde le développement de la strate ligneuse**

Essais	Classe circonf. cm	1992			1993		
		Sans feu	Feu précoce	Feu tardif	Sans feu	Feu précoce	Feu tardif
Essai avec protection	0-5	400(460)	4283(392)	5733(588)	3916(633)	3600(883)	7333(2233)
	5-15	600	617	783	1867	1450	2533(417)
	15-25	-	-	17	83	83	67
	25-35	-	-	-	-	-	-
Essai sans protection	0-5	2250(228)	2133(216)	1650(152)	3700(533)	3833(300)	2233(550)
	5-15	300	267	217	1067	650	800
	15-25	-	-	33	33	17	50
	25-35	-	-	-	-	-	-

tableau 51: Densité des tiges de ligneux (à l'hectare par classe de circonférence) en fonction des traitements (entre parenthèses, la densité de tiges mortes à l'hectare).

Le taux de mortalité

Le tableau 50 montre l'influence du feu sur l'évolution du taux de mortalité des ligneux. En 1992, on note un taux de mortalité relativement faible dans tous les traitements aussi bien en condition protégée que non protégée (taux de mortalité compris entre 8 et 10%).

Par contre en 1993, ce taux devient plus élevé dans les parcelles protégées soumises au feu tardif et au feu précoce (respectivement 28% et 17%), contrairement aux parcelles non brûlées où il demeure faible. Par ailleurs dans les parcelles soumises au pâturage, le taux de mortalité reste faible et stable (9 à 12% au maximum).

Distribution des tiges mortes par classe de circonférence

La distribution des tiges mortes dans les classes de circonférence à la base est illustrée par le tableau 51. On note une localisation exclusive des tiges mortes dans la classe 0-5 cm pour tous les traitements dans les parcelles non protégées (soumises au pâturage) aussi bien en 1992 qu'en 1993. Dans les parcelles mises en défens, on rencontre des morts dans la classe 5-15 cm en 1993 et cela uniquement dans les parcelles soumises au feu tardif.

5.3.2.3. Conclusion

Les effets conjugués du feu et du pâturage sur la démographie de la population ligneuse se traduisent par une prolifération de la régénération par souche, qui, par ailleurs a une espérance de vie faible. La mise en défens des jeunes jachères favorise la régénération par graine et le développement de la strate ligneuse.

5.3.3. Influence du feu sur l'évolution de la biomasse herbacée

Il s'agit d'évaluer les modifications induites par les différentes pratiques de feu sur l'évolution de la biomasse herbacée dans une jeune jachère soumise ou non au pâturage.

5.3.3.1. Matériels et méthodes

Il a été adopté la méthode des placeaux pour la détermination de la biomasse sèche produite, exprimée en tonne par hectare. Cette méthode a consisté à choisir dans les parcelles élémentaires de 20 x 30 m, 5 placeaux de 1 m² à l'intérieur desquels, la biomasse herbacée sur pied est coupée, pesée en vert puis séchée et pesée en sec. A cet effet nous avons choisi au hasard 2 blocs sur 5 dans chaque essai. A l'intérieur de chaque parcelle élémentaire des blocs retenus, la détermination de l'emplacement des placeaux a été fait selon un échantillonnage systématique.

Le traitement des données a porté sur la production de la biomasse sèche exprimée en tonne par hectare. De ce fait, il a été calculé pour chaque traitement une moyenne sur la base de la somme cumulée des 10 placeaux (en raison de 5 placeaux par parcelle élémentaire). Puis cette biomasse a été exprimée à l'hectare.

5.3.3.2. Résultats

La tableau 52 illustre l'influence du feu sur l'évolution de la production en biomasse de la strate herbacée dans les plaines limoneuses. L'évolution de la biomasse herbacée se traduit par une faible

production dans tous les essais quelque soit les traitements à la première année de mesure (1992). Par contre elle est beaucoup plus élevée en deuxième année d'abandon dans tous les essais, mais reste plus importante dans les parcelles soustraites au pâturage où elle a été multiplié par 2 voire même par 3 et cela quelle que soit la pratique de feu. Cependant l'augmentation de biomasse au cours du temps est plus notable dans les parcelles soumises au feu tardif et protégées contre les perturbations.

	Protection		Sans protection	
	1992	1993	1992	1993
Sans feu	1.96	4.8	1.96	3.2
Feu précoce	1.95	5.6	1.97	2.9
Feu tardif	1.97	6.5	1.96	3.15

tableau S2: Biomasse herbacée (t/ha) en fonction des différents traitements

5.3.3.3. Conclusion

La protection intégrale des jeunes jachères favorise la production de biomasse de la strate herbacée. Par ailleurs, le pâturage intensif entraînant la réduction de la couverture végétale du sol, peut avoir des conséquences graves sur la structure du sol des plaines limoneuses, se traduisant par l'apparition de croûtes de battance.

5.3.4. Influence du feu sur la compacité des sols

Il s'agit d'évaluer les modifications induites par les différentes pratiques de feu sur l'une des propriétés physiques du sol qu'est sa compacité.

5.3.4.1. Matériels et méthodes

La mesure de compacité a été réalisée dans les parcelles d'essai des plaines limoneuses, , à l'aide d'une baguette métallique que l'on enfonce dans le sol. La baguette comporte une manche en bois de 15 cm de long pour faciliter le maniement du matériel et une tige métallique d'environ 80 cm à terminaison pointue facilitant sa pénétration dans le sol.

Il a été retenu 20 points d'échantillonnage repartis en groupe de 4 points par ligne, soit au total 8 lignes espacées de 5 m et parallèles à la largeur de la parcelle élémentaire dont les dimensions sont de 20 x 30 m. Ainsi à chaque point d'échantillonnage nous appliquons à la baguette par le biais de la manche, une force relativement importante bien qu'indéterminée, à l'aide de la main gauche, jusqu'à ce que la baguette ne s'enfonce plus. Le niveau (ou profondeur) de pénétration de la baguette est ensuite mesuré à l'aide d'une règle graduée.

Pour mieux cerner l'impact du feu sur la compacité du sol ces mesures de pénétrométrie ont été réalisées 24 heures après une pluie de 24 mm et 30 mm respectivement pour l'année 1992 et 1993.

Le critère d'observation est la profondeur moyenne (en centimètre) de pénétration de la baguette dans le sol. Elle a été calculée sur la base des 20 échantillons au niveau de chaque parcelle élémentaire pour tous les traitements et dans tous les essais. Elle a fait l'objet d'une analyse de variance suivie selon le cas par une comparaison de moyenne selon le test de Newmann et Keuls.

5.3.4.2. Résultats

La profondeur moyenne de pénétration de la baguette dans le sol des jachères des plaines limoneuse avec ou sans protection contre le pâturage et en fonction des pratiques de feu est consignée dans le tableau 53. Les calculs d'analyse de variance ont permis de mettre en évidence que la pratique de feu influe sur l'évolution de la compacité du sol quelle que soit la condition de protection. D'après le test de Newmans-Keul, les traitements présentent des profondeurs de pénétration dans l'ordre croissant suivant : sans feu > feu précoce > feu tardif (en 1993 que ce soit avec protection ou sans protection.

Donc, après deux ans d'abandon cultural, les effets du feu tardif rendent le sol plus compact, se traduisant ici par une réduction de la profondeur de pénétration de la baguette. A signaler que ces effets sont plus accentués dans les parcelles soumises au pâturage.

La compacité beaucoup plus élevée dans les traitements feu tardif suivi du feu précoce contrairement au sans feu où elle est relativement faible. Le pâturage accentue ce phénomène suite aux piétinements des animaux en condition non protégée.

	Essai avec protection		Essai sans protection	
	1993	1994	1993	1994
Sans feu	24	26	16	19
Feu précoce	21	22	13	14
Feu tardif	21	18	15	12
Moyenne	22.1	22.0	14	15.1
Test F	NS	HS	S	HS
CV %	9.3	4.3	6.5	4.7

tableau 53 : Compacité du sol (pénétrabilité en cm) en fonction des traitements feu dans une jachère sur sols limoneux (NS = différence non significative , S = différence significative , HS = différence hautement significative).

5.3.4.3. Conclusion

En absence de protection contre les perturbations, la pratique de feu contribue à réduire l'épaisseur de la couche meuble du sol par érosion. Cette réduction est très accentuée par la pratique du feu tardif.

5.3.5. Discussion et conclusions

Nous avons cherché à caractériser l'influence du feu et de la condition de parcours sur la dynamique de la végétation des premiers stades d'abandon cultural dans les plaines limoneuses à travers principalement : le stock de graines "viables" du sol et la structure et la dynamique de la population ligneuse.

Dans les jachères soumises au pâturage dans les plaines limoneuses, seule la profondeur de prélèvement influe sur le stock de graines viables du sol. La majorité des graines viables du sol se trouve dans la couche superficielle. En revanche dans les parcelles protégées c'est l'interaction entre profondeur de prélèvement et pratique de feu qui influe sur le stock de graines viables du sol. Il en est de même pour les jachères des plaines limono-sableuses quelle que soit la condition de protection. Dans tous les cas cette interaction se limite à la couche 0-5 cm. Au delà de cette profondeur aucune différence n'a pu être observée quel que soit la pratique du feu et la condition de protection. Par ailleurs, le stock de graines demeure plus abondant dans la couche 0-5 cm quel que soit le type feu appliqué. Donfack (1993), dans la région de Maroua au nord Cameroun (800 mm de précipitation) a montré aussi que le maximum des graines se trouvent dans l'horizon de surface (0-5 cm). Cependant le stock de graines viables est plus abondant dans les parcelles non brûlées quelle que soit la condition de protection. Le feu tardif présente un effet plus dépressif sur le stock de graines que le feu précoce.

Les plantules ayant germées sont toutes des herbacées. L'absence de ligneux semble s'expliquer par un problème d'échantillonnage (surface de prélèvement trop faible ou par des difficultés plus grandes de germination). Parmi ces herbacées, *Pennisetum pedicellatum* domine dans les parcelles non brûlées, *Spermacoce spp* dans les parcelles soumises au feu précoce et *Andropogon pseudapricus* dans les parcelles soumises au feu tardif.

Les effets conjugués de la mise à feu et du pâturage influent positivement sur l'évolution de la densité des ligneux en stimulant chez ces derniers la capacité à rejeter de souche. Mais le caractère récurrent de ces perturbations fait que les rejets ont une faible espérance de vie (mortalité élevée, rabrougissement, etc.). Le feu est responsable du maintien d'une strate buissonnante dense dans les savanes (Monnier 1968, Yossi et Floret 1991). Le résultat final est une réduction de la production ligneuse (Monnier 1968, Kaïré 1993). La protection intégrale, en revanche, stimule la régénération par graine et le développement des ligneux (Monnier *op. cit.* ; Peltier et Eyog-Matig 1993, Alexandre 1993). Par ailleurs elle favorise la production de biomasse herbacée des jeunes jachères.

Ces résultats n'expriment que des tendances, dans la mesure où ils ne portent que sur les effets de deux ans de mise à feu sur la dynamique de la végétation post-culturale de jachères jeunes après abandon cultural.

Travaux à réaliser en 1995

- Poursuite des mesures et observations pour l'étude de la végétation.
- Suivi de l'étude du stock de graines viable du sol.
- Etude du régime hydrique du sol.
- Etude de l'influence du feu sur le pouvoir germinatif de quelques espèces des jachères.
- Test, chez des paysans, de l'effet de la mise en defens des jeunes jachères sur le rendement des cultures dans le terroir de Missira.
- Dépouillement et traitement des données collectées.

6. Conclusions générales (Christian Floret)

L'année 1994 a été surtout consacrée à la mise au point des méthodes et à l'installation des dispositifs expérimentaux. Si l'on reprend les parties principales du document de projet on peut faire les remarques suivantes :

- *l'inventaire de la diversité végétale* dans les jachères est très avancé au Cameroun et une typologie assez exhaustive devrait être disponible dès l'année prochaine. En revanche la diversité de la microflore et de la faune du sol n'y a pas été abordée, faute de spécialistes et/ou d'étudiants disponibles dans ces domaines. C'est l'inverse au Sénégal où les inventaires de la végétation viennent seulement de commencer mais où, en revanche, les inventaires concernant la faune du sol (vers, termites, nématodes) et de la microflore (mycorhizes et rhizobiums) sont entrepris.
- *la détermination d'indicateurs édaphiques et biologiques pour évaluer l'état du système et ses potentialités*. Il s'agit d'analyser, en mode synchrone, certaines propriétés physiques et biologiques des sols de jachère pour évaluer l'état de dégradation de fonctionnement du système et les possibilités de sa régénération. On peut essayer de rechercher ainsi une durée « optimale » du temps de jachère. La figure 61 montre les indicateurs suivis où qu'il est prévu de suivre dans le cadre du projet. L'idée est de compléter les indicateurs classiques liés aux caractéristiques des sols (matière organique, structure, pH, etc.) par des indicateurs biologiques moins utilisés. Cette démarche est confrontée à deux difficultés, le coût des analyses et la connaissance de l'historique des parcelles sur lesquelles on effectue les tests en mode synchrone. Une série de jachères d'âges différents, même très voisines, peuvent avoir un passé cultural très différent. En revanche, le suivi de ces indicateurs (mode diachrone) durant le temps du projet (4 ans) sera riche d'enseignements.
- *l'étude expérimentale sur l'importance de divers groupes fonctionnels pour le bon fonctionnement de l'écosystème jachère*. Cette partie est surtout mise en place au Sénégal où sont « manipulés » expérimentalement les ligneux (suppression, addition), les herbacées pérennes (addition) et les termites (suppression). L'importance du feu et de la protection contre les animaux dans les toutes premières années qui suivent l'abandon de la culture est expérimentée au Cameroun et au Mali.
- *les enquêtes sur terroir*. Ces enquêtes sur les pratiques paysannes dans le cycle culture-jachère ont commencé, même si les résultats ne sont pas tous consignés dans ce rapport. A ces enquêtes s'ajouteront, au Cameroun, des levés de terroirs pour mieux saisir l'organisation spatiale et la place des jachères dans ces terroirs.

Malgré le retard dans la disponibilité des crédits, le projet s'est bien mis en place pour la première année de son exécution. Les équipes étaient déjà opérationnelles et des recherches sur la jachère avaient déjà commencé en 1993 sur leurs fonds propres en attendant le soutien de la CCE. Ce premier rapport, encore très analytique, a permis à chaque équipe de s'exprimer individuellement.

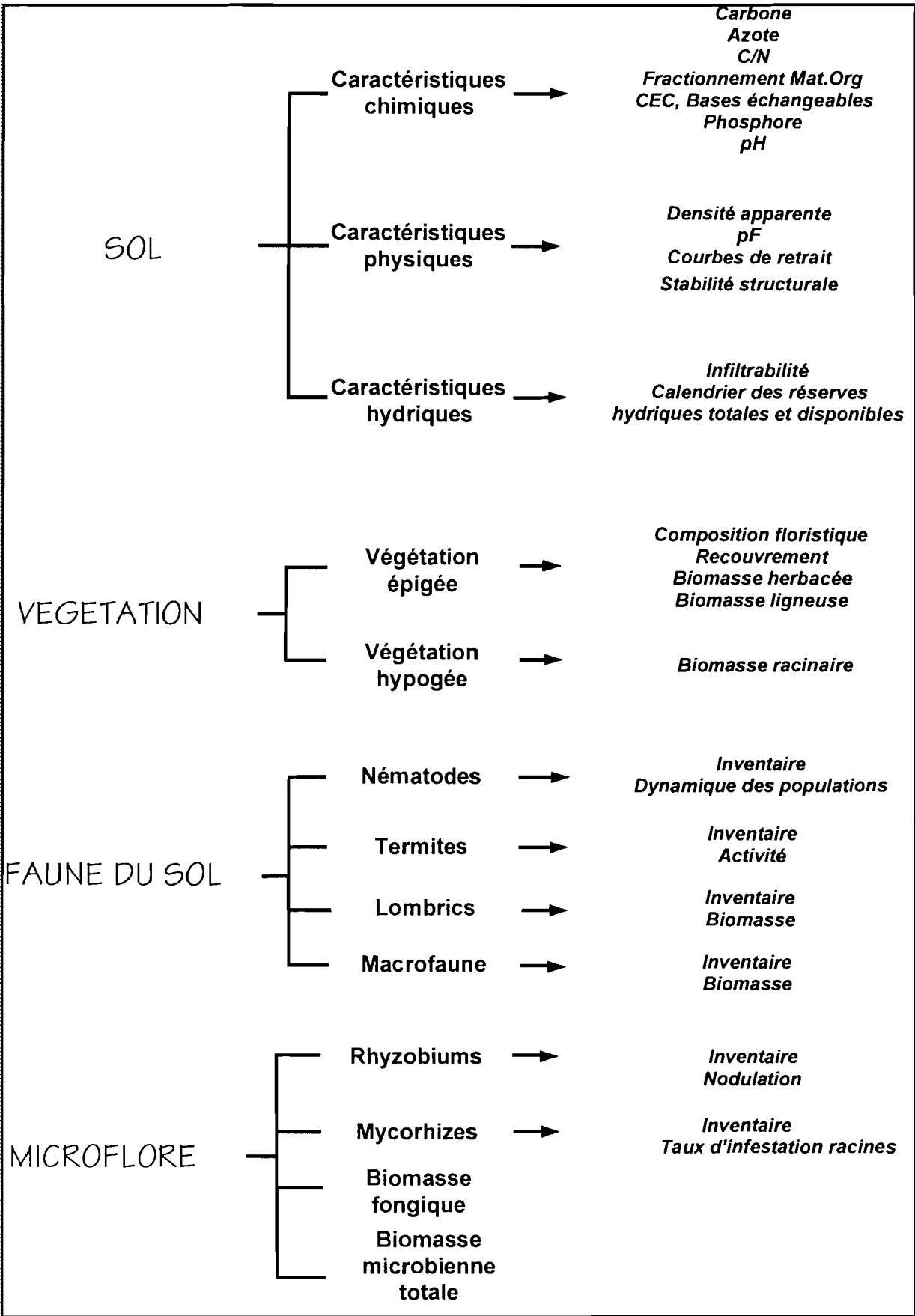


figure 61 : Indicateurs physiques, chimiques et biologiques suivis dans le cadre du programme Jachère en Afrique tropicale.

Publications et travaux publiés

BODIAN A., 1993.- Influence de la mise en défens sur la végétation de jachères anciennes et de savanes dans la région du Sine Saloum (Sénégal). Mémoire de confirmation de chercheur. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Direction des Recherches sur les Productions Forestières, Sénégal (40 p).

CADET P., FLORET C., 1995.- An initial study of fallow periods on the nematode community in the soudanese-sahelian zone of Senegal. *Acta Oecologia* (sous presse).

CADET P., MARTINY B., MASSE D., THIOULOUSE J., 1995.- Development of nematode population during fallow periods in the soudanese-sahelian region of Senegal. *Nematologica* (sous presse).

FLORET C., PONTANIER R., SERPANTIE G., 1993.- La jachère en Afrique Tropicale. Dossier MAB n°16. UNESCO, Paris, France. 86p.

KAIRE M., 1994. - La ressource ligneuse des jachères d'un terroir villageois de la région de Kolda (Sénégal). Production et utilisation. Mémoire de fin d'études. Centre régional d'enseignement spécialisé en Agriculture. Université de Niamey.

KAIRE M., 1994.- La ressource ligneuse des jachères d'un terroir villageois de la région de Kolda (Sénégal). Protection et utilisation. Séminaire international Agroforesterie septembre 1994. ISRA/DRPF. Dakar, Sénégal.

MAIGA O., 1994.- Dynamique des populations et utilisation des ressources naturelles en zone soudanienne Nord du Mali. Cas du terroir villageois de Missira, cercle de Kolokani (Boucle du Baoulé). D.E.A. « Population et Environnement », ISFRA, Bamako, Mali.

MANLAY R., 1994.- Jachère et gestion de la fertilité en Afrique de l'Ouest : suivi de quelques indicateurs agro-écologiques dans deux sites du Sénégal. D.E.A. Université d'Aix-Marseille. France.

SERPANTIE G., FLORET C., 1994.- Un mode de gestion des ressources en Afrique Tropicale : la jachère longue. Regards différenciés sur une pratique en crise. Colloque Académie d'agriculture - Orstom « Recherche pour une agriculture viable à long terme », 19 octobre 1994. Paris France.

VALLEE G., SEINY BOUKAR L., M'BIANDOU M., OLINA J.P., 1994.- Fonctionnement hydrique des sols ferrugineux du Nord-Cameroun. Tentative d'amélioration de leur régime hydrique. Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique Tropicale. Ed. John Libbey Eurotext. Paris, p331-346.

Formations et travaux en cours

DEMBELE Fadiala.- Influence du eu sur la dynamique de la végétation post-cultural en zone soudanienne au Nord du Mali. Thèse Université de Marseille.

DEROUARD Laurent.- Faune du sol dans des jachères du Sine Saloum et de la Haute Casamance. Thèse. Laboratoire des sols tropicaux de Bondy, ORSTOM.

DIOP Libasse.- Dissémination des nématodes par les eaux de ruissellements. DEA, UCAD.

DONFACK Paul.- Typologie de la végétation des jachères du Nord-Cameroun. Dégradation et biodiversité. Thèse d'Etat.

FULELE LAURENT Etike.- Diversité et écologie de rhizobiums associés à des légumineuses présentes dans les jachères d'Afrique de l'Ouest. Thèse de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal (Thèse en cours).

MAÏGA Ousmane.- Les fonctions de la jachère dans deux systèmes ruraux sahéliens : les cas de Missira et de Lagassagon. Thèse ISFRA, Bamako, Mali.

MANLAY Raphaël.- Biomasse hypogée et épigée au cours du cycle jachère-culture en zone soudano-sahélienne et soudanienne. Thèse.

MOUILLEZ Anne-Claire.- Diversité de rhizobiums dans les jachères du Sénégal. Maitrise. Université de Créteil, France.

NAUDIN Krishna.- Diversité de rhizobiums dans les jachères du Sénégal. Maitrise Université de Montpellier, France.

NDIAYE Ndèye.- Analyse spatio-temporelle des peuplements de nématodes phytoparasites dans des systèmes de culture à jachère au Sénégal. Thèse Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal.

NIANG Abdoulaye.- Caractérisation pédologique des sols de jachères expérimentales dans le Sine Saloum et en Haute Casamance. Mémoire de fin d'Etude de l'Institut des Sciences de la Terre. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, (Sénégal).

NTOUPKA Mama.- Dynamique d'une savane arborée en zone soudano-sahélienne du Nord-Cameroun sous les effets combinés du pâturage, des feux et des coupes de bois. Thèse.

PATTE Emmanuelle.- Analyse spatio-temporelle des peuplements de nématodes phytoparasites dans des systèmes de culture à jachère au Sénégal. Thèse Université de Lyon (France).

SAMBA Ramatoulaye.- Diversité et taxonomie des rhizobiums associé au genre *Tephrosia* dans les jachères d'Afrique de l'Ouest. Thèse de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, (Sénégal).

SARR Makhfouss.- Influence du raccourcissement du temps de jachère sur les populations de termites, Sénégal. Diplôme d'Etudes approfondies, Université Cheikh Anta Diop, (Sénégal).MASSE Dominique, MANLAY Raphaël, 1994.-

SEYNI BOUKAR Lamine.- Contribution à la caractérisation des processus de dégradation et de la remontée biologique des vertisols du Nord-Cameroun. Thèse d'Etat de l'Université de Yaoundé, Cameroun.

YOSSI Harouna.- Dynamique de la végétation ligneuse herbacée après abandon cutulral en région nord soudanienne. Thèse ISFRA, Bamako, Mali.

7. Bibliographie citée

- Alexandre D.Y., 1993. Amélioration des jachères en zone de savanes : l'expérience de réafforestation des friches du Nazinon (Burkina Faso). Dans C. Floret et G. Serpantié (Eds), *La jachère en Afrique de l'Ouest*, 395-403. Collection Colloques et Séminaires. ORSTOM, Paris.
- Anderson J.M. et J. Ingram (eds), 1993. *Tropical Soil Biology and Fertility. A handbook of methods*. 2nd edition. C.A.B., Oxford. 221 p.
- Ange A. (1984)- La fertilité des sols et les stratégies de mise en valeur des ressources naturelles. Le mil dans les systèmes de culture du Sud du bassin arachidier sénégalais. I.S.R.A./I.R.A.T.
- Bertrand R. (1972)- Morphopédologie et orientations culturelles des régions soudanaises du Sine Saloum. Cartes (1/100000). Agronomie tropicale vol. XXVII, n° 11. I.R.A.T.
- Blanchart E., 1992. Restoration by earthworms (Megascopidae) of the macroaggregate structure of a destructured savanna soil under field conditions. *Soil Biol. Biochem.*, 24 (12): 1587-1594.
- Blanfort V., 1991 Contribution à l'établissement du bilan fourrager pour trois terroirs agropastoraux de Casamance (Sénégal). Vol 1. Rapport 165 p. Progr. ABT ISRA-IEMVT.
- Breman H. and Cissé A.M., 1977. Dynamics of sahelian pastures in relation to drought and grazing *Oecologia* (Berl.) 28 : 301-315.
- Brouwers M. (1987)- Etudes morpho et hydropédologiques dans la région de Thyse Kaymor (Sine Saloum, Sénégal). Les sols des bassins versants étudiés dans le cadre de l'ATP-PIREN-EAU. I.R.A.T.
- Cesar J. & Coulibaly C., 1991 Le rôle de la jachère et des cultures fourragères dans le maintien de la fertilité des terres. Dans : *Savanes d'Afrique, terres fertiles ?*, 271-290. Rencontres Internationales. CIRAD/Coopération Française, Montpellier, 10-14 décembre 1990. Ministère de la Coopération, Paris.
- Combeau, A. et Quantin, P., 1963 avec la collaboration technique de VERDIER, J., - Observations sur les variations dans le temps de la stabilité structurale des sols en région tropicale. *Cahiers ORSTOM, Pédologie*, 3 : 17-32.
- Dembélé F., 1992. Contribution à l'étude de la dynamique de la végétation en zone Guinéenne Nord du Mali : Cas de la succession post-culturelle au Sud-Ouest de Kita. Diplôme d'Etudes Approfondies, Université D'AIX-Marseille, 40 p
- Diarra B. et Tébéro, A., 1993. Dynamique de la végétation ligneuse post-culturelle en zone soudanienne Nord au Mali. Cas du terroir villageois de Missira (Boucle du Baoulé). Mémoire de fin d'études. Institut Polytechnique Rural de Katibougou/Mali, 76 pages.
- Donfack P., 1993. Etude de la dynamique de la végétation après abandon de la culture au Nord-Cameroun. Thèse docteur 3ème cycle Université de Yaoundé. 192 p.
- Feller C. & al., 1993 La jachère et le fonctionnement des sols tropicaux : rôle de l'activité biologique et des matières organiques. Quelques éléments de réflexion. Dans : C. FLORET & R. PONTANIER (Eds), *La jachère en Afrique de l'Ouest*, 15-32. Collection Colloques et Séminaires. ORSTOM, Paris
- Floret C. et Serpantié G., 1993. La jachère en Afrique de l'Ouest. Atelier international, Montpellier, du 2 au 5 décembre 1991. Editions de l'ORSTOM, coll. Colloques et Séminaires, Paris 1993.
- Fournier A., 1982 Cycle saisonnier de la biomasse herbacée dans les savanes de Ouango-Fitini. *Ann. Univ. Abidjan, série E*, tome XV.
- Grouzis M., 1988 Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso). Etudes et thèses. ORSTOM.
- Jones M.J., 1973 The organic matter content of the savanna soils of West Africa. *Journal of Soil Science*, vol. 24, N° 1.
- Kaïré M. 1993. La ressource ligneuse des jachères d'un terroir villageois de la région de Kolda (Sénégal). Production et utilisation. Mémoire de DESS-Université Abdou Moumouni, Niamey (Niger), 52 pages + 6 annexes.
- Kreshmar A., 1978. Quantification écologique des galeries de lombriciens. Techniques et premières évaluations. *Pedobiologia* (18), pp31-38.

- Lavelle P., 1984. The soil system in the humid tropics. Biology International, International Union of Biological Sciences, Vol. 9, pp2-15.
- Lavelle P., 1988. Earthworms activities and the soil system. Biol. Fertil. Soils, 6: 237-251.
- Lavelle P., Blanchart E., Martin A., Spain A.V. et S. Martin, 1992. Impact of the 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. pp157-185.
- Lee K.E. et T.G. Wood, 1971. Physical and chemical effects on soils of some Australian termites, and their pedological significance. Pedobiologia, 11 (8): 376-409.
- Mainan, F. et Seiny-Boukar, L., 1992- Carte pédologique et carte d'état de dégradation des sols du village WURO LABBO au 1/5000. Province du Nord- Cameroun. MRST/IRA/CRA de Maroua.
- Manlay R., 1994.- Jachère et gestion de la fertilité en Afrique de l'Ouest : suivi de quelques indicateurs agro-écologiques dans deux sites du Sénégal. D.E.A. Université d'Aix-Marseille. France.
- Monnier Y., 1968 - Les effet des feux de brousse sur une savane préforestière de la Côte d'Ivoire.- Etudes Eburnéennes IX : Abidjan RCI. 253 P.
- Peltier R., et Eyog-Matig O., 1989. Un essai sylvo-pastoral au nord Cameroun, Bois et Forêts des Tropiques 221:3-23
- Poupon H, 1980.- Structure et dynamique de la strate ligneuse de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au nord du Sénégal. Travaux et Documents de l'Orstom, n°115.
- Raw F., 1971. Cap.10. Arthropodos (exempto Acaros y Collembolos). In: Burges A. et F. Raw (eds). Biologia del Suelo. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, Espana. pp379-423.
- Redell P. et A.V. Spain, 1991. Transmission of infective Frankia (Actinomycetales) propagules in casts of the endogeic earthworms Pontoscolex corethrurus (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Soil Biol. Biochem., 23 (8): 775-778.
- Satchell J.E., 1971.Cap.9. Lumbricidos. In: Burges, A. et F. Raw (eds). Biologia del Suelo. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, Espana. pp ,307-378.
- Walker B.H. & al., 1981 Stability of semi-arid savanna grazing systems. Journal of Ecology, 69 : 473-498.
- Wallwork J.A., 1976. The distribution and diversity of soil fauna. Academic Press, London, New-york, San Fransico. 355 p.
- Yossi H., Dembélé F. 1993.- Dynamique de la végétation post-culturale en zone soudanienne au Mali : Evolution de la composition floristique et de la strate ligneuse. Dans C. Floret et G. Serpantié (Eds), La jachère en Afrique de l'Ouest, 3414-350. Collection Colloques et Séminaires. ORSTOM, Paris.
- Yossi H., Floret, C. 1991.- Dynamique des ligneuses dans une savane de la zone soudanienne au Mali : Conséquences pour le pâturage. Actes du IV th. International Rangeland Congress., Montpellier, France, 22-26/04/1991 : 191-193.