

RACCOURCISSEMENT DU TEMPS DE JACHERE, BIODIVERSITE ET DEVELOPPEMENT DURABLE EN AFRIQUE CENTRALE (CAMEROUN) ET EN AFRIQUE DE L'OUEST (MALI, SENEGAL)

Coordonnateur : C. Floret

Rapport final

Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération
ORSTOM, France (contractant principal)

Institut de Recherche Agronomique pour le Développement
IRAD, Cameroun

Institut d'Economie Rurale
IER, Mali

Institut Sénégalais de Recherche Agricole
ISRA, Sénégal

Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive
CEFE/CNRS, France

National Resources Institute
NRI, Grande Bretagne

novembre 1998



**RACCOURCISSEMENT DU TEMPS DE JACHERE, BIODIVERSITE
ET DEVELOPPEMENT DURABLE EN AFRIQUE CENTRALE
(CAMEROUN) ET EN AFRIQUE DE L'OUEST (MALI, SENEGAL)**

Coordonnateur : C. Floret

Rapport final

Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération
ORSTOM, France (contractant principal)

Institut de Recherche Agronomique pour le Développement
IRAD, Cameroun

Institut d'Economie Rurale
IER, Mali

Institut Sénégalais de Recherche Agricole
ISRA, Sénégal

Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive
CEFE/CNRS, France

National Resources Institute
NRI, Grande Bretagne

novembre 1998

Principaux participants

Agboba Constance. UCAD. Sénégal.
Bazile Didier. ORSTOM. Mali.
Bernhard-Reversat France. ORSTOM. France.
Bodian Alphonse. ISRA. Sénégal.
Brauman Alain. ORSTOM. Sénégal.
Cadet Patrice. ORSTOM. Sénégal.
Chastrusse Christine. UCBL. France.
Chotte Jean Louis. ORSTOM. Sénégal.
Da Conceicao Silva Christine. ORSTOM. Sénégal.
De Lajudie Philippe. ORSTOM. Sénégal.
Dembele Fadiala. IER. Mali.
Derouard Laurent. ORSTOM. France.
Dhillion Schivcharn. Univ. Oslo. Norvège.
Diatta Malainy. ISRA. Sénégal.
Donfack Paul. IRAD. Cameroun.
Dreyfus Bernard. ORSTOM. Sénégal.
Duboisset Arnaud. ORSTOM. Cameroun.
Duponnois Robin. ORSTOM. Sénégal.
Fanchette Sylvie. ORSTOM. Sénégal.
Fardoux Joël. ORSTOM. Sénégal.
Faye El Hadj. ISRA. Sénégal.
Floret Christian. ORSTOM/CNRS (coordonnateur).
Fulele-Laurent Etike. UCAD. Sénégal.
Grandjanny Michel. CNRS. France.
Grégo Stephano. Université de Viterbo. Italie.
Gueye Mamoudou. ISRA. Sénégal.
Jocteur Monrozier Lucille. UCBL. France.
Kaïre Maguette. ISRA. Sénégal.
Karembé Moussa. IER. Mali.
Koïta Bothié. ORSTOM. Sénégal.
Kuoh Moukouri Henri. IRAD. Cameroun.
Lavelle Patrick. ORSTOM. France.
Le Floc'h Edouard. CEFÉ/CNRS.
Logan J. NRI. Grande Bretagne.
Maïga Ousmane. IER. Mali.
Manlay Raphaël. ORSTOM. Sénégal.
Masse Dominique. ORSTOM. Sénégal.
Millet Jérôme. IER. Mali.
Ndaka Bonguen Samuel. IRAD. Cameroun.
Ndiaye Samba Baïdy. ORSTOM. Sénégal.
Ndoye Ibrahima. UCAD. Sénégal.
Neyra Marc. ORSTOM. Sénégal.
Niang Abdoulaye. IST/UCAD. Sénégal.
Pate Emmanuelle. ORSTOM. Sénégal.
Pontanier Roger. ORSTOM. Sénégal.
Roussel Olivier. ORSTOM. Cameroun.
Russell Smith Anthony. NRI. Grande Bretagne.
Sall Pape Ndiengou. ISRA. Sénégal.
Samba Ramatoulaye. UCAD. Sénégal.
Sarr Makhphouss. UCAD. Sénégal.
Schwartzman Alexia. UCBL. France.
Seignobos Christian. ORSTOM. France.
Seiny Boukar Lamine. IRAD. Cameroun.
Sy Abdoulaye. UCAD. Sénégal.
Sylla Samba. UCAD. Sénégal.
Villenave Cécile. ORSTOM. France.
Wood I. G. NRI. Grande Bretagne.
Yattara Inamoud. ENSup. Mali.
Yiebi Manjeck Olivier. Cameroun.
Yossi Harouna. IER. Mali.

Tables des matières

| | | |
|-----------|--|------------|
| 1 | Introduction..... | 1 |
| 1.1 | <i>Objectifs et problématique du programme</i> | 1 |
| 1.2 | <i>Approche méthodologique du programme</i> | 5 |
| 2 | La jachère dans les systèmes agraires | 15 |
| 2.1 | <i>Introduction</i> | 16 |
| 2.2 | <i>Historique et dynamique de la jachère au sein des systèmes agraires</i> | 16 |
| 2.3 | <i>Organisation des terroirs et régime foncier</i> | 22 |
| 2.4 | <i>Signification, rôles et fonctions de la jachère</i> | 23 |
| 2.5 | <i>Pratique et mode de gestion de la jachère</i> | 27 |
| 2.6 | <i>Conclusion</i> | 32 |
| 3 | Jachère et végétation | 35 |
| 3.1 | <i>Typologie des jachères et diversité végétale</i> | 37 |
| 3.2 | <i>Influence du feu et du pâturage sur la succession et la diversité de la végétation herbacée des jeunes jachères en zone soudanienne-nord du Mali</i> | 47 |
| 3.3 | <i>Dynamique de la végétation ligneuse post-culturale en zone sahélo-soudanienne du Cameroun</i> | 55 |
| 3.4 | <i>Dynamique de la végétation ligneuse post-culturale en zone soudanienne du Mali</i> | 63 |
| 3.5 | <i>Conclusion : la succession post-culturale en zone soudanienne</i> | 71 |
| 4 | Jachère production et végétale. Dynamique du carbone dans le cycle culture-jachère..... | 75 |
| 4.1 | <i>Production de la végétation ligneuse post-culturale et son utilisation par l'homme en zones soudanienne et soudano-sahélienne du Sénégal</i> | 77 |
| 4.2 | <i>Dynamique du carbone dans le cycle culture-jachère en Afrique de l'Ouest</i> | 91 |
| 5 | Inventaire et diversité des micro-organismes végétaux (rhizobiums, mycorhizes) animaux (nématodes) et de la mésofaune et macrofaune invertébrée du sol (vers de terre, termites)..... | 105 |
| 5.1 | <i>Jachère et rhizobiums</i> | 107 |
| 5.2 | <i>Jachère et mycorhizes</i> | 115 |
| 5.3 | <i>Jachère et micro-organismes des cycles N et C</i> | 121 |
| 5.4 | <i>Jachères et nématodes</i> | 131 |
| 5.5 | <i>Jachère, méso et macrofaune invertébrée du sol</i> | 137 |
| 6 | Importance de divers groupes fonctionnels sur le fonctionnement de jachères courtes | 163 |
| 6.1 | <i>Dynamique écologique des jachères de courte durée</i> | 165 |
| 6.2 | <i>Rôle de groupes fonctionnels dans la dynamique générale des jachères courtes</i> | 187 |
| 7 | Les indicateurs du système culture-jachère..... | 203 |
| 7.1 | <i>Quelques généralités sur l'observation et les indicateurs du changement</i> | 205 |
| 7.2 | <i>L'utilisation des indicateurs pour le suivi du cycle culture-jachère</i> | 209 |
| 8 | Conclusions..... | 231 |
| 9 | Publications et Travaux..... | 241 |
| 10 | Thèses..... | 245 |

1 INTRODUCTION

1.1 OBJECTIFS ET PROBLEMATIQUE DU PROGRAMME

L'objectif du projet était 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'espèces ou de groupes d'espèces, animales et végétales qui concourent au maintien ou à la reconstitution des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols.

La notion de biodiversité n'a pas été 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 écosystèmes pour un développement durable. Il s'agissait :

- d'inventorier les jachères des zones sahélo-soudanienne et soudanienne du Cameroun, du Sénégal et du Mali pour essayer d'en établir une typologie et d'y mesurer la diversité animale et végétale ;
- d'expérimenter durant une phase de jachère, sur différents groupes fonctionnels (espèces fonctionnant de façon voisine) et sur des espèces-clés pour la régénération ; parmi ceux-ci citons les végétaux supérieurs, la microflore du sol (mycorhizes, rhizobiums), mésofaune du sol (termites, vers de terre) ;
- d'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 ;
- de proposer des pratiques optimales pour le maintien d'une biodiversité minimale utile à la production sur le long terme ;
- de former des chercheurs africains dans le domaine des sciences du milieu naturel.

On a abordé la biodiversité au niveau de la richesse en espèces, mais aussi au niveau de la structuration des communautés (Barbault et Hochberg, 1992) et en considérant les processus liés à des groupes d'espèces (groupes fonctionnels) au niveau du fonctionnement de l'écosystème (Di Castri et Younes, 1990).

Les études sur la biodiversité en milieu tropical déjà réalisées ou en projets concernent principalement la conservation génétique des espèces. Le projet aborde ici la biodiversité sous un angle différent : diversité "optimale" (ou encore "minimale") pour une régénération rapide du milieu après un cycle cultural. De même, la plupart des travaux concernant le maintien de la fertilité des sols cultivés suite au raccourcissement du temps de jachère (voire leur disparition) ont porté sur des itinéraires techniques à forts niveaux d'intrants (engrais, cultures améliorantes, fumier, agro-foresterie, etc...).

Sans rejeter ces pratiques, indispensables dans les zones les plus peuplées ou défrichées pour des cultures intensives, la présente étude consiste à mieux connaître les mécanismes d'évolution des caractéristiques des écosystèmes après abandon cultural, en tenant compte des usages multiples des jachères naturelles, qui subsistent encore en bien des endroits. Cette connaissance sur l'impact relatif de différents groupes fonctionnels doit permettre de dégager des modèles simples de gestion, au niveau des terroirs villageois, pour limiter la perte de diversité et de productivité biologique.

L'étude a porté principalement sur les formations post-culturelles des zones soudanaises et sahélo-soudanaises (500 à 1200 mm) du Cameroun, du Mali et du Sénégal. On peut les rattacher aux écosystèmes de « savane » définis comme étant dominés par une couverture herbacée parsemée d'arbres. Les savanes occuperaient encore 65% de la superficie de l'Afrique (Medina et Huber, 1992), ce qui, même si ce chiffre est surestimé, justifie l'intérêt de cette étude. En prenant en compte la classification de « Yangambi » et la classification de la végétation de l'Afrique (White, 1983), il est possible de retenir dans la zone d'étude des savanes boisées (woodland en anglais) caractérisées par au moins 40% de couvert ligneux constitué par les arbres de 8 à 20 m de haut, des savanes arborées (bushland and thicket) avec au moins 40% de couvert ligneux dont la taille est comprise entre 3 et 7 m, et des savanes arbustives (shrubland) avec une strate ligneuse couverte par les ligneux bas entre 10 cm et 2 m de hauteur.

Les savanes herbeuses (grassland) ne représentent que des faciès transitoires plus ou moins liés aux activités humaines. Dans les zones étudiées dans les 3 pays savanes sont presque toutes des formations post-culturelles. Les zones de savane naturelle ne se rencontrent plus que dans les zones montagneuses, rocheuses et là où le sol est impropre aux cultures, ou encore dans les aires protégées.

Ces écosystèmes sont globalement caractérisés, par deux saisons contrastées, par des sols pour l'essentiel de faible fertilité et par des ressources végétales pastorales et forestières soumises à une pression anthropique forte et à des feux fréquents (Medina et Huber, 1992). Les contraintes édaphiques sont pour les sols ferrugineux tropicaux marquées par une faible teneur en matière organique, une texture sableuse la présence fréquentée à faible profondeur ou en surface de cuirasses et carapaces et autres horizons indurés, décapés par l'érosion et un faible potentiel biochimique. Les contraintes économiques limitent le recours aux systèmes de culture intensive utilisant la fertilisation chimique à grande échelle (Hoefsloot *et al.*, 1993). Les transferts de fertilité entre les zones pastorales et cultivées restent faibles. La pratique de la jachère a dans ces conditions, tout son intérêt.

Le cycle culture-jachère

Le cycle culturel comprend le défrichement et/ou remise en culture, la période de culture et celle de jachère. La succession de ces 3 états de la parcelle obéit à la fois à des facteurs agronomiques et socio-économiques. Ce cycle prend en compte les potentialités du milieu, la présence d'adventices ou des ligneux dans les cultures ou encore l'importance de l'érosion, mais aussi la pression de l'occupation humaine qui détermine la disponibilité des terres, l'importance des troupeaux, etc.

En Afrique tropicale, un système traditionnel de l'utilisation des sols consiste en une phase de culture qui dure de 5 à 15 ans, suivie d'un abandon culturel après la baisse des rendements. Cette seconde phase permet la remontée de la fertilité grâce à un retour à la savane arbustive ou arborée qui, dans bien des endroits, peut être considérée comme une jachère de longue durée. Cette remontée biologique, vers une savane, « en équilibre », contrariée en général par le feu et le pâturage, peut demander de 30 à 40 ans. En zone forestière plus humide, on observe le même système, mais avec un cycle plus court, une « cicatrisation » suffisante étant obtenue en 10-20 ans (Floret *et al.*, 1993).

Ce système de culture itinérante, avec ce cycle culture-jachère, a bien fonctionné jusqu'à une date récente. Actuellement, la tendance à la sédentarisation, l'augmentation de la population, la sécheresse, ont conduit à une forte augmentation des surfaces cultivées (doublement en 20 ans dans certains pays du Sahel) et à la réduction du temps de jachère. Les temps de jachère se sont considérablement raccourcis pour tomber parfois à moins de 5 ans. Parallèlement les prélèvements de bois et de phytomasse sur les pâturages se sont accrus. Le feu contrarie également la remontée biologique par régénération naturelle, qui est devenue plus lente. L'évaporation et l'érosion prennent de l'importance. Il peut même s'installer un certain équilibre de la structure et des fonctions de ces systèmes écologiques dégradés à un niveau de productivité très bas, équilibre métastable autour duquel on ne note que de faibles évolutions selon les conditions de pluviosité. La figure 1 schématise le cycle culture-jachère avec la baisse de la fertilité durant la phase de culture, suivie de son amélioration durant la phase d'abandon culturel.

Etat des recherches sur la dynamique de la végétation des jachères

Les travaux concernant la dynamique de la végétation en zone de savane sont nombreux. Mais les études concernant plus particulièrement la dynamique de la végétation post-culturelle sont plus rares. En

savane humide ou en zone forestière, davantage de données sont disponibles : au Nigéria, par exemple, Hall et Okali, (1979), Aweto (1981), Adedeji (1984) et plus récemment, Mitja et Hladik (1989) au Gabon et Alexandre (1989) et Mitja (1990) en Côte d'Ivoire. En forêt tropicale humide, des descriptions générales de la reconstitution après abandon de la culture sont données, entre autres par Aubreville (1947) et Schnell (1976). Ces processus de la reconstitution ont été bien étudiés dans le cadre du projet Tai en Côte d'Ivoire : Guillaumet (1978), de Namur (1978 a et b), de Namur et Guillaumet (1978), Alexandre et al. (1978), Kahn (1982).

En zones plus sèches, Miège *et al.* (1966) ont étudié l'évolution floristique des premiers stades des jachères (cycle 3 ans de culture-6 ans de jachère) à Darou, au Sénégal (840 mm de pluviosité moyenne annuelle). Au Sénégal, à Bambey (650 mm), Merlier (1967) donne les résultats comparatifs sur la composition floristique et la structure entre des jachères de 1 et 2 ans et des jachères plus anciennes (6 ans), pour des sols sableux et des sols argileux. Ouédraogo (1985) et Devineau (1986), Hien (1996), Fournier (1997), Fournier et Nignan (1997) ont étudié la reconstitution de la végétation de la savane en climat soudanien au Burkina Faso (Niaogho, 800 mm). Akpo (1998) étudie le rôle de l'arbre sur la reconstitution de la végétation herbacée.

Jachère et matière organique du sol

En effet, avec le raccourcissement de la phase jachère dans le cycle culture-jachère, le bilan de matières organiques et d'azote change (Greeland et Nye, 1959 ; Hainnaux, 1980 ; Sébillotte, 1985, etc.). Reiners (1981) a présenté une synthèse sur les modifications du cycle de l'azote au cours de la succession dans les écosystèmes, qui fait bien apparaître les lacunes de nos connaissances dans ce domaine. Menaut *et al.* (1985) ont construit un modèle conceptuel sur l'humification existant entre les savanes des zones humides et arides. Ces bilans qui doivent faire intervenir les entrées et les sorties d'azote du système, ainsi que les cycles internes au sol, sont très laborieux à entreprendre. Il faut aussi étudier l'influence importante de la faune du sol sur la structuration et le statut nutritif des sols, et leur biofertilité. La plupart du temps il a fallu se contenter de suivre, à partir du début de la jachère, l'évolution du taux de matière organique (et du C/N) ainsi que ses formes dans les fractions granulométriques du sol (Feller, 1979), en particulier sur les sols légers où c'est la matière organique humifiée qui fixe la majeure partie des minéraux échangeables.

Problématique du programme concernant la végétation et les sols des jachères

On a cherché à mieux connaître les processus qui conduisent :

- à la structuration des peuplements végétaux, et animaux après abandon cultural ;
- à la rapidité de la reconstitution des équilibres biochimiques qui conditionnent une savane stable et productive.

On se trouve, de fait, en présence de perturbations récurrentes dont les effets se conjuguent :

- le défrichage, pour la mise en culture, qui survient avec une périodicité variable et qui tend actuellement à s'accélérer ;
- le feu, qui a une périodicité beaucoup plus régulière, puisqu'en zone de savane (sauf zones arides ou très humides) le feu passe presque chaque année ;
- le prélèvement sélectif de bois de chauffe et le pâturage qui sont des phénomènes diffus et presque continus ;
- les périodes de sécheresse, avec lesquelles il faut compter en zone de savane.

Concernant l'évolution de la végétation des jachères les questions qui se posent sont les suivantes :

- Quel est le mode d'installation des espèces ? Voie végétative ou graines ? Sont-elles initialement présentes sous forme de graines dans le sol ou bien viennent-elles progressivement des formations voisines ? (questions particulièrement importantes pour les espèces fruitières ou de bois nobles)
- Quelle est l'importance des phénomènes de dynamique spatiale par « nucléation » dans la recolonisation par la végétation (à partir d'îlots de fertilité, d'arbres pionniers ou rélictuels, etc.) ?
- Existe-t-il des stades d'équilibre dynamique, des paliers ou blocages dans la succession post-culturale ? Des changements très rapides ont lieu les premières années avec la disparition des

adventices ; quelles sont les vitesses d'évolution de la composition floristique et de la structure au cours du temps ?

- Quelles sont les influences du ou des cycles de culture précédents sur la reconstitution de la savane ? durée du cycle cultural, nombre de cycles culture-jachère précédents, mode de défrichement, (mécanique ou non, culture sur brûlis), type de cultures, arbres protégés, etc.
- Le raccourcissement du temps de jachère ne va-t-il pas entraîner, à terme, une homogénéisation des savanes en favorisant la domination de quelques espèces (réduction de la diversité biologique) ? Va-t-on vers un envahissement par des ligneux qui rejettent de souche et vers la disparition des espèces à croissance lente qui s'installent par semis ? ou, au contraire, les défrichements répétés élimineront-ils à terme les souches qui subsistent habituellement dans la culture ?
- Le feu va-t-il encore accentuer son rôle dans la structuration et l'homogénéisation des savanes sans cesse rajeunies par des temps de jachère courts ?

Concernant le sol, il faut évidemment programmer des recherches concomitantes sur les thèmes que nous avons évoqués ci-dessus :

- Quelles sont, en relation avec les processus biochimiques, biophysiques liés à la matière organique, les modifications des propriétés physico-hydriques du sol à partir de la date d'abandon, en particulier dans l'épépédon (porosité, capacité de stockage et de rétention pour l'eau) ?
- Quelle est l'évolution du stock, des formes et de la stabilité des matières organiques du sol au cours du cycle culture-jachère et quelles sont les conséquences du raccourcissement de ce cycle ?
- Rôle des microorganismes et de la mésofaune dans la remontée biologique du milieu.

Aperçu sur la biodiversité

La notion de diversité biologique inclut les concepts de diversité génétique et de diversité écologique au sens du nombre d'espèces présentes dans une communauté d'organismes (Roux, 1996).

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 écosystèmes pour un développement durable.

«D'après Whittaker (1977) la diversité dans le sens du nombre d'espèces, semble biologiquement la définition la plus appropriée de la diversité spécifique. Cette mesure est cependant dépendante de la taille de l'échantillon considéré, même si l'on peut remédier en partie à ce problème en mesurant l'accroissement du nombre d'espèces en fonction de l'augmentation de la surface. L'hétérogénéité des communautés a toutefois conduit les écologues à rechercher des indices plus informatifs que la simple richesse spécifique. (...) La mesure de la biodiversité la plus utilisée, l'indice de Shannon-Wiener (H), est basée sur la théorie de l'information ; La valeur de l'indice H donne une estimation de l'incertitude avec laquelle on peut prédire correctement l'espèce à laquelle appartient le prochain individu collecté. Plus la valeur de H est importante, plus l'incertitude est grande. (...).

Outre la difficulté de choisir une mesure pour évaluer la diversité d'une communauté Whittaker (1972) souligne la nécessité de considérer la biodiversité à travers plusieurs échelles d'espaces. Il considère la diversité α , ou intra-habitat, la diversité β ou turn-over des espèces entre habitats, et la diversité γ ou diversité totale à l'échelle du paysage qu'il caractérise par la relation $\gamma = \alpha * \beta$. La prise en compte de l'échelle d'espace est particulièrement importante dans l'objectif d'une gestion de la diversité ; en effet favoriser une diversité locale peut conduire à une diminution de la diversité régionale.

L'étude de la diversité biologique ne se restreint pas au choix d'indices pour mettre en évidence la composition taxonomique des groupes des sites considérés. Crow & al (1994) distinguent, en effet, 3 types de biodiversité : compositionnelle, structurelle et fonctionnelle. La diversité compositionnelle considère le nombre de taxons présents dans un espace ; la diversité structurelle peut être caractérisée par la distribution horizontale et verticale des plantes, par leur distribution en classes de taille ou d'âge ; la diversité fonctionnelle s'intéresse aux processus écologiques qui se déroulent dans l'écosystème considéré. Il y a plusieurs manières de rassembler les espèces en groupes fonctionnels : selon l'utilisation des ressources, la réponse aux perturbations, la stratégie reproductive, le type physiologique, etc. (Hobbs, 1992).

Afin de comprendre l'organisation et la variation dans l'espace et dans le temps de la biodiversité, de nombreux modèles prédictifs ont été élaborés dont certains à partir de travaux sur les communautés végétales (Connell, 1978 ; Pickett 1980 ; Huston, 1979). Depuis les années 70, tous mettent en évidence le rôle des perturbations dans le maintien de la biodiversité. D'après Pickett (1976), l'interaction entre la nature et l'intensité des perturbations et les traits d'histoire de vie des espèces déterminent les « pattern » de succession et de diversité. Connell (1978) regroupe les modèles de diversité en 2 catégories : les modèles d'équilibre et les modèles de non équilibre. Selon les premiers, les communautés évoluent, après une perturbation, vers un état d'équilibre compétitif, appelé climax, pendant lequel des espèces coexistent et où la diversité spécifique est maximale. Un de ces modèles basés sur « l'hypothèse de diversification des niches » postule que la diversité totale d'une communauté est fonction de l'amplitude des habitats et du degré de spécialisation des espèces dans ces habitats.

Selon les modèles de non équilibre, les perturbations biotiques et abiotiques permettent la coexistence d'espèces en empêchant l'exclusion compétitive. D'après « l'hypothèse des perturbations intermédiaires », la diversité spécifique est maximale pour des perturbations en intensité, taille et fréquence intermédiaire. Si la fréquence est élevée, seules quelques espèces pionnières parviendront à s'installer et à se maintenir ; la diversité sera limitée. Si la fréquence est faible, les processus de succession vont se mettre en place, la diversité spécifique va augmenter jusqu'à ce que les espèces les plus compétitives excluent les autres, faisant diminuer la richesse spécifique. Ainsi, lorsque la fréquence est intermédiaire, la perturbation interrompt le processus d'élimination compétitive (Pickett, 1980). Cette hypothèse sous-entend que la diversité est maximale lors des stades intermédiaires de succession (Roberts & Gilliam, 1995). La coexistence des espèces végétales lors des successions et sous les différents régimes de perturbation s'explique mieux par les modèles de non équilibre que par les modèles d'équilibre (Pickett, 1980). » (Roux, 1996).

L'étude du projet jachère sur la biodiversité consiste à mieux connaître les mécanismes d'évolution des caractéristiques des écosystèmes après abandon cultural, en tenant compte des usages multiples des jachères naturelles. Cette connaissance sur l'impact relatif des différents groupes fonctionnels doit permettre de dégager des modèles de gestion simples, au niveau des terroirs villageois, pour limiter la perte de diversité et de productivité biologique.

1.2 APPROCHE METHODOLOGIQUE DU PROGRAMME

Jachères et systèmes agraires

Dans chaque région climatique, des enquêtes ont été réalisées dans deux ou trois terroirs villageois, représentatifs de modes d'utilisation différents du milieu (Tableaux 1.1. ; 1.2. ; 1.3. ; et Figure 1.1.). Elles ont porté 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, ect., afin d'appréhender l'importance relative sur la biodiversité des perturbations d'origine anthropique. On a cherché à comprendre, si tel est le cas, le degré d'intérêt du paysan pour la diversité biologique.

Ces renseignements et ceux tirés des études et expérimentations réalisées au cours des quatre années du projet, devaient aboutir à proposer des solutions acceptables par les villageois, pour la préservation d'un niveau de diversité biologique utile à la reconstitution rapide de la végétation et des sols après épuisement et pour une utilisation optimale des ressources sur le long terme.

Typologie et diversité végétale des jachères

L'étude de terrain s'est déroulée sur gradients climatiques (précipitations moyennes annuelles de 500 à 1200 mm), avec en particulier un gradient en Afrique Centrale (Cameroun) et deux gradients en Afrique de l'Ouest (Sénégal et Mali). Dans chaque zone climatique (une en climat soudano-sahélien et une en climat soudanien dans chaque pays), l'inventaire et l'expérimentation se sont déroulés sur des « grappes » de jachères appartenant à des systèmes d'utilisation plus ou moins intensifs, définissant ainsi des gradients de perturbation. On s'est limité aux sols les plus répandus dans les trois pays : sols ferrugineux tropicaux (sols sableux avec une profondeur souvent limitée par une cuirasse latérique). Mais au

Cameroun l'étude a concerné aussi d'autres types de sols, en particulier les vertisols très répandus au Nord-Cameroun.

On a procédé à une caractérisation en mode synchrone de la végétation et des sols de parcelles de jachères d'âges échelonnés. Au total environ 500 parcelles ont fait l'objet de cet inventaire. L'âge de l'abandon de la culture a été déterminé sur la base d'enquêtes par comptage des cernes de croissance de ligneux présents dans la jachère.

Les observations ont porté sur l'historique et l'utilisation actuelle de chaque parcelle, les caractéristiques du sol et de l'environnement, les caractéristiques de la végétation.

On a cherché à classer chaque parcelle étudiée dans le gradient d'intensité d'utilisation et de perturbation anthropique en se basant sur des indicateurs tels que : distance du village, durée de la phase de culture ayant précédé la jachère, type de pratiques culturales, mode de défrichement, périodicité des feux, impact des animaux, indices de prélèvement de la biomasse ligneuse.

Les données sur l'environnement physique et anthropique et sur la végétation des jachères d'âges différents ont été informatisées et traitées grâce à diverses méthodes statistiques (analyse factorielle des correspondances, information mutuelle, corrélations). On propose ainsi typologie de la végétation des jachères en fonction de leur âge, au type de sol et de leur position dans les différents gradients climatique et de pression anthropique.

On a identifié des groupes fonctionnels dans la végétation, considérée comme les plus importants (par exemple espèces annuelles à cycle court, à cycle long, arbres, arbustes, légumineuses, etc.). On a cherché à déterminer également les espèces-clé qui inter-agissent avec les autres espèces et le milieu à régénérer.

Les indices de diversité de Shannon-Wiener a été calculé et mis, eux aussi, en relation avec la position de chaque jachère dans les gradients.

Caractérisation du sol de parcelles de jachères d'âges échelonnés

Il s'agissait d'analyser également, certaines propriétés physiques ou biologiques des sols de jachère, pour mieux apprécier l'état de dégradation du fonctionnement du système, et/ou les possibilités de sa régénération. Cette partie de la recherche a été conduite des parcelles, échantillonnées grâce à la phase précédente. Ainsi on a cherché à déterminer les caractéristiques physico-chimiques et biologiques du sol : quantité, forme et stabilité des constituants de la matière organique ; capacité d'échange ; sodium et potassium échangeables ; porosité ; stabilité structurale, etc.

Par ailleurs, des études ont été développées sur la diversité des microorganismes et de la faune du sol.

Une partie de cette ligne de recherche a été conduite en mode synchrone sur des parcelles échantillonnées grâce à la ligne précédente. Une autre s'est appuyé sur une expérimentation et un suivi en mode diachrone de ces propriétés sur des parcelles qui ont été suivies pendant plusieurs années après l'abandon cultural (cf. 124)

Diversité de la microflore

La diversité et l'effet des rhizobiums et des mycorhizes a été étudiée sur des jachères représentatives. Dans chacune de ces stations on a isolé des rhizobiums à partir de nodules prélevés directement sur des plantes récoltées in situ, ou, à défaut, sur des plantes cultivées au laboratoire en conditions axéniques et inoculées avec des suspensions de sol. Ces isolats ont été analysés par des techniques de screening rapide : tests phénotypiques (galeries API, PCR/RFLP).

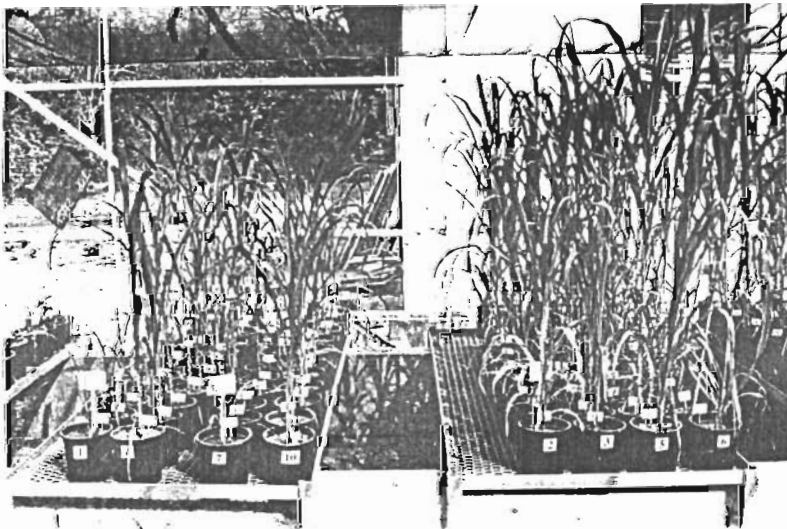
Dans les mêmes jachères, une description détaillée de spores de champignons endomycorhiziens a été réalisée. La dépendance, vis à vis des mycorhizes, de quelques espèces présentes dans ces jachères, a été étudiée au laboratoire. On a cherché à déterminer l'influence d'une phase de jachère sur la culture du mil qui suit.

Inventaire de la végétation
(points-quadrat) ⇒



⇐ Inventaire de la faune du sol
(méthode TSBF)

Etude du système racinaire ⇒



⇐ Expérience en serre sur la fertilité
de différents sols de jachère

Diversité de la faune du sol

L'échantillonnage de la faune du sol et en particulier des termites s'est effectué grâce à des fosses creusées dans les jachères (méthode TSBF). La diversité a été quantifiée à la fois pour les communautés de termites dans leur ensemble, et pour les groupes fonctionnels (champignonnistes, humivores, herbivores, etc.). Pour apprécier l'activité des termites on a mesuré la perte de poids d'appâts ligneux et herbacés.

Les nématodes ont aussi fait l'objet d'un échantillonnage dans des jachères d'âges échelonnés, et on a également expérimenté sur l'influence d'une phase jachère sur les nématodes de la culture qui suit.

Expérimentation sur des groupes fonctionnels et sur le feu dans de jeunes jachères

La recherche expérimentale s'est appliquée sur des dispositifs expérimentaux dans chaque pays. Elle a porté sur diverses manipulations dans de très jeunes jachères :

- suppression de groupes fonctionnels afin de déterminer leur importance dans le fonctionnement de la jachère ; suppression de la strate arborée ; des termites ;
- adjonction de groupes fonctionnels « artificiels » : techniques de l'agro-foresterie consistant en la plantation de légumineuses arbustives ; introduction de graminées pérennes absentes
- influence du feu sur la biodiversité durant les quatre premières années de la jachère, après abandon cultural. Cette influence testée au Mali. On a comparé, en dispositif split-plot, des parcelles brûlées et des parcelles protégées. Une expérimentation sur la résistance au feu de graines des principales espèces végétales a été mise en place.

De nombreux paramètres relatifs au sol et à la végétation ont été suivis régulièrement. Il s'agissait de déterminer l'influence des manipulations sur ces paramètres et de voir ainsi s'il était possible d'améliorer le fonctionnement et l'efficacité de jachères courtes (4-5 ans). Par exemple, on devrait pouvoir déterminer s'il est utile ou non, pour la régénération du milieu, de protéger le champ du feu dans les toutes premières années qui suivent l'abandon de la culture.

Organisation du rapport

L'approche pluridisciplinaire adoptée (agronomes, forestiers, agro-forestiers, écologues, biologistes du sol, pédologues, socio-géographes), ainsi que l'emboîtement des échelles d'étude des différents paramètres (région climatique, terroir, station expérimentale) sont des caractéristiques intéressantes du programme.

Des chercheurs qui ont travaillé dans les 3 pays concernés (Cameroun, Mali, Sénégal) présentent leurs résultats dans ces rubriques. Une des difficultés et une des richesses du projet réside dans la multiplicité des équipes qui se sont retrouvés autour d'une même thématique et souvent sur les mêmes stations expérimentales.

Les nombreux chercheurs ayant participé au projet qui réunissait beaucoup de disciplines (géographie, agronomie, sociologie, écologie, foresterie, pédologie, biologie du sol...) présentent la plupart du temps leurs résultats sous forme d'articles.

Le rapport s'organise en chapitres reprenant les grandes lignes du document de projet :

- place de la jachère dans les systèmes agraires ;
- végétation et jachère : typologie, caractérisation environnementale des jachères et inventaire de la diversité végétale ; les espèces ligneuses, très importantes dans les jachères, font l'objet d'un développement particulier ;
- production végétale dans les jachères et dynamique du carbone dans le cycle culture-jachère
- inventaire et diversité des micro-organismes végétaux (rhizobiums, mycorhizes), animaux (nématodes) et de la mésofaune du sol (surtout vers de terre et termites).
- étude expérimentale sur l'importance de ces différents groupes sur le fonctionnement du système écologique jachère ;
- indicateurs des changements (caractéristiques du sol, de la végétation microorganismes et mésofaune du sol) au cours des cycles culture/jachère.

Références citées

- ADEDEJI, F. O., 1984 - Nutrient cycles and successional changes following shifting cultivation practice in moist semi-deciduous forests in Nigeria. *Forest Ecology and Management*, 9 (2): 87-99
- AKPO L. E., 1998 Effet de l'arbre sur la végétation herbacée dans quelques phytomasses au Sénégal Variation selon le gradient climatique Thèse Doct D'Etat. Univ. Cheikh Anta Diop (UCAD), Sénégal, 135p.
- ALEXANDRE, D. Y., 1989 - Dynamique de la régénération naturelle en forêt dense de Côte d'Ivoire Etudes et Thèses, ORSTOM, Paris, 102 p.
- ALEXANDRE, D. Y., GUILLAUMET, J. L., KAHN, F., NAMUR, C. De, 1978 - Observations sur les premiers stades de la reconstitution de la forêt dense humide (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire) Conclusion Caractéristiques des premiers stades de la reconstitution . Cah. ORSTOM, Sér. Biol. 13 (3). 267-270
- AUBREVILLE, A., 1947 - Les brousses secondaires en Afrique équatoriale- Côte d'Ivoire, Cameroun, A.E.F. Bois et Forêts des Tropiques 2. 24-49
- AWETO, A. O., 1981 - Secondary succession and soil fertility restoration in south-western Nigeria: I- Succession. *J. of Ecology* 69 (2) . 601-607
- BARBAULT, R., HOCHBERG M., 1992 - Population and community level approach to studying biodiversity in international research programs. *Acta Oecologica*, 13 :137-146.
- CONNEL, 1978 Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science* Vol. 199 . 1302-1310.
- DE NAMUR C. 1978 a. Observations sur les premiers stades de la reconstitution de la forêt dense humide (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). 4. Etude floristique. Cah. ORSTOM, Sér. Biol., Vol. XIII, n° 3 . 203-210
- DE NAMUR C. 1978 b. Observations sur les premiers stades de la reconstitution de la forêt dense humide (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire) Quelques caractéristiques du développement d'un peuplement ligneux au cours d'une succession secondaire ORSTOM, Sér. Biol. Vol. XIII, n° 3 211-221
- DE NAMUR C., et GUILLAUMET J. L., 1978 Observations sur les premiers stades de la reconstitution de la forêt dense humide (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). 3-Grands traits de la reconstitution dans le Sud-Ouest ivoirien. Cah. ORSTOM, Sér. Biol., Vol. XIII, n°3 : 197-201
- DEVINEAU J. L., 1986. Impact écologique de la recolonisation des zones libérées de l'Onchocercose dans les vallées Burkinabé (Nazinon, Nakamb, Mouhoun, Bougouriba) Rapport final, Convention ORSTOM/OMS - Projet de lutte contre l'Onchocercose, 151 p. (+ cartes)
- DI CASTRI, F., YOUNES T., 1990 - Ecosystem function of biological diversity *Biology International* n°22, Paris, IUBS, 20p
- FELLER, C., 1979 - Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols Application aux sols tropicaux, à texture grossière, très pauvres en humus Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., vol. XVII, n° 4: 339-346
- FOURNIER, A. & NIGNAN, S. 1997 Quand les annuelles bloquent la succession postculturale.. Expérimentation sur *Andropogon gayanus* en savane soudanienne (Bondoukuy, Burkina Faso) *Ecologie*, 28 (1) 13-21
- FOURNIER, A. 1997 Dans quelle mesure la production nette de matière végétale herbacée dans les jachères en savane soudanienne est-elle utilisable pour le pâturage ? Dans C. Floret (ed) La jachère, lieu de production, 81-88 CORAF/ORSTOM/Union Européenne, Dakar
- GREENLAND, D. J. et NYE, P. H. 1959. Increases in the carbon and nitrogen content of tropical soils under natural fallows *Journal of Soil Science* 10 (2), pp 284-299
- GUILLAUMET, J. L., 1978 - Observations sur les premiers stades de la reconstitution de la forêt dense humide (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire) I- Présentation. Cah. ORSTOM, Sér. Biol., Vol. XIII (3): 189-190
- HAINNAUX, G., 1980 - Le cycle de l'azote dans les agrosystèmes de l'Afrique de l'Ouest. in Rosswall, T. (ed.) *Nitrogen cycling in West African ecosystems*, Royal Swedish Acad. Science, Stockholm, Sweden, pp 115-130
- HALL, J. B., OKALI, D. U. U., 1979 - A structural and floristic analysis of woody fallow vegetation near Ibadan, Nigeria *J. Ecol.* 67 : 321-346
- HIEN. 1996 Recouvrement post-culturel de la végétation en savane soudanienne dans la région de Bondoukuy (Burkina Faso). Les jachères de moins de 10 ans . la flore, la persistance des adventices, lien avec le milieu et son utilisation D.E.A. Université de Ouagadougou - Burkina Faso, 93p.
- HOBBS R. H., 1992 Function of biodiversity in mediterranean ecosystems in Australia, 245p
- HOEFSLOOT H., VAN DER POL F. & ROELEVELD L. 1993. De la jachère naturelle à la sole fourragère à la recherche de l'intensification de l'agriculture dans la savane ouest Africaine. In La jachère en Afrique de l'Ouest. Atelier International 2-5 décembre 1991, Montpellier, France. ORSTOM Colloques et Séminaire 461-463
- HUSTON, M. 1979. *Biological Diversity. The coexistence of species on changing landscapes.* Cambridge University press. ISBN à 521-36930-4. Vol. 262. Pp 1676-1680
- KAHN, F., 1982 - La reconstitution de la forêt tropicale après culture traditionnelle (sud-ouest de la Côte d'Ivoire). Mémoire ORSTOM, n°97, 150 p
- MEDINA, E. & HUBER, O. 1992. The role of biodiversity in the functioning of savanna ecosystems In Sorbrig, O. T., Van Emden, H. M and Van Oordt, P. G. W. J (eds) *Biodiversity and global change* Monograph n° 8, International Union of Biological Sciences, Paris
- MENAUT, J. C., BARBAULT, R., LAVELLE, P., LEPAGE, M., 1985 - African Savannas . biological systems of humification and mineralization. In J. C. Tothill et J. J. Mott "Ecology and Management of the world's savannas", Australian Acad. Science, Canberra, pp. 14-33.
- MERLIER, H., 1967 - Evolution d'une jachère naturelle bisannuelle intervenant dans une rotation quinquennale type sa comparaison avec une jachère continue naturelle. Colloque sur la fertilité des sols tropicaux 19-25/11/1967, Tananarive, IRAT, Paris, pp 1803-1822
- MIEGE, J., BODARD, M., CARRERE, P., 1966. Evolution floristique des végétations de jachère en fonction des méthodes culturales à Darou (Sénégal) *Trav. Fac. Sci., Univ. Dakar*, 58 p. et IRHO, Paris, Série Scientifique n° 14.
- MITJA, D., 1990 - Influence de la culture itinérante sur la végétation d'une savane humide de Côte d'Ivoire (Booro-Borotou ; Touba). Thèse Doctorat, Univ. Paris VI, Spécial. Biologie Végétale Tropicale, 314 p.
- MITJA, D., HLADIK, A., 1989 - Aspects de la reconstitution de la végétation dans deux jachères en zone forestière africaine humide (Makokou, Gabon) *Acta Oecol.*, *Oecol. Plant* 10 (1): 75-94
- OUEDRAOGO, J., 1985 - Contribution à l'étude du dynamisme des formations naturelles du Burkina. Reconstitution des jachères dans la zone de Kaibo, Niaogho. Mémoire Fin d'Etudes, IDR, ORSTOM, Ouagadougou, 63 p
- PICKETT S. J. A., 1976. Succession : an evolutionary interpretation *American Naturalist*, 110 : 107-119
- PICKETT S. J. A., 1980 Population patterns through 20 years of field succession *Vegetation*, 49 . 45-49
- REINERS, W. A., 1981 Nitrogen cycling in relation to ecosystem succession In Clark, F. E., Rosswall, T. (eds), *Terrestrial Nitrogen Cycles*, *Ecol. Bull. (Stockholm)* 33 507-528
- ROBERT et GILLIAN, 1995. Patterns and mechanisms of plant diversity in forested ecosystems : Implications for forest management. *Ecol. Applications*, 5 (4), 99 969-977.
- ROUX, M. B. 1996 Diversité des espèces ligneuses et anthropisation des jachères (cas de deux terroirs villageois du Mali) DEA Biologie de l'Evolution et Ecologie. USTL de Montpellier, 28p

- SCHNELL, R. 1976 Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux La flore et la végétation de l'Afrique tropicale. Vol 3, 1^{ère} partie, Gauthiers-Villars, Paris
- SEBILLOTTE, 1985. La jachère Eléments pour une théorie Dans : A travers champs, Agronomes et Géographes, 175-229. Collection Colloques et Séminaires ORSTOM, Paris
- WHITE, 1993. The vegetation of Africa Natural resources research XX. Unesco, Paris.
- WHITTAKER, R. H. 1977. Evolution of species Diversity in Land Communities From : Evolutinary biologie, Volume 10 Edited by Max K Hecht, William C. Steere and Bruce Wallace. (Plenum publishing corporation)
- WHITTAKER, R. H , 1972. Evolution and measurement of species diversity Taxon 21, 213-51

Tableau 1.1 : Description des principaux sites d'études au Nord-Cameroun

| Régions | Garoua | Maroua | Kolofata |
|---------------------------------|--|---|---|
| Terroirs | Ouro labo | Gazad | Kolofata |
| Localisation | ~ 30 km au sud-est de Garoua. | 40 km au sud de Maroua. Plaine du Diamaré. | 20 km au nord-ouest de Mora (~ 70 km au nord de Maroua). |
| Caractéristiques climatiques | Zone soudanienne. P moyenne : 1000-1200 mm. | Zone soudano-sahélienne. P moyenne : 700-800 mm. | Zone sahélo-soudanienne. P moyenne : 500-600 mm. |
| Géomorphologie | Glacis de faible pente entre 200 et 220 m. | Région en général très plate avec cependant des massifs isolés, dont les altitudes sont parfois importantes (700 m). A l'ouest, la plaine est dominée par les Monts Mandara dont l'altitude est supérieure à 1000 m. | Bourrelet sableux (dune). |
| Caractéristiques édaphiques | <ul style="list-style-type: none"> • Sols ferrugineux sur grès. • Sols lessivés tropicaux. | <ul style="list-style-type: none"> • Sols halomorphes. • Sols ferrugineux sableux. • Sols caillouteux fertiles. • Sols ferrugineux et fersialitiques. • Vertisols <u>±</u> dégradés. | <ul style="list-style-type: none"> • Sols ferrugineux tropicaux rouges sur sable dunaire. • Vertisols calcimorphes. • Sols peu évolués sur alluvions. |
| Paysage et végétation dominante | Savane soudanienne dominée par les Combrétacées (<i>C. glutinosum</i> , <i>C. nigricans</i>) et autres espèces : <i>Strychnos innocua</i> , <i>Daniela oliveri</i> , | <u>Sur sols ferrugineux</u> : Végétation à base de Combrétacées. <u>Sur vertisols</u> : Végétation à base d'épineux dominées par <i>Acacia seyal</i> . | Savane arborée ou arbustive peu dense, fortement anthropisée. |
| Activité humaine | Zone de front pionnier. Pas de fertilisation des champs de case à la fumure organique. | Principaux groupes ethniques : Peuls et assimilés, Gizigas. Population sédentaire en grande partie. Agro-sylvo-pastoralisme. Les principales cultures sont les céréales (sorgho, mil, maïs), les légumineuses (niébé, arachide, voanzou) et comme culture de rente, le coton. Eleveurs nomades et semi-nomades. Elevage extensif basé sur la divagation. Forte pression sur les terres de culture avec augmentation des surfaces cultivées et/ou raccourcissement du temps de jachère. Agriculture de type intensif. Volonté de stabilisation du terroir, d'abord avec les champs de case, puis avec l'implantation de la culture du <i>muskuwaari</i> (sorgho de contre-saison) et qui s'achève par une sole cotonnière à courte révolution. La jachère constitue un terrain de parcours aux petits ruminants. La cueillette y est minimale, excepté pour le bois de chauffe surexploité. | Cultures de saison des pluies ou du <i>muskuwaari</i> abandonnées au profit de la culture maraîchère ou aux activités commerciales. La mise en jachère est souvent assimilée à un abandon définitif. |

Tableau 1.2 : Description des sites d'études au Mali.

| Terroir | Missira | Lagassagou | Gouani | N'Goukan |
|--|---|---|--|--|
| Localisation | 13°45'N-8°27'O # 200 km au nord de Bamako. Région de Koulikoro. Cercle de Kolokani | 13°50'N-3°38'O Région de Mopti. Cercle de Bankass. | 12°16'N-7°34'O # 80 km au sud-est de Bamako. Région de Koulikoro. Cercle de Kati. | 12°21'N-5°19'O # 20 km au sud-est de Koutiala |
| Caractéristiques Climatiques | Zone soudanienne nord - 1 saison des pluies P moyenne : 600-750 mm | | Zone soudanienne - 1 saison des pluies P moyenne : 800-1000 mm | |
| Géomorphologie | Appartient à la région naturelle du plateau Mandingue : ensemble de plaine, buttes et collines de grès et de dolérites. | | Ensemble comprenant un plateau gréseux, une falaise, des massifs tabulaires de grès (sommets pouvant dépasser les 1000 m), la plaine sablonneuse du Séno. | |
| Caractéristiques édaphiques | <ul style="list-style-type: none"> Sols ferrugineux lessivés sur plaine à matériaux limono-sableux (PS3) Sols ferrugineux lessivés modaux sur plaine à matériaux limoneux fins (PL5) Sols ferrugineux tropicaux appauvris (PL8) Sols peu évolués d'érosion sur cuirasse régosolique (TC4) | | 2 types de sols selon la classification paysanne : <ul style="list-style-type: none"> les <i>saba</i>, sols sableux dunaires les <i>indogu</i>, sols sablo-limoneux dans les bas-fonds interdunaires | |
| Paysage et végétation dominante | <p><u>Sur PS3</u> : <i>Sclerocarya birrea</i>, <i>Ptilostigma reticulatum</i> Zone de culture.</p> <p><u>Sur PL</u> : Prairies à arbustes épineux dispersés (au nord) jusqu'à des peuplements denses et très divers d'arbres et d'arbustes. Zone de culture. <i>Combretum glutinosum</i>, <i>Bombax costatum</i> (PL5). <i>Anogeissus leiocarpus</i>, <i>Loudetia togoensis</i></p> <p><u>Sur TC4</u> : Végétation arbustive à strate herbacée dominée par les graminées annuelles. <i>Combretum glutinosum</i>, <i>Andropogon pseudapricus</i></p> | | <p>Parcs agroforestiers.</p> <p><u>Sur les <i>saba</i></u> : <i>Ptilostigma reticulatum</i>, <i>Prosopis africana</i>, <i>Guiera senegalensis</i>, <i>Sclerocarya birrea</i>, <i>Acacia albida</i>.</p> <p><u>Sur les <i>indogu</i></u> : <i>Acacia seyal</i>, <i>Acacia senegal</i>, <i>Combretum glutinosum</i>, <i>Balanites aegyptiaca</i>.</p> | |
| Activité humaine | Kakolos majoritaires, Bambaras, Maures. Densité de population faible (< 10 hab./km²). Agro-sylvo-pastoralisme à dominante agricole. Superficie cultivée : 40 % du terroir. Cultures céréalières (sorgho, mil et maïs) pluviales. Exploitation extensive avec brûlis et jachères (excédant souvent 20 ans). Elevage extensif selon un mode sédentaire et un mode transhumant (Maures et Peuls). | | Bambaras majoritaires. Faible densité de population (< 20 habitants/km²). Zone de culture cotonnière où il existe de vastes superficies de jachères de 1 à 30 ans. Superficie cultivée : 32 % du terroir. Durée moyenne de la jachère : 7-10 ans. Terroir de passage des animaux transhumants. Le pâturage des animaux dans les jachères est fréquent, surtout pendant l'hivernage quand les résidus de récolte se font rares. | |
| | | | Sur colline : Sols gravillonnaires avec blocs et affleurements de cuirasse, en général pas profonds. (<i>Nianga</i>) Sur versants : Sols gravillonnaires peu profonds (20 à 50 cm) (<i>Nianga-tioon</i>). Au sommet des plateaux ou sur versants indurés : Sols limoneux avec parfois des petits gravillons, très peu profonds (<i>Katiaga</i>). Dans les bas-glacis : <ul style="list-style-type: none"> Sols sableux, généralement profonds, exempt d'éléments grossiers en surface (<i>Guéchien</i>). Sols de couleur sombre, hydromorphes, profonds (<i>Tawogo</i>) | |
| | | | Sur le <i>Nianga</i> : Savane arbustive à arborée (<i>Detarium microcarpum</i> , <i>Guiera senegalensis</i> , <i>Acacia macrostacia</i> , etc.) Sur le <i>Nianga-tioon</i> : Savane parc à strate arbustive dense (<i>Vitellaria paradoxa</i> , <i>Parkia biglobosa</i> , <i>Sclerocarya birrea</i> , <i>Prosopis africana</i> , <i>Guiera senegalensis</i> , <i>Combretum nigricans</i> , <i>Combretum glutinosum</i>). Sur le <i>Katiaga</i> : Savane arbustive à arborée dominée par <i>Guiera senegalensis</i> , <i>Securinega virosa</i> , <i>Ximelia americana</i> , <i>Daniela oliveri</i> . Sur le <i>Guéchien</i> et le <i>Tawogo</i> : Savane parc à <i>Vitellaria paradoxa</i> et <i>Parkia biglobosa</i> . | |
| | | | Miniankas majoritaires. Zone de culture cotonnière et céréalière Système à jachère courte ou absente. Réserve de terres quasi nulle. Elevage intensif. | |

Tableau 1.3 : Description des sites au Sénégal

| Terroir | Sonkorong | Sare yorobana | Bantankountou Maounde | Guiro Yoro Bocar | Santakoye | Badioure | Djimandé | Kagnarou | Medina Kebe |
|---------------------------------|--|--|---|---|--|---|---|--|-------------|
| Localisation | 13°46'N-15°32'O Sur la frange méridionale de la région du Sine-Saloum. | 12°50'N-14°50'O Région de Kolda (Haute Casamance) | 12°46'N-14°56'W | 12°46'N-14°50'W | 12°58'N-14°51'W | Département de Bignona. Nord de la Basse Casamance, région administrative de Ziguinchor, au sud du Sénégal. | | Département de Kaffrine Sud-est de la région de Kaolack. | |
| Caractéristiques climatiques | Climat tropical sec à saisons contrastées. P moyenne : (500-700 mm) T°C moyenne mensuelle : 25-32 | Climat tropical sec à saisons contrastées. P moyenne : 1000 mm T°C moyenne mensuelle : 29-32 | | | | Zone soudanienne - 1 saison des pluies P moyenne : 850-1200 mm. | | Zone sahélo-soudanienne P moyenne : 500-800 mm. | |
| Géomorphologie | Paysage tabulaire d'éléments topographiques horizontaux : plateaux résiduels (altitude 40 m), glacis de raccordement terrasses et bas-fonds. | | | | | Plateau, talwegs, plaines fluvio-marines. | | Relief d'ensemble peu marqué et très monotone. | |
| Caractéristiques édaphiques | <p><u>Sur plateaux</u> : Sols ferrugineux tropicaux lessivés à tâches et concrétions, Sols tronqués (cuirasse à moins de 1 m)</p> <p><u>Sur glacis</u> : Sols rouges et jaune rouges ferrugineux tropicaux lessivés remaniés</p> <p><u>Sur pentes et bas-fonds</u> : Sols peu évolués d'apport alluvial sur matériau de démantèlement de cuirasse, Sols hydromorphe à gley profond</p> | <p><u>Sur plateaux</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> Sols ferrugineux tropicaux lessivés à tâches et concrétions. Sols profonds et moins argileux. <p><u>Sur glacis</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> Sols rouges et jaune rouges ferrugineux tropicaux lessivés remaniés <p><u>Sur pentes et bas-fonds</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> Sols peu évolués d'apport alluvial sur matériau de démantèlement de cuirasse. Sols hydromorphe à gley profond. | | | | <ul style="list-style-type: none"> Sols ferrallitiques rouges et sols ferrugineux tropicaux beiges lessivés (plateau). Sols hydromorphes à gley, dépôts alluviaux en provenance du plateau (talwegs). Sols halomorphes, potentiellement sulfatés acides (mangroves), sulfatés acides (annes tuées), para-sulfatés (zones herbaçées et rizières) | <ul style="list-style-type: none"> Sols peu évolués gravillonnaires sur cuirasse ferrugineuse. | | |
| Paysage et végétation dominante | <p><u>Sur plateaux</u> : 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 le prélèvement intense donne un paysage de brousse tachetée.</p> <p><u>Sur glacis</u> : Zone essentiellement de culture. Parc arboré à <i>Cordia alliodora</i></p> <p><u>Sur pentes et bas-fonds</u> : Couvert végétal peu dégradé. Présence d'espèce soudanienne <i>Khaya senegalensis</i>, <i>Daniella oliveri</i>, ainsi que des essences plus hygrophiles.</p> | <p><u>Sur plateaux</u> : Formation très boisée à <i>Terminalia macroptera</i>, <i>Combretum geitonophyllum</i> et <i>C. glutinosum</i>.</p> <p><u>Sur glacis</u> : Alternance de culture, jachères et forêts claires.</p> <p><u>Sur pentes et bas-fonds</u> : Formation à <i>Elaeis guineensis</i>. Jardins et vergers.</p> | | | | <ul style="list-style-type: none"> Paysage forestier de plateau constitué de reliques de forêts primitives, forêts demi-sèches (<i>Khaya senegalensis</i>, <i>Parinari excelsa</i>, etc.), brousse secondaires (<i>Prosopis africana</i>, <i>Cassia siberiana</i>) et reconstitution spontanée de peuplement de belle-venue (<i>Daniella oliveri</i>). Mangroves (<i>Rhizophora racemosa</i>, <i>Avicennia nitida</i>) au niveau de l'estuaire, sur les atterrissements vaseux ; paysages de prairies sur les affleurements sablonneux. | <p>Le terroir est un axe entre les forêts classées de Mbégué (nord-est) et de Kassar (sud-ouest). Dominance très nette des Combretacées (<i>Combretum glutinosum</i>, <i>C. microanthum</i>).</p> | | |
| Activité humaine | <p>Wolofs majoritaires. 70 habitants/km². 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</p> | <p>Peuls Fouladou. Vastes surfaces inexploitées.</p> | <p>Peuls et Mandingues. 25 habitants/km². Les jachères représentent 48 % du terroir. Elles sont principalement de courte (1-4 ans) et moyenne (5-9 ans) durée.</p> | <p>Peuls Fouladou. 55 habitants/km². Les jachères représentent 44 % du terroir. Elles sont de courte, moyenne et longue durée (> 10 ans).</p> | <p>Peuls Fouladou. 12 habitants/km². Les jachères représentent 31 % du terroir. Elles sont principalement de moyenne et longue durée.</p> | <p>Diolas majoritaires. Principales activités : l'agriculture : cultures arachidières et céréalières (mil, sorgho), l'élevage et la pêche Zone rizicole par excellence.</p> <p>Les superficies des jachères de 1 à 7 ans sont # égales à celles de plus de 15 ans.</p> <p>Dominance des jachères de 1 à 7 ans</p> | <p>Dominance des jachères de 1 à 7 ans.</p> | <p>Grande disponibilité en terre. Paradoxalement, les jachères sont de courtes durée (1-3 ans), très peu de jachères longues Zone de transhumance.</p> | |
| | | <p>Céréales sèches et inondées, arachide étroitement associée à un élevage extensif sédentaire Paysage 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 des mouvements journaliers des troupeaux en saison sèche.</p> | | | | <p>Existence d'un élevage extensif et d'un élevage dit « intégré » (bœufs de trait bénéficiant d'un affouragement à l'auge et de soins attentifs). Les jachères sont les seuls lieu de parcours durant l'hivernage.</p> | | | |

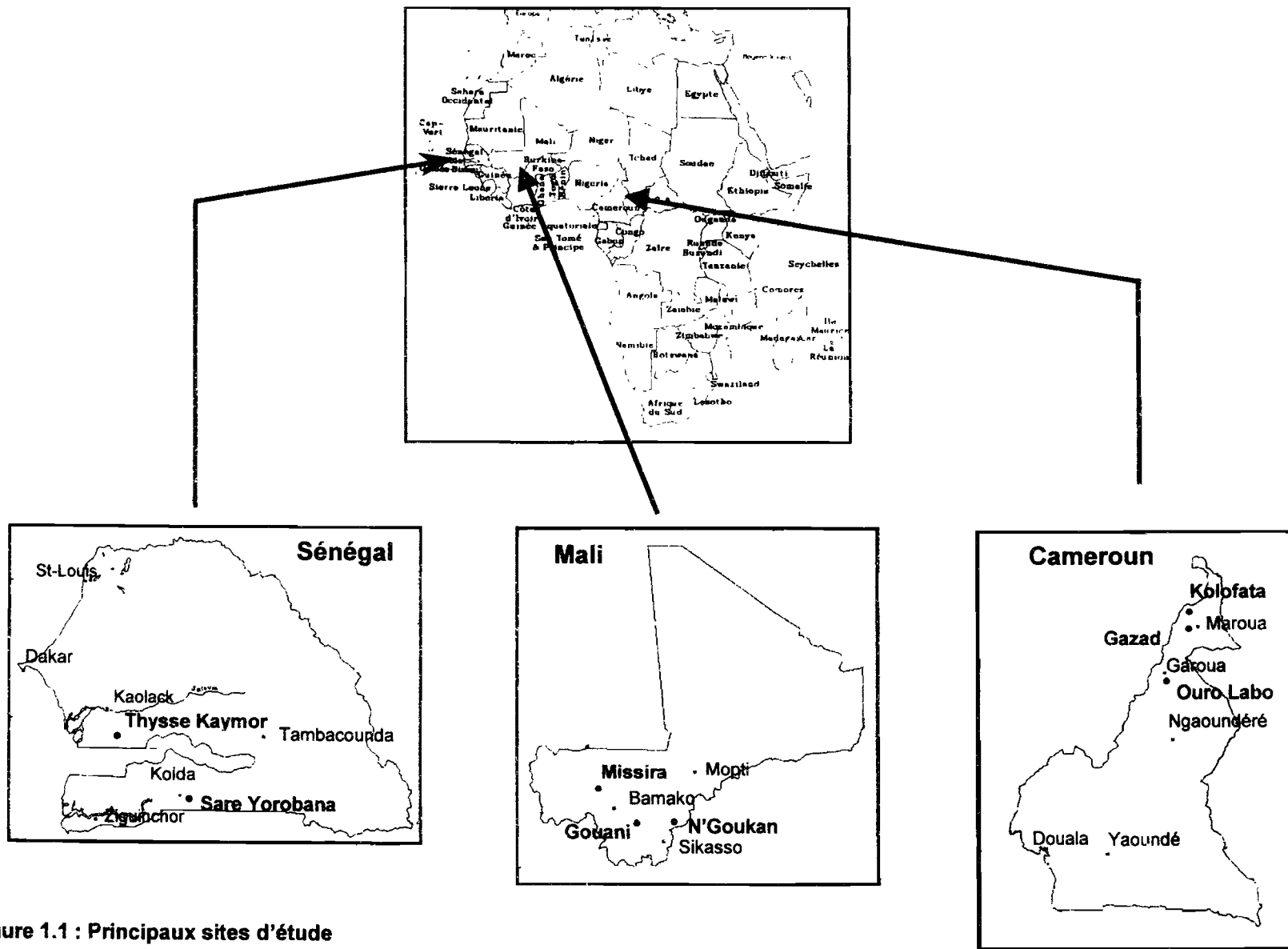


Figure 1.1 : Principaux sites d'étude

2 LA JACHERE DANS LES SYSTEMES AGRAIRES

*synthèse réalisée par Kristine DA CONCEIÇÃO SILVA¹
sur la base des travaux de Sylvie FANCHETTE¹, ABOUBACAR², Ousmane MAÏGA³, Arnaud DUBOISSET²,
Maguette KAÏRE⁴, Didier BAZILE³, Paul DONFACK³, Christlan SEIGNOBOS², Alphousseiny BODIAN⁴*

1 ORSTOM, Sénégal ; 2 ORSTOM, Cameroun ; 3 ORSTOM, Mali ; 4 ISRA, Sénégal ; 5 IRAD, Cameroun

2.1 INTRODUCTION

En Afrique tropicale (et particulièrement en Afrique de l'Ouest), un des systèmes traditionnels de l'utilisation des sols consiste en une phase de culture qui dure de 5 à 15 ans, suivie d'un abandon cultural après la baisse des rendements. Cette phase de jachère permet la remontée de la fertilité grâce à un retour à la savane arbustive ou arborée (en 30-40 ans), souvent considérée comme une jachère de longue durée (Floret *et al.*, 1993).

Hormis la reconstitution de la fertilité, la jachère intervient dans la lutte contre les adventices, dans la production de fourrage, de bois, de produits alimentaires, médicinaux, dans la gestion du terroir villageois, etc. (Floret *et al.*, 1993 ; Jouve, 1993).

Ces systèmes de culture itinérante, basés sur l'alternance culture-jachère, génèrent des paysages ruraux résultant d'une combinaison de champs arborés, de jachères d'âge variable, herbeuses, arbustives ou forestières, et de savanes et forêts conservées en l'état (Serpantié et Floret, 1994). Aussi, la pratique de la jachère apparaît comme une des caractéristiques les plus discriminantes des systèmes agraires. L'analyse de ses rôles et de ses fonctions constitue alors un moyen privilégié de compréhension de l'évolution historique et de la diversité géographique des modes d'exploitation agricole du milieu (Jouve, 1993).

Aujourd'hui, sous l'effet de la pression démographique, de l'extension des cultures de rente, des changements dans les systèmes culturaux et la conduite du bétail, la pratique de la jachère évolue (figure 2-1). Les temps de jachère se raccourcissent, leur pratique se raréfie et elles changent de nature (Serpantié et Floret, 1994). Cette évolution peut mettre en cause la reproduction des systèmes de production adoptés jusqu'ici par les agriculteurs. Aussi, l'identification des rôles et fonctions de la jachère dans les systèmes anciens et actuels et des modes de gestion de la jachère, et de ses ressources, semble indispensable pour concevoir des systèmes alternatifs améliorés qui aient quelque chance d'être adoptés par les agriculteurs.

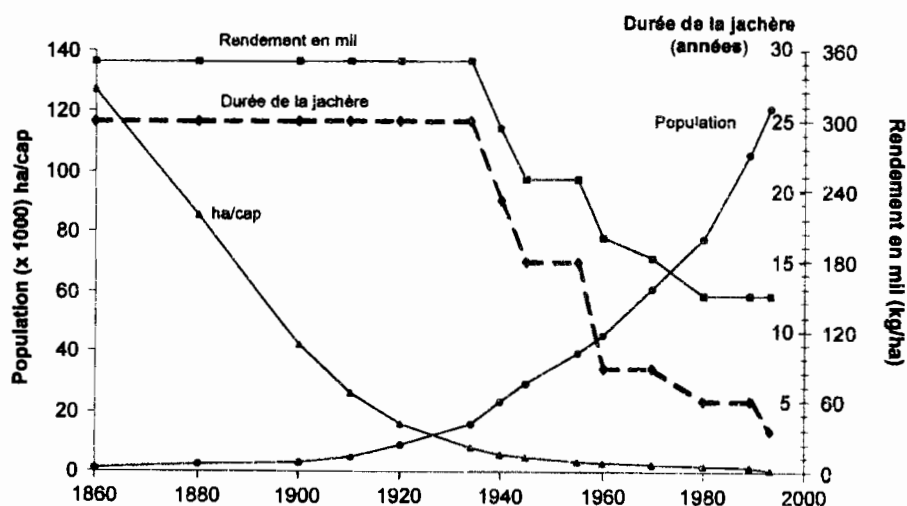


Figure 2.1 : Evolution comparée de la croissance démographique de la durée des friches et des rendements du mil au Zarmaganda au Niger (d'après Rockström, 1997)

2.2 HISTORIQUE ET DYNAMIQUE DE LA JACHERE AU SEIN DES SYSTEMES AGRAIRES

Accroissement démographique, extension des surfaces cultivées, début de mécanisation de l'agriculture et accroissement du cheptel sont autant de facteurs qui interviennent dans la modification des systèmes agraires des savanes. Les effets combinés de ces facteurs font que les paysages d'aujourd'hui

sont en pleine mutation et que la pression exercée sur les ressources naturelles risque de compromettre la pérennité des systèmes de production (Bazile, 1997).

L'évolution de l'occupation des sols

Le cas de Thyse Kaymor (Sonkonrong) au Sénégal (Bodian, 1993)

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

Entre 1972 et 1987, parmi ces 5 unités cartographiques, deux ont augmenté en superficie ; ce sont :

- les zones agricoles pluviales avec une augmentation de 10,6% (soit 0,7% par an) au détriment des savanes boisées et boisées dégradées ;
- les prairies marécageuses qui présentent un accroissement de 2,5% (soit 0,1% par an) au détriment des zones de cultures pluviales ou des savanes boisées. Compte tenu de la diminution de la pluviosité, ce phénomène trouverait son explication dans l'augmentation très sensible de l'aptitude au ruissellement des bassins versants allant de pair avec une dégradation du milieu.

Ainsi, deux unités ont perdu de la surface durant ces 15 années, à savoir les savanes boisées (- 6,7 %) et les savanes boisées dégradées (- 5,8%). D'après les observations sur le terrain, la mise en jachère de parcelles de culture n'aurait pas compensé les défrichages. Les galeries forestières, quant à elles, sont restées quasiment stables.

Les cas des terroirs de Gouani et Lagassagou au Mali (Karembe, 1996 ; Karembe *et al.*, 1998)

A Gouani, les unités d'occupations retenues sont : zone cultivée (ZC), jeunes jachères (JJ), vieilles jachères (VJ), savanes arborées sur versants (SAV), galeries forestières (GF), savanes arbustives (Sa), savanes arborées sur collines (SAC) et zones dégradées (ZD). Les 5 premières unités appartiennent à la zone agro-sylvo-pastorale et les 3 dernières à la zone sylvo-pastorale.

L'évolution de ces différentes unités d'occupation entre 1978 et 1990 est exprimée dans le tableau ci-dessous :

| Unités d'occupation | Evolution en % (1978-1990) |
|---------------------|-------------------------------|
| ZC | + 77,5 |
| JJ | + 26,4 |
| VJ | - 10,5 |
| SAV | - 6 |
| GF | - 60,1 |
| Sa | # 0 |
| SAC | # 0 |
| ZD | + 53 |

Entre 1978 et 1990, les unités qui ont connu une évolution positive sont : zone cultivée, zones dégradées et jeunes jachères ; celles qui ont connu une évolution négative : galeries forestières, vieilles jachères et savanes arborées sur versants ; enfin, celles qui sont restées stables : savanes arbustives et savanes arborées sur collines.

L'augmentation des superficies cultivées s'est faite essentiellement au détriment des galeries forestières. Elle a plus que doublé en 12 ans. Cet accroissement peut être mis en relation avec l'augmentation de la population humaine (x 2,24 en 20 ans), de la pression foncière et, l'introduction de la culture de coton et de la culture attelée.

A Lagassagou, en 1952, l'espace territorial présentait 3 unités d'occupation à savoir : les jachères anciennes (âge d'abandon > 10 ans), les jachères récentes (âge d'abandon < 10 ans) et les champs ou zones cultivées. Chacune de ces unités représentaient respectivement 52,6%, 16,5% et 30,9% de la superficie totale du terroir villageois.

En 1996, ce sont principalement 4 unités d'occupation qui caractérisent l'ensemble du terroir: la zone cultivée, les jachères pastorales, les jachères agricoles et une zone sur pente dégradée. La zone cultivée occupe la presque totalité (68,8%) de l'étendue du terroir villageois, entrecoupée de quelques aires en jachère très réduites dont l'ensemble occupe 29,4% de la superficie totale. Toutes ces jachères, quelles soient pastorales (15,8%) ou agricoles (13,6%), sont récentes. Ainsi, de 1952 à 1996, la zone cultivée a plus que doublé (de 31% à 69%) alors que les jachères anciennes, qui occupaient plus de la moitié du terroir en 1952, ont totalement disparu en 1996 et les jachères récentes pratiquement doublé (de 16,5 à 29%). Enfin, une zone dégradée a fait son apparition et occupe # 2% de la superficie du terroir. Cette évolution des différentes unités d'occupation traduit un processus de dégradation continue sur un territoire saturé (Karembe et al., 1998).

Sur l'ensemble de la zone Mali-Sud, l'extension des surfaces cultivées est actuellement de 7% par an. La pression sur les ressources en terre augmente. Elle peut s'exprimer à travers l'indicateur d'intensité d'utilisation agricole des terres qu'est le PAT ou Potentiel Agro-démographique des Terres. C'est un ratio exprimant le nombre d'hectares cultivables en réserve par hectare cultivé. La norme FAO est un PAT de 2 pour un système de production avec peu d'intrants en zone de savane comme c'est le cas pour le Mali. Cela signifie que la surface en jachère doit être le double de la surface cultivée pour assurer la durabilité des activités agricoles. En deçà de ce seuil critique, la dégradation des sols est inévitable si une intensification de l'agriculture, notamment par l'emploi d'engrais chimiques, ne remplace pas l'utilisation de la jachère pour la remontée de la fertilité. Les secteurs les plus touchés se situent dans la zone cotonnière centrée sur Koutiala ; ce sont ceux qui, par ailleurs, possèdent le plus fort accroissement démographique (Bazile, 1997).

A Gouani où la réserve en terre est encore importante ce ratio, qui était de 8,2 en 1978, a chuté à 4,1 en 1990 laissant présager un dépassement proche du seuil critique. Quant à Lagassagou, ce ratio qui n'était déjà plus que de 2,2 en 1952 a chuté à 0,4 en 1996, traduisant ainsi la situation particulièrement critique de saturation de l'espace.

Le cas du terroir de Gazad au nord-Cameroun

D'importantes mutations de l'occupation de l'espace du terroir de Gazad ont été constatées ces dernières années. Entre 1994 et 1997, elles sont particulièrement marquées dans toute la zone à vertisol (*karal*), avec l'augmentation de 125% de la surface initiale cultivée en *muskwaari* (sorgho de contre-saison). Cette expansion s'est faite au détriment de jachères âgées de plus de 20 ans. A l'heure actuelle, il n'existe quasiment plus de surface en jachère sur vertisol modal (*wula*) ou partiellement dégradé (*tindiling*). Par ailleurs, aucune déprise des sols n'a été constatée dans cette zone, excepté lors de déficit pluviométrique empêchant le repiquage de toute la surface de culture (année 1997-1998).

Les espaces concernant les sols ferrugineux sont eux moins touchés par le défrichage. On constate cependant une augmentation de 65% des surfaces cultivées toujours au dépend des jachères dont 35% correspondent à des parcelles âgées de moins de 30 ans. Ce sont surtout les jachères les plus accessibles qui ont été remises en culture. Le principal facteur expliquant l'extension des cultures de saison pluvieuse semble être les améliorations techniques apportées récemment par la mécanisation: 80% des charrues ont été acquises ces 10 dernières années. Toutefois, l'importance de l'augmentation de ces surfaces cultivées doit être minorée car de nombreux abandons ont été constatés l'année suivante (1998).

Les modes de défrichage utilisés dans la zone à vertisol assurent la préservation d'un parc arboré minimum et peu diversifié, constitué en majorité de *Balanites aegyptiaca* et de *Tamarindus indica*, et soumis à un fort élagage. En revanche, le parc arboré des zones cultivées sur sols ferrugineux est plus dense et diversifié, constitué essentiellement d'*Anogeissus leiocarpus*, *Sclerocarya birrea* mais aussi *Sterculia setigera*, *Tamarindus indica* et *Dyospiros mespiliformis*.

Cette évolution du couvert végétal ligneux, en particulier pour les vertisols, trouve son explication dans :

- le vif intérêt économique que suscite la culture du *muskwaari*, raison principale à la rapide et conséquente augmentation des cultures sur vertisol : ces sorghos sont passés du rang de culture de subsistance au rang de principale culture de rente, devançant ainsi nettement la culture du coton.

- le retour de quelques migrants ayant fui la sécheresse des années 70 qui a catalysé, principalement dans les *kare* (vertisol), le processus de remise en culture des vieilles jachères. En effet de peur de voir un retour massif des populations Guizigas installées dans la province du Nord-Cameroun, les villageois ont levé l'interdit bloquant toute remise en culture des zones abandonnées lors de l'exode des années 70. D'un commun accord mais sans véritable concertation, ils se sont mis à défricher ces zones à partir de 1992.
- enfin, dans l'intérêt économique du bois de feu, entretenu par une forte demande émanant du centre urbain de Maroua, qui a certainement joué un rôle non négligeable, quoique indirect, sur l'importance des défriches (surtout dans les *kare*). Ainsi, certaines surfaces ont pu être très rapidement mises en culture grâce au gain provenant de la vente du bois.

Sur les ferrugineux, c'est principalement l'introduction de la charrue qui explique l'extension des cultures de saison des pluies. Finalement, les mutations récentes du parcellaire de Gazad tiennent davantage aux transformations du système agraire qu'à l'augmentation de la population.

Conclusion

Parmi les exemples précités, on peut distinguer deux « types » de terroirs présentant chacun une tendance évolutive de l'occupation des sols, à savoir :

- des terroirs d'occupation (ou de réinstallation) relativement récente (Gouani, Gazad), où la pression agricole n'est pas encore très forte et les réserves en terre encore relativement importantes (sous forme de galeries forestières, vieilles jachères, ...) permettant ainsi un fort accroissement des superficies cultivées et des jeunes jachères. La pratique de la jachère y est encore facilement observable.
- des terroirs saturés comme c'est le cas à Thyse, bassin arachidier, et à Lagassagou, où il n'y a plus guère d'évolution possible parmi les différentes unités d'occupation. Les réserves en terres sont quasi inexistantes et les aires de jachère très réduites. La remontée de la fertilité qui ne peut plus être assurée par la jachère, trop coûteuse en temps et en espace, passe par l'usage des intrants et une gestion dont les modalités seront développées ultérieurement (paragraphe 2.5.5).

Evolution et aspects socio-économiques des jachères

Depuis une trentaine d'années, avec la pression démographique et la croissance du cheptel bovin, les modes d'utilisation des terroirs et la pratique de la jachère se sont transformés en parallèle avec l'introduction de cultures de rentes comme l'arachide et le coton, et la vulgarisation de nouvelles techniques agricoles (culture attelée, engrais, herbicides).

Le cas de la haute Casamance au Sénégal (Fanchette, 1996-1997)

La jachère, jusqu'aux années 1960-1970, était largement pratiquée dans les terroirs peuls du Fouladou. En l'absence d'engrais chimiques et organiques suffisants, la jachère était le seul moyen pour les agriculteurs de reconstituer la fertilité de leurs champs. Les champs proches du village, que l'on appelle *kéné*, pouvaient être mis en jachère, pendant que les terres plus éloignées, en limite de plateaux, étaient cultivées. Les agriculteurs à la recherche de terres nouvelles défrichaient les brousses de plateaux en groupe, les *séguéli*, qu'ils cultivaient durant 7 à 10 ans, puis abandonnaient pendant au moins une dizaine d'années. Il y avait deux sortes de jachères : l'une qui s'intercalait entre deux cycles de cultures et s'accompagnait d'une régénération forestière plus ou moins rapide et complète : *la jachère arborée* ; l'autre qui venait se placer entre deux cultures d'un même cycle, le mil et l'arachide : *la jachère d'assolement*. La jachère d'assolement était assez rare et apparaissait lorsque la culture devenait permanente. Il existait aussi des jachères occasionnelles, dues à un manque de bras, plus rarement de semences, ou à des pluies trop tardives.

Les diverses parties de l'espace agro-pastoral étaient bien partagées entre zones alternativement mises en culture ou en parcours pour les animaux, préservant d'éventuels conflits entre agriculteurs et agro-éleveurs. Depuis la fin des années 1960 et jusqu'aux années 1980, la vente à crédit des intrants et de matériel (charrue, houe, sarcluse mécanique) par les sociétés d'encadrement agricole (ONCAD ou SODEFITEX) s'est soldée par une expansion extraordinaire des superficies cultivées en arachide et, dans certains villages, en coton. Avec l'intensification des systèmes de culture, la priorité a été donnée aux

champs proches du village, les *kéné*, dont la culture attelée a permis le défrichement à blanc, au détriment des terres plus éloignées du village. En limites de plateau, les *coile*, où anciennes jachères, lieu de parcage nocturne des bovins en hivernage, constituent des réserves foncières richement fumées. Selon la pression démographique et l'importance de la mécanisation, ces espaces sont devenus résiduels. Quant aux *séguéli*, plus difficiles à cultiver, car non adaptés aux machines, plus soumis aux ravages des animaux sauvages et du bétail et trop éloignés des habitations, ils ont été, à l'exception des grands villages maraboutiques où l'agriculture constitue l'activité principale, abandonnés à l'élevage. Par ailleurs, les agro-éleveurs investissant les bénéfices de l'arachide dans les troupeaux et non dans un matériel acheté à crédit (et rarement remboursé), l'effectif des bovins a connu une forte croissance, rendant ainsi encore plus difficile la gestion des espaces agro-pastoraux. Les jachères ont été de moins en moins pratiquées, en particulier dans les *kéné* où engrais chimiques et fumier d'un cheptel toujours plus important permettaient aux sols de reconstituer leur fertilité. Seules quelques jachères courtes d'assolement ont été introduites selon les capacités de défrichement des agriculteurs et la baisse de la qualité de leurs sols.

Dans les années 1980, avec l'arrêt de la distribution d'engrais et de matériel à crédit pour les cultures céréalières et l'arachide, les exploitants agricoles ont dû retourner à leurs anciens modes de gestion de la fertilité, tout en ayant perdu au passage les techniques de défrichement manuel qu'ils utilisaient pour nettoyer leurs champs de brousse. Le retrait des sociétés d'encadrement s'est effectué au bénéfice de la culture du coton promue par la SODEFITEX.

Cela se traduit, dans les zones encadrées par celle-ci, par une intensification des systèmes de cultures sur les parcelles les plus proches du village et une diminution de l'espace mis en jachère sur les plateaux. Ceux qui utilisent des engrais cultivent en continu les terres proches du village (rotations coton/maïs/arachide) et ont abandonné les *séguéli*. Toutefois, du fait de la pression foncière, certains exploitants cherchent à défricher d'anciennes jachères pour y cultiver du coton. En l'absence d'herbicide ou d'un bon nettoyage du champ, et surtout de la surveillance des champs, les expériences se soldent rarement par une bonne récolte. Dans ces villages, l'arachide, culture de plateau par excellence, a perdu son statut de culture de rente face au coton.

Toutefois, dans certains villages ne bénéficiant d'aucun appui technique et pas suffisamment de bétail pour amender leurs champs et subvenir à leurs moyens, les exploitants n'ont d'autres moyens que de faire de courtes jachères. Ils exploitent depuis de nombreuses années des terres de plus en plus fatiguées, jamais fumées, et envahies par le *striga*. Les agriculteurs divisent leurs champs en trois soles où ils alternent sorgho/mil/ jachère. Dans ce contexte de pression foncière et de transformation des modes de culture, un autre phénomène limitant la pratique de la jachère est apparu : la Loi du Domaine National qui stipule que toute terre non mise en culture ou prêtée à autrui pendant plus de trois ans peut être attribuée à ceux qui en font la demande par les Communautés Rurales. Les principes de cette loi et ses conséquences seront détaillés au paragraphe 2.5.4.

Actuellement, on peut dire que la pratique de la jachère, qu'elle soit sur *séguéli*, *fagnati* ou *kéné*, varie d'un village à l'autre, tout dépend de la vocation plutôt agricole ou pastorale de l'économie villageoise, de la pression démographique, de la taille et de la configuration du terroir, de l'encadrement par des structures comme la SODEFITEX.

Ainsi, dans les villages à dominante pastorale, les champs éloignés mis en jachères sont de plus en plus dévolus à l'élevage. Le terroir agricole se limite aux terres localisées dans un rayon de 1 ou 2 kilomètres du village. En revanche, dans les villages maraboutiques peuls gabouké, dont la population s'adonne principalement à l'agriculture, la pression sur la terre est telle que les terroirs se sont étendus au détriment des *coile*, rendant difficile la gestion de la fertilité et des espaces pastoraux résiduels.

Le cas du nord-Cameroun et du terroir Giziga de Muda-Zumburli en particulier (Seignobos & Iyebi Mandjek, 1993, Aboubakar, 1997)

Au Nord-Cameroun, seuls les paysans des terroirs des Musey, des Mudang et des Giziga pratiquent encore activement la jachère.

Les terroirs Gizigas reposent, ou reposaient, sur une gestion de la jachère qui opère sur un espace balayé par une sole de champs de brousse à partir d'un habitat fixe, auréolé d'une ceinture de champs pérennes ou champs de case.

A la fin du XIX^{ème} siècle, les terroirs étaient ramassés en zones défensives. Le système défensif était composé d'un pseudo-bocage de *Commiphora africana* et d'*Euphorbia unispina*, renforcé par endroits d'*Acacia ataxacantha*. Les lignes défensives enserraient à la fois l'habitat et les champs de case. Une sélection de ligneux variés mais peu denses, se retrouvait dans ces périmètres : *Khaya senegalensis*, *Celtis integrifolia*, ...

A cette époque, des mises en repos du *karal* (vertisol) étaient pratiquées.

Des jachères de plus de 15 ans pouvaient faire suite à 5 ou 6 années de cultures généralement associées : sorgho, niébé, oseille de Guinée et une première année en sésame.

Dans les années 40 les Gizigas adoptèrent le sorgho de contre-saison (*muskwaari*) vulgarisé par les Fulbe. C'est l'amorce d'une course aux vertisols qui se poursuit encore aujourd'hui. Le couloir entre champ de case et sole de sorghos repiqués sur vertisol est balayé par des rotations culturales qui y laissent des jachères. Le défrichement est toujours suivi d'une année de sésame, puis d'une rotation coton/sorgho sur 6-7 ans, avec des îlots de cultures d'arachide.

Toutefois, l'arrivée en 75-76 du coton en intensif a transformé la dynamique de ce parcellaire. La course aux *karals* a conduit à un partage des zones de vertisols entre différents quartiers ou villages. Cependant, les villages conservent leurs sites et leurs champs de case. Les jachères se trouvent alors dans tous les couloirs qui relient les zones de champs de case aux *karals*. La sole coton/sorgho s'est bloquée près de l'aire de *karal*, sur un sol ferrugineux plus favorable. Elle ne connaît que des jachères raccourcies à 2-3 ans.

Le terroir Giziga de Muda-Zumburli illustre une tendance actuelle vers une agriculture de type intensif qui peut être élargie à toute la région.

Les terroirs de Lagassagou et de Missira au Mali (Maiga, 1997)

A Lagassagou, terroir Dogon, il a suffi de 40 ans pour que de la savane arborée sur les dunes à la forêt dense dans les inter-dunes, il ne reste plus que des jachères pour remplacer la forêt totalement disparue. Dès l'installation de la population, la formation ligneuse se transforme en laissant peu à peu la place à des arbres fruitiers domestiques et épineux fourragers qui sont à l'origine des parcs actuels.

A Missira, la végétation arborée s'amenuise suite au flux des migrants agricoles qui pratiquent le dessouchage systématique des arbres et des herbacées pérennes, ainsi que les feux tardifs. Elle laisse la place à une savane arbustive dominée par les *Combretaceae*. Le recul des formations boisées denses et la dégradation des brousses restaurées autrefois par de très anciennes jachères, sont attribués, par les populations locales, à l'introduction de la culture de l'arachide et de la traction attelée.

A partir de 1989, afin de minimiser les risques de famine avant récolte – Missira a connu de grandes sécheresses –, les paysans qui possédaient les anciennes friches (20-50 ans) se sont mis à les défricher et ceux qui n'en possédaient pas (47%) se sont rabattus sur les formations naturelles. Les jachères défrichées durant cette période se trouvaient sur les emplacements des champs intermédiaires actuels. Depuis, pour gérer le risque de famine, les paysans se sont mis à étendre les exploitations familiales en utilisant de la main d'œuvre extérieure.

Ainsi, dans l'histoire de ces deux terroirs, la jachère a suivi le déplacement des grands champs vers la périphérie du terroir où, du fait de leur éloignement, ils ont pris leur nom de « champ de brousse ».

Conclusion

D'une manière générale, sur l'ensemble des 3 zones, c'est l'introduction d'une culture de rente (coton, arachide) et l'augmentation de la pression démographique, qui sont à l'origine de la saturation de l'espace agricole et par voie de conséquence de la régression voire de la disparition de la jachère. Les systèmes de production qui jadis étaient essentiellement basés sur la petite exploitation extensive, avec brûlis et jachères sont actuellement confrontés à des problèmes de rendement et d'espace.

En Haute Casamance, la mécanisation de l'agriculture, la scolarisation des enfants, l'éclatement des concessions et la croissance du cheptel ont généré une crise de la gestion des terroirs, autrefois beaucoup plus communautaires, et conduit à une complète recomposition des terroirs villageois du Fouladou. Par

ailleurs, face à la pression foncière, les prêts de terre à l'année sont de plus en plus pratiqués au détriment de la mise en repos des terres.

Dans le terroir Giziga de Muda-Zumburli, on assiste à une volonté de stabilisation du terroir, d'abord avec les champs de case, puis avec l'implantation de la culture du *muskwari* et qui s'achève par une sole cotonnière à courte révolution.

Quant aux terroirs de Lagassagou et de Missira, la jachère s'est déplacée de la proximité des habitats vers les champs les plus lointains, tout comme dans les villages maraboutiques du Fouladou.

2.3 ORGANISATION DES TERROIRS ET REGIME FONCIER

Organisation des terroirs

La majorité des terroirs villageois étudiés dans les 3 pays (Sénégal, Mali, Cameroun) sont structurés en auréoles avec une culture intensive et continue à proximité des habitations et une culture extensive ou discontinuée loin du village. Ces terroirs comptent en moyenne 3 types de champs (Jouve, 1993 ; Fanchette, 1996, Maiga, 1997) :

- les « champs de case » dans l'auréole proche du centre d'habitation, intensivement cultivés, bénéficiant largement, depuis toujours, des déjections humaines et animales ;
- les « champs intermédiaires » dans l'auréole intermédiaire, où la jachère se raccourcit (jachère d'assolement) voire disparaît, remplacée dans son rôle de restauration de la fertilité par des apports sélectifs de fertilisants organiques et parfois d'engrais minéraux ;
- les « champs de brousse » dans l'auréole périphérique, lieu de pratique de la jachère ; jachère plus ou moins longue en fonction de la qualité des sols et de la pression foncière.

Dans les zones à forte densité de population, comme c'est le cas à Lagassagou au Mali, la saturation foncière est telle que l'extension des cultures a entraîné une forte réduction à la fois du temps de jachère, qui n'excède jamais 4 ans, et des terres de parcours, donc de l'élevage vivant sur le territoire du village. Ce dernier ne compte plus que 2 types de champs : champs de case et champs de brousse.

Organisation foncière

En Afrique, dans les sociétés pratiquant une agriculture itinérante avec mise en jachère, il existe généralement un droit réservant aux familles utilisatrices la possibilité de retour sur les parcelles lorsque celles-ci sont restaurées. A *contrario*, les exemples montrent que là où ce droit n'existe pas, les cultivateurs, n'osant abandonner leurs champs, les exploitent jusqu'à épuisement. Lorsque le droit est reconnu (cas le plus général) il génère puis confirme normalement une hiérarchisation sociale. Mais du fait de sa durée limitée et de la nécessité de le réaffirmer par la remise en culture périodique, il s'intègre dans les mécanismes d'attribution des terres aux parents et alliés souhaitant s'établir dans le village (Jean, 1993).

Les cultivateurs reconnaissent des droits fonciers de type étatique, de type coutumier ainsi que certaines règles islamiques en la matière. Cependant la gestion de la terre est traditionnellement effectuée sous clauses coutumières. Ainsi, la maîtrise de la terre est dévolue au plus âgé de la famille fondatrice, qui est généralement le chef de village. Cependant, la responsabilité de la gestion est de type lignager. L'usufruit s'acquiert facilement pour toute personne du village. En revanche, toute personne étrangère au village doit se soumettre à une procédure complexe qui entraîne une assemblée du conseil du village car aucun chef de lignage ne doit installer un étranger sur son domaine sans l'aval du chef de village. De même, ce dernier ne doit pas attribuer une portion de terre d'un lignage sans l'accord du chef de ce lignage. Enfin, en cas de disparition d'un lignage, son domaine revient au maître des terres qui est ici le chef de village (Karembé, 1996).

Dans le village maraboutique de Guiro Yoro Bocar (Sénégal), c'est le marabout qui attribue un demi-hectare à l'émigrant qui va disposer d'un champ de case (*bambey*) et d'un lieu pour ses habitations (Gning, 1997).

Pour ce qui est de l'extractivisme, à Lagassagou (Mali) les jachères ont un statut particulier par rapport aux champs. Elles font partie du domaine communautaire où mis à part la coupe du bois de construction,

du bois d'œuvre et du bois de feu, toute personne est autorisée à y prélever les fruits, les espèces médicinales et les brèdes (feuilles entrant dans l'alimentation humaine) sans jamais en abuser. (Maiga, 1997).

2.4 SIGNIFICATION, ROLES ET FONCTIONS DE LA JACHERE

Des différentes études menées dans les 3 pays, il ressort que la jachère apparaît avant tout au regard des paysans, comme un moyen de renouveler les conditions culturelles nécessaires à l'élaboration d'une production particulière en assurant la restauration de la fertilité et l'assainissement des infestations d'adventices.

Mais on ne saurait limiter les rôles des jachères à ces 2 fonctions. Outre leur impact sur l'assainissement du milieu et l'amélioration du sol, elles jouent un rôle dans la lutte contre l'érosion, dans la gestion foncière des terroirs, de la main-d'œuvre, dans la conservation de la biodiversité, dans la production de fourrages, fruits, bois de toute nature (bois de feu, d'œuvre, de construction), plantes médicinales (Floret *et al.*, 1993; Gning, 1997 ; Fanchette, 1996 ; Jouve, 1993...).

Les divers rôles de la jachère peuvent être regroupés en des fonctions d'ordre « social », agronomique et économique (Jean, 1975).

La jachère à caractère social et foncier

Elle est un élément déterminant dans les modes de l'organisation de l'espace rural, eux-mêmes tributaires d'un système foncier traditionnel.

Au nord-Cameroun, les Gizigas différencient les types de jachère à partir du fonctionnement de la propriété foncière traditionnelle et/ou de leur niveau de restauration. Cette distinction donne lieu à une dénomination propre à chaque type (Seignobos et Iyebi Mandjek, 1993 ; Aboubakar, 1997). Ainsi,

- *faat ngumbur* désigne un terrain approprié ;
- *bu* désigne une vieille friche dont les derniers exploitants ont disparu ;
- *gru* désigne un terrain qui devient libre à la suite de la disparition de ses détenteurs. C'est une brousse fictive prête à être remise en culture.
- *ajukule* correspond à une jachère en fin de cycle, présentant tous les critères d'une reprise de fertilité.

Cette distinction est essentielle pour le pays Giziga dont le mode de peuplement passerait par une grande mobilité des familles qui retrouvent partout le même cadre institutionnel et le même droit de terre, à savoir la reconnaissance d'un droit sur les jachères et les devoirs de solidarité envers parents et alliés. Le chef de terre doit être à même de redistribuer les parcelles libres en limitant les conflits fonciers (Seignobos et Iyebi Mandjek, 1993).

Les jachères "sociales", qu'on retrouve au Sud-Mali et au Sénégal sont en général très courtes, une année ou deux. Elles résultent davantage d'une difficulté d'organisation du calendrier agricole, d'un manque de main-d'œuvre ou de "moyens" (semences) que de véritables stratégies pour reconstituer la fertilité des terres ou combattre les adventices.

Dans un contexte où la pression foncière est forte, un exploitant qui souhaiterait laisser reposer ses terres est très souvent obligé, du fait de ses obligations sociales, de prêter, année après année, les terres qu'il n'a pas eu les moyens de mettre en valeur pour une des raisons précitées (Fanchette, 1996).

La fonction agronomique ou de maintien de la potentialité des terres

Elle a pour finalité la remontée des rendements et/ou la réduction des temps de travaux (sarclages) soit, l'augmentation de la productivité de la terre et/ou du travail.

Elle intègre :

- la restauration de la fertilité et l'amélioration du sol (propriétés physico-chimiques : structure, stock de nutriments assimilables, capacité d'échange...)
- la lutte contre les adventices (évocation première des paysans du Nord Cameroun) ;
- la lutte contre les plantes parasites, *Striga* en particulier ;

- la lutte contre les ravageurs (criquets, cantharides, boreurs,...) ;
- la lutte contre l'érosion hydrique ;
- la lutte contre les parasites du sol (nématodes).

Une longue jachère procure, après la défriche-brûlis, un sol propre, assaini, à la structure et aux capacités nutritives améliorées. Mais la forme que prend la jachère (et donc son efficacité) dépend largement du potentiel de régénération laissé par le mode de défrichement puis la conduite de la culture (Serpantié & Floret, 1994). Les différents modes de gestion de la fertilité des jachères mis en œuvre par les cultivateurs, seront décrits par la suite.

En ce qui concerne la plante parasite *Striga hermontheca*, les paysans de Lagassagou (Mali) ont su observer qu'elle peut être combattue par une jachère de deux ou trois ans et, que la réinfestation de la parcelle n'a d'autre origine que des graines venant « d'ailleurs » (Maiga, 1997).

Quant aux criquets et aux cantharides, ils imposent une mise en jachère d'au moins un an pour les premiers, deux ans pour les seconds ou une année en arachide (Maiga, 1997).

La fonction économique ou fonction de production

Les jachères ont une fonction économique importante *via* la production de ressources diverses profitables aux hommes comme aux animaux : production de fourrage, de bois, de fruits, de brèdes, de plantes médicinales...

Production de fourrage

Avec la forte régression des espaces sylvo-pastoraux au profit des surfaces cultivées, la production de fourrage devient une fonction essentielle des jachères.

Les jachères sont considérées comme de bons pâturages, bien meilleurs que ceux des brousses ou des vieilles jachères où, du fait de l'abondance de la strate arborée, le couvert herbeux est peu dense ou reste dominé par des graminées à cycles longs (*Andropogon pseudapricus* et *Diheteropogon hagerupii*) très difficiles à valoriser par les bovins en saison sèche (Fanchette, 1996 ; Karembe, 1998). De fait, ce sont les jeunes jachères (1-5 ans) qui se prêtent le mieux à la pâture (Traore, 1995) mais la brièveté de leur cycle de végétation en limite l'utilisation à une courte période de l'année (Fanchette, 1996).

Les espèces fourragères incluent aussi bien des ligneux (dont les animaux mangent les feuilles et/ou les fruits) que des herbacées. A Lagassagou et Missira (Mali), les ligneux fourragers les plus recherchés sont *Pterocarpus sp.* et *Khaya senegalensis* dont le premier est en voie de disparition et le deuxième en diminution progressive. A Lagassagou, ils ont laissé la place à *Acacia albida*, épineux fourrager le plus protégé du fait de ses vertus agronomiques (Maiga, 1997).

Les espèces herbacées les plus recherchées par les animaux sont *Andropogon sp.* parmi lesquelles *Andropogon gayanus* est la plus apétée. Dans les terroirs où la pression foncière et pastorale est élevée, cette espèce a déjà disparu (région du Sine Saloum au Sénégal, Missira au Mali) ou est en voie de disparition. En revanche, à Lagassagou, elle est entretenue par les paysans en raison de son importance socio-économique (Maiga, 1997).

A Gouani (Mali), l'espèce la plus abondante est *Penissetum pedicellatum* et la plus apétée (hors *Andropogon*) *Digitaria horizontalis* auxquelles viennent s'ajouter *Ipomea triloba*, *Borreria chaetocephalla*, *Dactyloctenium aegyptium*. (Karembe, 1998 ; Traore, 1995).

La valeur nutritive de la production herbacée, en saison sèche, est insuffisante pour couvrir les besoins d'entretien, de déplacement et de production du bétail. Aussi, à Missira, les bergers s'adonnent à la coupe (mutilation, ébranchage, étêtage) des ligneux dont le feuillage valorise la cellulose des herbacées. Une dizaine d'espèces sont particulièrement touchées par cette pratique dont *Pterocarpus erinaceus*, *Acacia seyal*, *Ficus gnapholocarpa*, etc. (Karembe, 1998).

Les jachères constituent le lieu de pâture privilégié des animaux en période d'hivernage et les bergers ont fort à faire pour préserver les surfaces cultivées des dégâts que pourraient causer les animaux. Une analyse réalisée à Missira par Karembe (1998) sur la contribution (en %) des différentes unités pastorales (jachère, formations naturelles, champs post-récolte) à l'alimentation des ruminants domestiques, a

montré que la jachère dominait avec 52% hors période post-récolte. Les éleveurs lui attribuent une diversité en herbacées plus élevée et une plus longue conservation des espèces à l'état vert. En revanche, en saison sèche, les champs deviennent des espaces de pâture prioritaires où le cheptel bénéficie des résidus de récolte (Fanchette, 1996 ; Karembé, 1998). Lorsque ceux-ci se font rares, les animaux sont renvoyés dans les jachères (Traore, 1995).

En basse Casamance (Sénégal), dans le département de Bignona, les jachères herbeuses assurent également l'affouragement des animaux en stabulation (Fall, 1996).

De même que pour l'intensité d'utilisation agricole des terres, il existe un indicateur d'intensité d'élevage : l'INEXEL - Indice du niveau d'EXploitation par l'Elevage - qui peut exprimer, ou non, une situation de surpâturage. C'est le ratio entre la charge actuelle d'une zone et sa capacité de charge théorique. Si ce ratio est supérieur à 1, il y a surpâturage comme c'est le cas dans les secteurs de la zone cotonnière autour de Katiola au sud du Mali (Bazile, 1997).

Production de bois

Au Mali, les jachères font partie du domaine communautaire, leurs ressources sont accessibles à tous, sans excès, à l'exception du bois (bois de feu, bois de construction, bois d'œuvre). Les vieilles jachères collectives, dont les ressources sont d'accès libres, sont interdites d'exploitation par les charbonniers.

Au Sénégal, l'accès au ligneux des jachères par les populations diffère selon les zones et est d'autant plus réglementé que l'on se rapproche des concessions. Ainsi, à Sonkorong (Sine Saloum), il n'est soumis à aucune restriction de la part des populations ; seul le service forestier réglemente, inefficacement, les prélèvements (coupes). Il existe ainsi une exploitation clandestine du gros bois par les charbonniers pour l'approvisionnement en charbon des grandes agglomérations. Cette exploitation abusive affecte également les forêts classées.

A Saré Yorobana (Moyenne Casamance), il existe un contrôle collectif exercé par les populations sur l'exploitation des ligneux. Si celle-ci répond à des besoins de consommation d'ordre familial, elle ne subit aucune restriction. En revanche, une exploitation commerciale du bois est prohibée (Kaire, 1996).

Le bois de feu

Les espèces les plus utilisées sont, pour la plupart, des espèces non protégées par les paysans, notamment *Combretum spp.*, espèces dominantes dans les jachères.

Le bois de feu est prélevé lors de la remise en culture mais également sur les régénérations naturelles, dans les jachères de 6 ans ou plus au Mali et en Moyenne Casamance (Sénégal) contre 3 ans dans le Sine Saloum (Sénégal) (Kaire, 1996 ; Maiga, 1997).

A Lagassagou, les femmes utilisent les épineux (*Acacia seyal*, *Acacia albida*, *Ziziphus mauritiana*) pour compenser le manque des meilleurs bois.

Le bois peut être prélevé et stocké en début d'hivernage ou faire l'objet d'un ramassage quotidien.

A Lagassagou, comme à Missira, le bois de feu n'est pas vendu (Maiga, 1997) alors qu'à Gazad (nord-Cameroun) il suscite un intérêt économique inquiétant entretenu par une forte demande en provenance du centre urbain de Maroua (Aboubakar et Duboisset, 1997).

Au Sénégal, les *combrétacées* fournissent l'essentiel du bois de chauffe dont la consommation journalière moyenne est de 5-6 kg à Sare Yorobana et de 7 à 10 kg à Sonkorong. Ces quantités sont augmentées en période de fêtes (Tabaski, baptême, etc.) et dépendent de la nature des plats préparés. Ainsi, le mil nécessiterait un temps de cuisson supérieur à celui du riz.

Le diamètre des tiges recherchées se situe entre 3 et 10 cm. A Sonkorong, la rareté des tiges adéquates obligent les femmes à se rabattre sur des diamètres inférieurs.

L'approvisionnement en bois s'effectue régulièrement, selon les besoins, à Sonkorong alors qu'il est soumis aux impératifs du calendrier culturel à Sare Yorobana. Ainsi, il s'effectue mensuellement de décembre à mars puis une quantité suffisante est rassemblée en avril-mai pour couvrir les besoins durant

la période d'hivernage (juin à novembre). Ceci, afin d'éviter toute compétition avec les travaux aux champs (rizières) (Kaire, 1996).

Bois d'œuvre et bois de construction

Leurs prélèvements ont lieu dans les jachères mais également partout où ils se trouvent.

Dans les vieilles jachères collectives, l'accès au bois d'œuvre et de construction est libre alors qu'il est contrôlé dans les jachères individuelles (Maiga, 1997).

Les espèces concernées en tant que bois d'œuvre sont, en particulier, *Balanites aegyptiaca*, *Sclerocarpa birrea*, *Pterocarpus erinaceus*, *Bombax costatum* et *Combretum glutinosum*. Ces 3 dernières espèces servent également comme bois de construction, auxquelles viennent s'ajouter, entre autres, *Acacia seyal* et *Lannaea microcarpa* pour la fabrication d'outils agricoles (Maiga, 1997).

Il existe un indicateur des potentialités forestières : l'INEXLIGN94 - INdice du niveau d'EXploitation des ressources LIGNeuses pour une année donnée qui peut traduire, ou non, une situation de surexploitation des ressources ligneuses. C'est le ratio entre la consommation rurale de bois d'une zone et sa production. Bazile (1997) décrit alors 4 cas de figure :

- si le ratio est < 0.8 , l'exploitation du bois est inférieure à l'accroissement annuel ;
- si $0.8 < \text{INEXLIGN94} < 1.2$, l'exploitation du bois est équivalente à l'accroissement annuel forestier. Une situation de crise apparaîtra rapidement si aucun aménagement rationnel n'est appliqué à la gestion forestière.
- si $1.2 < \text{INEXLIGN94} < 3$, il y a déjà ponction dans le capital forestier de la zone et à terme, des pénuries en bois de feu et bois d'œuvre se feront sentir ;
- si le ratio est > 3 , il y a un état avancé de crise en bois puisqu'il y a une consommation plus de trois fois supérieure à l'accroissement annuel.

En zone Mali-Sud, c'est encore une fois les secteurs en zone cotonnière autour de Koutiala qui présentent une dégradation maximum de l'espace avec prélèvements excessifs de bois de feu, de charbon de bois et, surpâturage.

Production d'espèces alimentaires

Les parties prélevées qui rentrent dans le régime alimentaire de la population sont les fruits, les feuilles et les fleurs.

Dans les jachères collectives d'un terroir, la cueillette est libre pour les autochtones mais soumise à autorisation pour les allochtones. Dans les jachères individuelles, la cueillette est soumise à l'autorisation du propriétaire dans tous les cas (Ndiour, 1996).

Les espèces ligneuses alimentaires le plus recherchées sont :

- *Tamarindus indica* (feuilles et fruits)
- *Andersonia digitata* (feuilles et fruits)
- *Bombax costatum* (feuilles et fruits)
- *Balanites aegyptiaca* (feuilles et fruits)
- *Butyrospermum parkii* (fruits)
- *Ziziphus mauritania* (fruits)

Les deux premières espèces (tamarinier et baobab) sont sacrées lorsqu'elles sont de bonne taille (Maiga, 1997). Toutes ces espèces ne sont pas spécifiques à la jachère, elles se trouvent également dans les terres de cultures et les parcs.

Les principales espèces herbacées alimentaires sont : *Dioscorea prehensilis* et *Pachycarpus lineolatus* (herbacées à tubercules) mais encore *Corchorus tridens*, *Jacquemontia tamnifolia*, *Ceratotecas ceratotecas*, ... (Maiga, 1997).

Les prélèvements s'effectuent à des périodes "clés" de l'année en relation avec la phénologie propre à chaque espèce et la partie à prélever (fruits, feuilles ou fleurs).

Dans le village de Guiro Yoro Bocar (Haute Casamance, Sénégal), c'est le marabout qui fixe la période de récolte des fruits (Gning, 1996).

Ces produits alimentaires peuvent faire l'objet d'un commerce par les femmes. Ainsi, dans les terroirs de Djimande, Kagnarou et Badiouré (Basse Casamance, Sénégal), la contribution des fruits forestiers dans les revenus des ménages varie de 24% à 47%. Ce pourcentage est sous l'influence du facteur "importance du couvert forestier" dans chacun des terroirs (Ndiour, 1996).

Production d'espèces médicinales

Les jachères sont très visitées pour le prélèvement de plantes médicinales. Ceci tient au fait que le nombre d'espèces qui s'y trouve est très élevé. Diop (1997) sur les 71 espèces retenues pour les besoins de son étude, recensées dans les terroirs de Djimande, Kagnarou et Badiouré (Basse Casamance, Sénégal), en comptabilisait 48 dans les jachères (# 68 %).

Le nombre d'espèces dans les diverses unités de paysage serait fonction de la nature et du degré d'anthropisation du milieu (Karembe, 1996). La diversité est particulièrement élevée dans les vieilles jachères.

Les parties prélevées sur les espèces d'intérêt médicinal sont : les feuilles, les racines, les fruits et l'écorce. A Lagassagou (Mali), viennent s'ajouter à cette liste les exsudats et la sève de certains arbres (Maiga, 1997).

A Missira (Mali), quelques personnes tirent un revenu substantiel de la médecine traditionnelle qui augmenterait chaque année (Maiga, 1997 ; Diop, 1997).

Les principales espèces ligneuses d'intérêt médicinal sont : *Parkia biglobosa* et *Tamarindus indica* pour leurs feuilles et leurs fruits, *Bombax costatum*, *Ziziphus mauritiana* et *Guiera senegalensis* pour leurs racines, *Piliostigma reticulatum* pour ses feuilles, et enfin divers *Acacia sp* pour leurs feuilles et leurs écorces en particulier.

Quant aux herbacées médicinales, on peut citer : *Borreria radiata*, *Merenia spp*, *Indigofera pulchra*, ... (Maiga, 1997).

Nombreuses sont les espèces qui ont des fonctions multiples : nutritive, culturelle, médicale, ménagères (bois de feu), etc. On pourra mentionner en particulier les *Acacia sp.*, *Ziziphus mauritiana*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica*, *Andansonia digitata*, *Combretum spp.*, ... Ces espèces vont à la fois subir une forte pression de prélèvement et faire l'objet d'une attention particulière lors des défrichements (Maiga, 1997).

2.5 PRATIQUE ET MODE DE GESTION DE LA JACHERE

La jachère est une pratique culturelle, indissociable de son contexte : milieu naturel, techniques culturales, environnement socio-économique. Sous l'effet de l'accroissement de la pression foncière, la pratique de la jachère évolue : Les jachères raccourcissent, se raréfient, changent de nature (Serpantié & Floret, 1994).

Age et localisation des jachères

De l'ensemble des études menées dans les 3 pays, il ressort qu'une jachère est d'autant plus âgée qu'elle est éloignée du village. Réciproquement, elle a d'autant plus de chance d'être raccourcie voir éliminée des systèmes de culture qu'elle est proche du village. En effet, la proximité des champs de case fait que ceux-ci bénéficient d'une fumure organique (déjections humaines ou animales) ou minérale (engrais) qui supplée la jachère dans son rôle de restauration de la fertilité (Fanchette, 1996 ; Jouve, 1991).

Par ailleurs, dans un contexte où la pression sur la terre est élevée et le terroir agricole saturé, la durée de mise en jachère diminue — à Lagassagou (Mali) elle n'excède pas 4 ans (Maiga, 1997) — et les champs de proximité portent des cultures intensives et continues. Ce sont les terroirs possédant encore des réserves de terre, tels que Gouani ou Missira au Mali, Gazad au Nord-Cameroun, qui présentent les

jachères les plus longues (près de 10 ans) et les plus vieilles (plus de 30 ans) (Duboisset et Aboubakar, 1996 ; Karemebe, 1996 ; Maiga, 1997).

Les jachères les plus éloignées ont souvent été abandonnées pendant de longues années par leurs propriétaires en raison de la distance à parcourir. Elles font l'objet de prêt à des cultivateurs en manque de terre. De nos jours, seuls quelques rares exploitants n'ayant pas assez de terre à proximité du village, les nouveaux émigrants et les descendants des familles nombreuses, s'aventurent seuls ou à deux ou trois dans la brousse pour défricher. Mais, lorsque ces défrichements ne sont pas organisés à plusieurs cultivateurs, leurs efforts sont peu couronnés de succès. En effet, compte tenu de leur éloignement, ces champs de brousse ne bénéficient pas d'une surveillance de la part des exploitants et se retrouvent à la merci des animaux sauvages, des oiseaux, etc., qui y font des dégâts considérables (Fanchette, 1996).

Place de la jachère dans les rotations

Les champs de proximité sont généralement cultivés en continu, les paysans préférant multiplier les sarclages plutôt que d'aller défricher un champ de brousse (Duboisset et Aboubakar, 1997 ; Fanchette, 1996).

Dans les champs intermédiaires, lorsque la jachère apparaît sur les champs de case, elle est généralement de courte durée, 1 à 2 ans, et traduit un dysfonctionnement dans le calendrier agricole des exploitants : manque de main d'œuvre, de semences, ... (Fanchette, 1996). Elle peut intervenir également lorsque, du fait d'un envahissement trop important par les adventices, la pénibilité du travail lié au maintien de la culture est jugée "intolérable" (Duboisset et Aboubakar, 1997).

Dans les villages du Fouladou (Haute Casamance, Sénégal) les champs intermédiaires et les champs de brousse sont cultivés en moyenne 6 années (arachide et/ou coton, céréales) avant d'être laissés en repos. La jachère fait généralement suite à une année en céréales. En effet, celles-ci étant très sensibles à la baisse de fertilité du sol, elles sont un élément de référence pour juger de l'état de la terre (Gning, 1997).

Selon Maiga (1997), le nombre et la durée des jachères dépendent de l'orientation et de l'importance du patrimoine foncier de l'exploitation agricole, eux-mêmes fonction de la densité et de la diversité de la végétation, de la superficie de champs de case, de la quantité et de la qualité de la main d'œuvre familiale, du nombre de grenier et du stock céréalier de récoltes précédentes.

Raison de la mise en jachère

La pratique de la jachère se justifie par les nombreuses fonctions qu'elle remplit, les deux raisons majeures demeurant la baisse des rendements et l'envahissement des cultures par les adventices et le phanérogame *Striga hermonthica*. A celles-là viennent s'ajouter : l'insuffisance de la main-d'œuvre familiale (exode des jeunes) et de moyens financiers permettant d'accéder à une main-d'œuvre extérieure, le manque de semences (en période de soudure, elles peuvent être consommées ou vendues), l'infestation par des ravageurs (criquets, cantharides, boreurs...), l'érosion hydrique, la pluviosité très déficitaire, la compacité du sol, l'immigration de populations, ... (Duboisset et Aboubakar, 1996 ; Fall, 1996, Gning, 1997, Maiga, 1997, Traore, 1996).

Dans ces raisons de mise en jachère, il y a :

- celles qui découlent d'une logique agronomique et qui entraînent un acte volontaire qui ferait entrer la jachère dans un système de rotation
- celles qui sont indépendantes de ces logiques agronomiques (exode, sécheresse, catastrophes naturelles, ravageurs, etc.).

Kaire (1994) soulignait que l'abandon d'une parcelle cultivée est fonction de la structure des systèmes de production. Ainsi, dans les exploitations modernes (cultures en mode intensif), l'abandon cultural est dû à la baisse de la fertilité ou l'envahissement des champs par les adventices alors que dans les exploitations traditionnelles, il traduit un manque de semences ou de main-d'œuvre.

Dans les savanes soudaniennes, la place grandissante des céréales (sorgho, mil) et de l'arachide, mieux adaptées à des sols pauvres, mais qui exigent en revanche un environnement plus sain, et la moindre nuisance des adventices, favorisent l'allongement des périodes culturales. Ce sont les infestations qui

expliquent principalement l'abandon de la parcelle ; celles-ci allant de pair avec un affaiblissement continu de la structure du sol et sa richesse organo-minérale au cours de la culture (Serpantié et Floret, 1994).

L'étude menée à Gazad (Duboisset et Aboubakar, 1996) montre que la mise en repos des terres ne s'inscrit pas dans une stratégie agricole bien définie de restauration de la fertilité des sols. Il s'agit d'un abandon non pas pour améliorer le rendement agricole mais plutôt pour éviter un surcroît de travail lié au sarclage. La jachère intervient lorsque le rapport pénibilité de mise en culture/productivité de la terre a dépassé un certain seuil. Cependant, il faut souligner que les raisons de mise en jachère sur vertisol n'ont plus cours à présent étant donné le bénéfice économique tiré de la culture du *muskwaari* même peu productive. Le rapport seuil pénibilité/productivité a donc été, ici, modifié par des facteurs économiques indépendants de la culture elle-même.

Les principales adventices incriminées dans l'abandon d'une parcelle sont : *Striga hermonthica*, *Digitaria sp* et *Commelina benghalensis* sur sols ferrugineux, *Lansea chevalieri*, *Merremia emarginata* et *Ipomoea eriocarpa* sur *karals* (vertisols modaux) dans les sorghos repiqués de contre-saison (Aboubakar, 1997; Duboisset et Aboubakar, 1996 ; Seignobos et Donfack, 1995).

Les techniques de lutte contre les adventices ou les plantes freinant une remise en culture peuvent être jugées incompatibles avec les impératifs du calendrier agricole car trop coûteuses ou trop pénibles.

On assiste alors à une déprise des cultures et à l'apparition de "jachères" subies par le paysan plutôt que choisies, et pour des causes indépendantes de tout changement du gradient de fertilité (Donfack, 1998). Un tel phénomène peut être relié à la quantité de main-d'œuvre disponible sur l'exploitation agricole. En effet, au Sénégal, celle-ci se fait de plus en plus rare en raison d'une part, de l'exode rural des jeunes, d'autre part, de la scolarisation des enfants qui assuraient autrefois, dès l'âge de 6 ans, le gardiennage des troupeaux et des champs et aidaient aux travaux agricoles et ménagers. Par ailleurs, avec la croissance du cheptel bovin, l'introduction des cultures de rente et la monétarisation de l'économie locale, les concessions ont eu tendance à se diviser, induisant une réduction de la main-d'œuvre familiale en âge de travailler au sein des exploitations (Fanchette, 1996).

En revanche, pour les terroirs de brousse du Nord-Cameroun, si la scolarisation soustrait une partie des enfants, cela reste en majorité hors de la période des travaux des champs. De plus, l'exode ne concerne que certaines zones et l'introduction de la charrue a permis d'impliquer directement les jeunes au labour.

La pratique de la jachère ne répond pas uniquement à la nécessité de reconstituer la fertilité des terres ou à adapter les capacités de main-d'œuvre à la superficie des zones mises en culture. Elle représente aussi un moyen d'acquisition foncière, grâce aux droits de retour sur les jachères qui accompagnent généralement les droits de cultures consentis aux agriculteurs par les instances lignagères et villageoises (Serpantié et Floret, 1994). Dans certaines régions où toutes les forêts ont été défrichées, comme le Pays Séreer (Sénégal), la jachère constitue une pratique visant à maintenir un minimum de zones de parcours pour le bétail. La jachère devient alors un espace pastoral temporaire (Fanchette, 1996).

Raisons de la remise en culture d'une jachère

Les raisons qui dictent la remise en culture d'une jachère sont aussi nombreuses que celles qui dictent la mise en repos d'une parcelle. La décision de remise en culture tient compte de la présence ou de l'absence de plantes indicatrices de la restauration de la fertilité, de la taille et de la densité de la strate arbustive et arborée, de la disponibilité en main-d'œuvre, en terres fertiles, de l'investissement consenti par l'exploitation, (Aboubakar, 1997 ; Duboisset et Aboubakar, 1996; Gning, 1997 ; Maiga, 1997; Traore, 1996).

Ainsi, la remise en culture est dictée par :

- la disparition de certaines adventices nuisibles en particulier, *Striga hermonthica* et *Digitaria horizontalis*.
- la présence de plantes bénéfiques telles que *Loudetia togoensis*, *Sporobolus festivus* ou encore *Setaria pumila* que les Fulbe ont tendance à réensemencer car elle induit le recul de certaines

adventices, est facile à sarcler et, brûle bien (Donfack et Seignobos, 1996 ; Seignobos & Donfack, 1995).

- la présence d'herbacées telles qu'*Andropogon gayanus*, *A. cedrapicus*, *Pennisetum pedicellatum*, *Panicum sp.*, *Cassia tora*, *Rottboellia exaltata*,... (Gning, 1997).
- et surtout, la nécessité pour les communautés rurales de remettre en culture en l'absence d'un système d'intensification et, des besoins alimentaires croissants.

Par ailleurs, la pratique de la jachère dépasse largement le cadre agronomique. Elle s'inscrit au cœur du fonctionnement de la gestion foncière du village. Jean (1993) montre que le droit foncier constitue en Afrique un des facteurs majeurs définissant le mode de gestion de la jachère.

Ce système en reconnaissant un droit sur les jachères — qui se doit d'être réaffirmé par une remise en culture périodique — et un devoir de solidarité envers parents et alliés, limite un accaparement abusif des terres (lorsque la pression foncière est forte) tout en rendant la terre accessible à tous les résidents d'un village selon leurs besoins. Là où ce droit n'existe pas ou n'est pas ou plus, reconnu, les cultivateurs n'osant abandonner leurs champs, les cultivent jusqu'à épuisement (Fanchette, 1996 ; Jean, 1993).

Au Sénégal, avec la mise en place de la loi du domaine national, qui bien que promulguée depuis 30 ans n'avait pas jusqu'alors été effectivement appliquée, la gestion des jachères a changé depuis quelques années. La loi stipule que (Fanchette, 1996) :

- toute terre non cultivée depuis 3 ans peut être attribuée par les Communautés Rurales (CR) aux personnes qui en font la demande à condition qu'elles les mettent effectivement en valeur, et ceci sans en demander le droit à la personne en ayant hérité le "droit de hache".
- toute terre prêtée à un tiers durant 3 hivernages successifs peut être attribuée par la CR à l'emprunteur.
- tout cultivateur qui voudrait laisser ses terres en jachère pour que celles-ci se reposent, peut en faire une demande à la CR afin que personne ne mette la main dessus.

Ce sont donc les conseillers ruraux qui doivent attribuer aux demandeurs des terres laissées en jachère. Mais ceci n'est pas respecté, ni même auprès de l'héritier. Aussi, comme conséquences à cette loi, il est observé que :

- Les exploitants ne laissent plus en jachères plus de trois années consécutives leurs parcelles proches du village, de peur que des cultivateurs se les fassent octroyer. Les terres sont surcultivées et ne peuvent se reposer.
- Ceux qui possèdent plus de terres qu'ils ne peuvent en cultiver les prêtent moins de trois hivernages de suite à la même personne ou alors font des prêts tournants (ils prêtent les parcelles à l'année en faisant "tourner" les emprunteurs). Cela crée des tensions entre villageois et notamment entre classes d'âge ou ethnies différentes.
- Les anciennes jachères localisées à la périphérie des terroirs ne font plus l'objet d'une appropriation systématique de la part des héritiers des défricheurs. Le droit de "hache", donc de défrichage, a été remplacé par le droit de culture. La terre est à celui qui la travaille.
- A plus long terme, cette loi risque de provoquer une course à la terre de la part des exploitants ayant les moyens en matériel ou en main-d'œuvre de mettre en valeur les terres laissées en jachère.

Gestion de la fertilité

Certains modes de gestion ont déjà été évoqués, ce sont :

- sur les champs de case : la distribution des déjections humaines et animales (parcages de bovins, d'ovins parfois).
- sur les champs intermédiaires : l'apport de fertilisants organiques (parcages), d'engrais minéraux parfois, et la pratique de jachères d'assolement.
- sur les champs périphériques ou champs de brousse : la pratique de jachères longues (selon la pression foncière) et l'accueil des animaux transhumants.

Dans les villages Gaboukés (Sénégal) à vocation agricole, une partie du terroir est organisée en zone de jachères et zone de cultures. Les agriculteurs s'organisent pour aller défricher en groupe des portions de brousse qu'ils cultiveront 8 à 10 ans pendant que leurs terres plus proches du village sont laissées en

jachère où seront parqués une partie des troupeaux (Fanchette, 1996). Dans les villages à vocation pastorale, comme c'est le cas à Sare Gardeyel (Sénégal), les agro-éleveurs parquent intensivement leurs champs collectifs de céréales, le *marou*... A chaque *marou* correspond un troupeau d'une centaine de têtes. Ces grands champs de parfois près de 7 ha sont divisés en plusieurs parties, que l'on cultive chaque année en alternant maïs et mil. Ils ne font pas de jachères car leurs champs sont bien fumés (Fanchette, 1996).

A Lagoussagou (Mali), village où le terroir agricole est saturé, l'élevage réduit aux seuls petits ruminants, les paysans tentent de gérer la fertilité des sols par des pratiques nombreuses et variées :

- culture du fonio avant la mise en jachère puis enfouissement des jeunes régénérations ligneuses et herbacées dans les buttes (qui recevront le mil) lors de la remise en culture.
- protection des régénérations naturelles durant le défrichement et la remise en culture.
- coupe, en présence d'une forte densité de régénération naturelle, des repousses les plus gênantes, c'est-à-dire les espèces qui ont une faible rentabilité économique, mais sans jamais les dessoucher. Les rejets de souches représentent un stock de végétation qui est géré durant toute la phase de culture.
- conduite en taillis des espèces ligneuses qui ont une valeur agronomique et/ou socio-économique : *Acacia albida*, *Balanites aegyptiaca*, *Parkia biglobosa*, *Lannea microcarpa*, *Andosonia digitata*, *Combretum sp.*, ...
- abandon de la charrue pour la *daba* avec laquelle le retournement de la terre est superficiel.
- rallongement du temps de jachère lorsqu'il est estimé qu'un seuil d'irréversibilité risque d'être atteint. Ces jachères deviennent zones de pâturage jusqu'à la réinstallation d'un peuplement ligneux.
- maintien d'un maximum de ligneux dans le système agraire.
- gestion de l'arbre : réduction de l'ombrage sans coupe abusive.
- enfin, non-pratique du feu dans les jachères, seuls lieux de pâturage.

A Missira, village disposant encore de réserves de terres, les modalités de gestion de la jachère diffèrent considérablement de ceux de Lagoussagou :

- accueil des troupeaux transhumants dans les champs afin que les sols bénéficient de leurs déjections (fumure organique). Des contrats de fumure s'établissent entre éleveurs et agriculteurs avec l'eau comme base du contrat à laquelle peuvent venir s'ajouter, parfois, des aides en céréales et à la confection des habitations sur la demande des éleveurs (Karembe, 1998).
- abandon des champs dégradés par les paysans les plus démunis qui vont défricher ailleurs. Lors du défrichement, les arbres jugés nuisibles aux cultures sont coupés et brûlés pour éclaircir le champ.
- usage du feu précoce vu comme un moyen de pérenniser les *Combretaceae*, *Cymbopogon sp.* et *Andropogon sp.*. Il est cependant reconnu que les feux tardifs dévastent toute la végétation naturelle et brûlent la terre.
- sauvegarde des seules rares espèces à fruits et espèces médicinales et culturelles lors des défrichements.
- réduction annuelle de la végétation ligneuse ; ce ne sont ainsi que des champs dépourvus d'arbres qui sont mis en jachère (Maiga, 1997).

La protection des arbres utiles se retrouve dans presque tous les villages des diverses régions étudiées : dans des villages de la zone du Fouladou (Sénégal), on peut parfois observer des plantations d'espèces utiles telles que : *Anarcadium occidentale*, *Manguifera indica*, *Eucalyptus sp.* Ces plantations se font davantage à la périphérie des parcelles plutôt qu'à l'intérieur. Dans ces mêmes villages sont mis en place des pare-feu qui vont protéger à la fois les habitations et les plantations. Les jachères incluent dans la zone du pare-feu bénéficient alors indirectement de cette protection. (Gning, 1997). Dans le département de Bignona (Basse Casamance, Sénégal), outre la conservation dans les parcelles des arbres de grande taille ("qui donnent beaucoup de feuilles"), des villages laissent en place des bandes de forêts protégées de toute exploitation abusive, afin de lutter contre l'érosion des sols (Fall, 1996).

Enfin, dans les terroirs saturés du Nord Nameroun, proches d'un centre urbain (Joodi feere et Ziling-Juutgo) ou d'un axe routier important (Balaza-Domayo et Mowo), une série de techniques sont pratiquées depuis longtemps afin de limiter ou restaurer la perte de fertilité des parcelles fragiles : associations des sorghos avec des légumineuses (niébé), divagation du bétail dans les parcelles ou parquage de celui-ci

dans des *waalde* ou corrals (contrat fumure avec le berger), maintien du parc à *Faidherbia albida*, rotation coton fertilisé/*njigaari*, ajout d'urée, ... Dans le cas particulier des *kare*, les moyens mis en œuvre pour lutter contre la diminution de la fertilité liée au déficit pédohydrique et aux adventices repose sur la construction de diguettes (de 20 à 40 cm de hauteur), le sarclage en accroissant la main-d'œuvre et l'artificialisation du couvert graminéen.

Ainsi, la gestion de la fertilité passe par une combinaison de pratiques qui diffèrent selon la pression démographique, le statut foncier, la pression agricole et pastorale, les conditions intrinsèques du milieu et les contraintes socio-économiques.

2.6 CONCLUSION

Il apparaît que la jachère est une pratique qui remplit des fonctions multiples et variées, souvent essentielles au fonctionnement et à la reproduction des systèmes de production. Elle apparaît comme la clé du système fourrager dans la plupart des situations étudiées, donc du maintien du troupeau, et comme la clé des transferts de fertilité.

L'importance des superficies cultivables mises en jachère et leur localisation au sein des terroirs dépendent de la configuration de ceux-ci, de la pression démographique et pastorale et des stratégies que les agro-éleveurs mettent en œuvre pour valoriser leurs terres et leur cheptel.

L'introduction des cultures de rentes, et avec elle le passage d'une agriculture extensive à une agriculture intensive, a fortement influé sur l'évolution des systèmes agraires et la place de la jachère en leur sein, place toujours plus réduite. La jachère n'est pas figée, il y a une évolution du type de jachère.

Les rôles très divers de la jachère font d'elle la formation végétale la plus sollicitée. On comprend dès lors que la pérennité des systèmes de production passe par une bonne gestion de cet écosystème dont les modalités, là encore, diffèrent selon de nombreux facteurs mentionnés précédemment (démographiques, socio-économiques, environnementaux, ...).

Références citées

- ABOUBAKAR, M. 1997. Jachère : signification, gestion et exploitation dans le village Giziga de Gazad (extrême-nord du Cameroun). Mémoire d'étude, Université de Ngaoundere, Cameroun, 20 p.
- ABOUBAKAR, M. & DUBOISSET, A. 1997. Evolution récente (1994-1997) du couvert ligneux dans le terroir de Gazad en pays Giziga (zone soudannienne). In « Raccourcissement du temps de jachère biodiversité et développement durable en Afrique Centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali) » Rapport Scient. 1997 (volet Cameroun), Comm. des Communautés Europ. Contrat TSA-CT93 (DG 12), p. 2-12.
- BAZILE, D. 1997 (communication). Reproductibilité des situations forestières dans le sud du Mali : Economie domestique et économie marchande dans les pratiques d'exploitation de la ressource ligneuse en zone sahélienne. 12 p.
- 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. ISRA, Direction des Recherches sur les Productions Forestières, Sénégal. 40p.
- DIOP, G. 1997. Contribution à la connaissance des potentialités des jachères en espèces forestières ligneuses alimentaires et en espèces forestières ligneuses à usage médicinal dans le département de Bignona. Mémoire d'étude. Etablissement national d'enseignement supérieur agronomique de Dijon. Option Forestière. ENGREF. ISRA. 90 p.
- DONFACK, P. & SEIGNOBOS, C. 1996 - Des plantes indicatrices dans un écosystème incluant la jachère . les exemples des Peuls et des Giziga du Nord-Cameroun. JATBA, vol XXXVIII (1) : 231-250.
- Donfack P. 1998. Végétation des jachères du Nord Cameroun. Typologie, Diversité, Dynamique, Production. Thèse d'Etat. Université de Yaoundé 1. Faculté des Sciences. 224p.
- DUBOISSET, A. & ABOUBAKAR, M. 1996. Importance et le rôle des jachères et des friches dans le système agricole Gizigas de Gazad (Nord-cameroun). In « Raccourcissement du temps de jachère biodiversité et développement durable en Afrique Centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali) ». Rapport Scient. 1994, Comm. des Communautés Europ. Contrat TSA-CT93 (DG 12), p. 7-11.
- FALL, M. 1996. Contribution à l'identification des contraintes pour l'adoption des nouvelles technologies agro-forestières en basse Casamance (Sénégal). Mémoire d'étude ENESAD. Dijon, ENGREF, Montpellier (France). 83 p.
- FANCHETTE, S. 1996. Le rôle des jachères au sein des systèmes de culture en Haute-Casamance in « Raccourcissement du temps de jachère biodiversité et développement durable en Afrique Centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali) ». Rapport Scient. 1994, Comm. des Communautés Europ. Contrat TSA-CT93 (DG 12), p. 12-23.
- FANCHETTE, S. 1997. Gestion des jachères et problèmes fonciers en Haute-Casamance in « Raccourcissement du temps de jachère biodiversité et développement durable en Afrique Centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali) ». Rapport Scient. 1997, Comm. des Communautés Europ. Contrat TSA-CT93 (DG 12), p. 16-18.
- FLORET Ch., PONTANIER R., SERPANTIE G., 1993 - La jachère en Afrique Tropicale Dossier MAB n°16. UNESCO, Paris, France. 86p
- GNING, M. 1996. Pratique et place de la jachère dans les systèmes de production de trois terroirs villageois de la Haute Casamance (Sénégal). Mémoire de fin d'études, CRESA, Faculté d'Agronomie, Niamey, 53 p.
- JEAN S., 1975. Les jachères en Afrique tropicale. Interprétation technique et foncière. Muséum d'Histoire naturelle, Paris.
- JEAN, S. 1993. Jachères et stratégies foncières. In Floret, C Serpantié, G. (eds.). « La jachère en Afrique de l'Ouest ». pp. 47-54, ORSTOM Paris.
- JOUBE P., 1991. « Sécheresse au Sahel et stratégies paysannes ». Rev Sécheresse, n° 2, pp. 61-69

- JOUVE, P.M. 1993. Usages et fonctions de la jachère en Afrique. In Floret, C. Serpantié, G. (eds.). « La jachère en Afrique de l'Ouest. pp 55-65, ORSTOM Paris.
- KAIRE, M. 1994. Enquêtes sur les modes d'utilisation des ligneux des jachères et sur la perception de la jachère par les paysans en Moyenne Casamance (Kolda) in « Raccourcissement du temps de jachère biodiversité et développement durable en Afrique Centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali) ». Rapport Scient. 1994, Comm. des Communautés Europ. Contrat TSA-CT93 (DG 12), p. 9-11.
- KAIRE, M. 1996. La production ligneuse des jachères et son utilisation par l'homme en zone soudanienne et soudano-sahélienne du Sénégal in « La jachère, lieu de production » CORAF/ORSTOM/Union Européenne, Dakar, p. 1-17.
- KAREMBE, M. 1996. Evolution de l'occupation et de l'utilisation actuelle des terres en zone soudanienne au Mali : cas du terroir villageois de Gouani. DEA, ISFRA, Bamako, Mali. 80 p.
- KAREMBE, M. 1998. Jachère et système d'élevage en zone soudanienne du Mali : cas du terroir villageois de Missira. 12 p.
- KAREMBE M., YOSSI H., DIAKITE, C.H., DEMBELE B., MAIGA, B.S. & SOMBORO H., 1998. Evolution de l'occupation et de l'utilisation actuelle des terres d'un terroir villageois en zone soudanienne nord au Mali (cas du terroir de Lagassagou, Bankass). Rapport scientifique 1997, 25 p.
- MAIGA, O., 1997. Dynamique socio-démographique et évolution de la place des jachères dans deux systèmes ruraux sahélo-soudaniens au Mali. Thèse de doctorat « Population-environnement », ISFRA, Bamako, Mali, 157 p.
- NDIOUR, P.A. 1996. Rôle et importance des fruits forestiers issus de la jachère dans la formation des revenus des ménages dans le département de Bignona (Sénégal). Mémoire d'études, ENESAD, 58 p.
- ROCKSTROM, J. 1997. On-farm agrohydrological analysis of the Sahelian yield crisis : rainfall partitioning, soil nutrients and water use efficiency of pearl millet. Dpt of systems Ecology Stockholm University, p.21.
- SEIGNOBOS, C. & DONFACK, P. 1995. Enquêtes sur les plantes indicatrices dans la région de Maroua (Cameroun) in « Raccourcissement du temps de jachère biodiversité et développement durable en Afrique Centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali) ». Rapport Scient. 1995, Comm. des Communautés Europ. Contrat TSA-CT93 (DG 12), p. 7-8.
- SEIGNOBOS, C. & IYEBI MANDJEK, O. 1993. Les jachères dans les terroirs Giziga. L'exemple de Muda (Nord-Cameroun). In Floret, C. Serpantié, G. (eds.). « La jachère en Afrique de l'Ouest. pp 147-156, ORSTOM Paris.
- SERPANTIE, G. , C FLORET. 1994. Un mode de gestion des ressources en Afrique tropicale : la jachère longue. Regards différenciés sur une pratique en crise. *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture Fr.*, 80, n°8, pp. 73-85.
- TRAORE, A. 1996. Rôle de *Pergularia daemia* dans la gestion des terroirs : son importance dans la culture du mil dans le Séno. DEA, ISFRA, Bamako, Mali, 84p.
- TRAORE, D. 1995. Contribution à l'étude des fonctions de la jachère dans le système agraire du terroir de Gouani (Cercle de Kati). Mémoire de fin d'étude, IPR de Katibougou. 64p

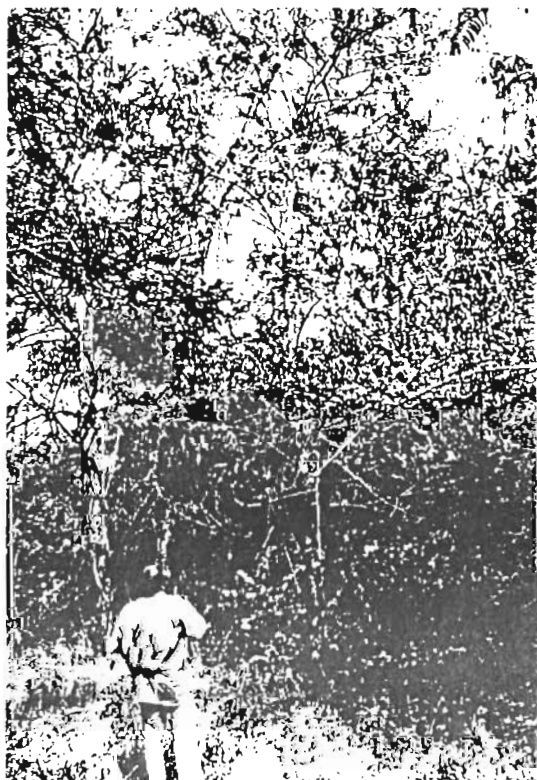
SAVANE ET JACHERES SUR VERTISOLS
Nord Cameroun - Maroua (800 mm)

Défrichement avant remise en culture
(coupe d'*Acacia seyal*)



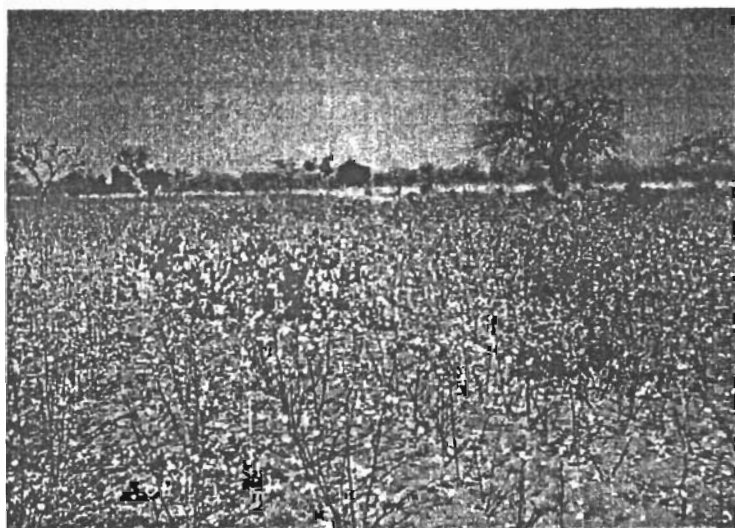
Jachères de divers âges
avec *Acacia seyal* dominant

Savane secondaire après culture
avec *Acacia seyal* dominant



Réserve forestière
avec *Acacia polyacantha* (strate haute)
et *Acacia ataxacantha* (strate basse)

SAVANES ET JACHERES SUR SOLS FERRUGINEUX
Nord Cameroun -Maroua (800 mm)



Friche récente avec *Annona senegalensis*,
Piliostigma reticulatum, *Setaria pumila*



Restes de culture avec
Piliostigma reticulatum
et *Annona senegalensis*



Savane à Combrétacées avec
Combretum spp., *Anogeissus leiocarpus*
et, dans la clairière, *Loudeia togoensis*



Savane à Combrétacées avec
Combretum spp., *Anogeissus leiocarpus*
et friche à *Setaria pumila* en premier plan



3 JACHERE ET VEGETATION

3.1 TYPOLOGIE DES JACHERES ET DIVERSITE VEGETALE

Alphousseiny BODIAN¹, Malainy DIATTA¹, Bothié KOITA², Paul DONFACK³, Harouna YOSSIF⁴

1 ISRA, Sénégal, 2 Université de Corse/ORSTOM, 3 IRA Cameroun, 4 IER Mali

Les caractéristiques des différentes zones climatiques et les localisations des études apparaissent sur les tableaux 1.1, 1.2, 1.3. La méthodologie de l'étude est résumée au chapitre 1.2.

Espèces indicatrices du temps des jachères dans différentes régions climatiques sur les principaux types de sols.

Une espèce est considérée comme indicatrice du temps de jachère lorsqu'elle marque par sa présence ou par son absence, une phase de la jachère. Elle peut être dominante ou non. Autrement dit la présence d'une telle espèce est liée à l'âge de la jachère. Elle n'en marque cependant pas forcément la physionomie. Les principales espèces indicatrices figurent sur le tableau 3.1-1.

Zone sahélo-soudanienne

Au Cameroun

Au Cameroun, sur vertisol, les jeunes jachères sont marquées par les espèces herbacées : *Setaria pumila*, *Panicum leatum*, *Cassia mimosoides*, *Andropogon pseudapricus*, *Hygrophylla auriculata*, *Leucas martinicensis*. La seule espèce ligneuse indicatrice à ce stade est *Calotropis procera*. Les jachères intermédiaires sont marquées par les espèces suivantes : *Andropogon pinguipes*, *Andropogon gayanus*, *Eriochloa fadmensis*. Ces mêmes andropogonnées marquent les jachères anciennes auxquelles s'ajoutent les espèces ligneuses telles que *Acacia seyal* ou *Securinega virosa*. Sur les sols ferrugineux du Nord Cameroun, les jachères jeunes sont principalement marquées par les espèces *Dactyloctenium aegyptium* ou *Schizachyrium exile*. L'espèce ligneuse *piliostigma reticulatum* caractérise aussi ce stade.

Les jachères intermédiaires sont marquées par les espèces suivantes : *Andropogon pseudapricus*, *Cassia mimosoides*. *Combretum glutinosum* et *Combretum collinum* sont des espèces ligneuses indicatrices de ce stade.

Dans les jachères anciennes, les espèces indicatrices sont *Sporobolus festivus*, *Loudetia togoensis*, *Anogeissus leiocarpus*, *Sterculia setigera*.

Les jachères jeunes en zone sahélo-soudanienne du Mali sont marquées, au niveau de la strate herbacée, par *Digitaria horizontalis*, *Alysicarpus ovalifolius*, *Dactyloctenium "aegyptium"*, *Cassia mimosoides*, *Corchorus tridens*, *Cenchrus biflorius*, *Spermacoce stachydea*, *Striga hermonthea* et *Mitracarpus villosus*.

Les espèces herbacées indicatrices des jachères d'âges intermédiaires sont : *Andropogon pseudapricus*, *Diheteropogon hagerupii* et *Tephrosia bracteolata*. La strate ligneuse est représentée par *Albizia chevalieri*, *Lannea velutina* et *Feretia apodanthera*.

Les espèces indicatrices des vieilles jachères sont : *Andropogon gayanus*, *Sterculia setigera*, *Anogeissus leiocarpus* et *Acacia polyacantha*.

Au Sénégal

Les espèces indicatrices principales des jeunes jachères de la zone sahélo-soudanienne sont, au niveau de la strate herbacée : *Acanthospermum hispidum*, *Digitaria horizontalis*, *Mitracarpus villosus*, *Striga hermonthea*, *Corchorus tridens*, *Chloris pilosa*, *Eragrostis tremula* et *Citrillus lanatus*.

Les jachères d'âges intermédiaires sont indiquées par la présence de *Waltheria indica*, *Alysicarpus rugosus* et *Stylochiton hypogaeus*, au niveau de la strate herbacée, et par *Maytenus senegalensis*, *Terminalia avicennoides*, au niveau de la strate ligneuse.

Tableau 3.1-1 : Espèces indicatrices du temps de jachère dans les différentes régions climatiques (Cameroun, Mali, Sénégal)

| Zones éco-climatiques | Pays | Types de sols | Jeunes jachères (<6 ans) | Jachères intermédiaires (6-15 ans) | Vieilles jachères (>15 ans) |
|-----------------------|----------|-----------------------|---|--|--|
| Soudano-sahélienne | Cameroun | Vertisols | <i>Setaria pumila, Panicum leatum</i> | <i>Andropogon festigiatus, Sesbania pachycarpa, Vigna comosa, Aristida hordeacea</i> | <i>Merremia emarginata, Schoenefeldia gracilis, Ziziphus mauritiana</i> |
| | | Sols ferrugineux | <i>Merremia pinnata, Cenchrus biflorus</i> | <i>Zornia glochidiata, *Guiera senegalensis</i> | <i>Zornia glochidiata, *Guiera senegalensis</i> |
| | Sénégal | Sols ferrugineux | <i>Pas de jachères étudiées</i> | <i>*Securidaca longipedunculata, *Kaempferia aethiopica, Andropogon pseudapricus, *Cochlospermum planchonii, Leptagathis sericea, Triumphetta pentandra, *Desmodium hirtum</i> | <i>Hibiscus asper, Indigofera pilosa, Brachiaria xantholeuca, Indigofera macrocalyx, Microchloa indica, Setaria pallidifusca, Eragrostis tremula,</i> |
| Sahélo-soudanienne | Cameroun | Vertisols | <i>Setaria pumila, Calotropis procera, Hygrophila auriculata, Andropogon pseudapricus, Leucas martinicensis, Cassia mimosoides, Panicum leatum</i> | <i>Andropogon gayanus, Eriochloa fatmensis, Andropogon pingupes</i> | <i>Andropogon pingupes, Securinega virosa, *Acacia seyal</i> |
| | | Sols ferrugineux | <i>Leucas martinicensis, Pennisetum pedicellatum, Schizachyrium exile, *Annona senegalensis, *Piliostigma reticulatum, Dactyloctenium aegyptium, Mitracarpus villosus</i> | <i>Andropogon pseudapricus, *Combretum glutinosum, Cassia mimosoides</i> | <i>Sporobolus festivus, *Sterculia setigera, Loudetia togoensis, *Anogeissus leiocarpus,</i> |
| | Mali | Sols limoneux | <i>Digitaria horizontalis, Brachiaria ramosa, Setaria pallidifusca, Alysicarpus ovalifolius, Indigofera secundiflora, Ipomeae triloba, Zornia glochidiata, *Combretum ghasalense, Dactyloctenium aegyptium, *Dichrostachys cinerea</i> | <i>*Acacia seyal, *Combretum ghasalense, *Lannea acida, *Piliostigma reticulatum, Setaria pallidifusca, *Albizia chevaleri, Schizachyrium exile, *Entada africana, *Acacia macrostachya, *Grewia bicolor, *Lannea velutina, Pennisetum pedicellatum, Andropogon pseudapricus</i> | <i>*Anogeissus leiocarpus, Andropogon gayanus, Andropogon pseudapricus, *Bombax costatum, *Pterocarpus erinaceus, *Acacia polyacantha, Diheteropogon hagerupii</i> |
| | | Sols limoneux sableux | <i>Digitaria horizontalis, Eragrostis tremula, Spermacoce stachydea, Ipomeae vagans, Merremia pinnata, Corchorus tridens, Hibiscus sabdarifa, Cenchrus biflorus, *Guiera senegalensis, Dactyloctenium aegyptium, Cassia mimosoides, Mitracarpus villosus, Striga hermonthea</i> | <i>Cenchrus biflorus, Waltheria indica, Andropogon pseudapricus, Tephrosia bracteolata, Setaria pallidifusca, Elionurus elegans</i> | <i>Andropogon pseudapricus, *Bombax costatum, Pennisetum pedicellatum, *Anogeissus leiocarpus, *Crossopteryx febrifuga, *Entada africana, *Pterocarpus erinaceus</i> |
| | Sénégal | Sols ferrugineux | <i>Acanthospermum hispidum, Digitaria horizontalis, Mitracarpus villosus, Striga hermonthea, Citrillus lanatus, Corchorus tridens, Chloris pilosa, Eragrostis tremula</i> | <i>Alysicarpus rugosus, *Maytenus senegalensis, Waltheria indica, Stylochiton hypogaeus, *Cordyla pinnata, *Terminalia avicennioides</i> | <i>Triumphetta pentandra, *Strychnos spinosa, Rottboellia exaltata, *Cochlospermum planchonii, Andropogon gayanus, *Bombax costatum</i> |

.../...

Tableau 3.1-1 : suite

| Zones éco-climatiques | Pays | Types de sols | Jeunes jachères | Jachères intermédiaires | Vieilles jachères |
|-----------------------|----------|------------------|---|--|---|
| Soudanienne | Cameroun | Vertisols | <i>Rottboellia cochinchinensis</i> | <i>Andropogon gayanus</i> | * <i>Acacia polyacantha</i> |
| | | Sols ferrugineux | <i>Dactyloctenium aegyptium</i> , <i>Pennisetum pedicellatum</i> , <i>Andropogon pseudapricus</i> | <i>Melinis repens</i> , <i>Andropogon gayanus</i> , * <i>Combretum spp.</i> | <i>Aristida kerstingii</i> , * <i>Biohytum umbraculum</i> , <i>Terminalia macroptera</i> , <i>Vitellia paradoxa</i> |
| | Sénégal | Sols ferrugineux | <i>Corchorus tridens</i> , <i>Kohautia grandifolia</i> , <i>Jacquemontia tamnyfolia</i> , <i>Merremia pinnata</i> , <i>Striga hermontheca</i> , <i>Acanthospermum hispidum</i> , <i>Sesbania pachycarpa</i> | <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Setaria pallidifusca</i> , <i>Elionurus elegans</i> , <i>Panicum gracilicaule</i> , <i>Pennisetum pedicellatum</i> , * <i>Pterocarpus</i> <i>erinaceus</i> , * <i>Terminalia macroptera</i> , <i>Hackelochloa granularis</i> , * <i>Cassia sieberiana</i> , * <i>Combretum nigricans</i> | * <i>Vitex madiensis</i> , * <i>Lippia chevalieri</i> , <i>Stylochiton</i> <i>warnakei</i> , * <i>Prosopis africana</i> , * <i>Baissea</i> <i>multiflora</i> , <i>Stylochiton hypogaeus</i> , <i>Crotalaria</i> <i>comosa</i> , * <i>Stereospermum kunthianum</i> |
| Guinéenne | Sénégal | Sols ferrugineux | <i>Chrozophora senegalensis</i> , * <i>Cassia sieberiana</i> , * <i>Newbouldia laevis</i> , <i>Tephrosia pedicellata</i> , <i>Indigofera macrocalyx</i> , <i>Cassia obtusifolius</i> , <i>Digitaria velutina</i> , <i>Alysicarpus ovalifolius</i> , <i>Ipomea eriocarpa</i> , <i>Hibiscus asper</i> , <i>Sida</i> <i>stipulosa</i> , <i>Eragrostis tremula</i> | <i>Ipomea eriocarpa</i> , * <i>Acacia macrostachya</i> , * <i>Allophyllus africanus</i> , <i>Setaria pallidifusca</i> , <i>Tephrosia platycarpa</i> , <i>Spermacoce stachydea</i> , * <i>Icacina senegalensis</i> , <i>Urena lobata</i> , * <i>Lanea</i> <i>acida</i> , <i>Dactyloctenium aegyptium</i> , * <i>Terminalia</i> <i>macroptera</i> , <i>Blepharis maderaspatensis</i> , * <i>Guiera senegalensis</i> , * <i>Holarrhena floribunda</i> , <i>Andropogon gayanus</i> , <i>Monechna ciliatum</i> , <i>Pandiaka heudelotii</i> , | <i>Panicum kerstingii</i> , <i>Merremia</i> <i>pinnata</i> , * <i>Detarium senegalensis</i> , * <i>Uvaria</i> <i>chamae</i> , * <i>Hannoa undulata</i> , * <i>Bridelia</i> <i>micrantha</i> , <i>Andropogon pseudapricus</i> , <i>Justicia</i> <i>kostschyi</i> , <i>Cissus rufescens</i> |

* Les espèces précédées d'un astérisque sont des ligneux

** Les sols ferrugineux sont le plus souvent des sols « ferrugineux lessivés »

Dans les vieilles jachères, au niveau de la strate herbacée, les espèces indicatrices sont représentées par : *Triumfetta pentandra*, *Rottboellia exaltata*, *Andropogon gayanus* et *Andropogon amplexans*. *Strychnos spinosa* est l'espèce ligneuse indicatrice de vieilles jachères.

Zone soudanienne

Au Cameroun

Les jeunes jachères sur vertisol sont marquées par *Rottboellia cochinchinensis*, les jachères intermédiaires par *Andropogon gayanus* et les vieilles jachères par *Acacia polyacantha*.

Par contre sur sol ferrugineux, les espèces indicatrices des jeunes jachères sont *Dactyloctenium aegyptium*, *Pennisetum pedicellatum*, *Andropogon pseudapricus* et *Spermacoce stachydea*.

Les jachères intermédiaires sont marquées par *Melinis aepens*, *Andropogon gayanus*, *Combretum glutinosum*, *Combretum collinum*.

Dans les jachères anciennes, les espèces indicatrices sont *Aristida kersuingii*, *Biophytum umbraculum*, *Terminalia macroptera* et *Vittelaria paradoxa*.

Au Sénégal

Les espèces indicatrices des jachères jeunes dans la zone soudanienne appartiennent toutes à la strate herbacée. Elles sont : *Corchorus tridens*, *Kohautia grandifolia*, *Jacquemontia tamnyfolia*, *Merremia pinnata*, *Striga hermontheca*, *Acanthospermum hispidum* et *Sesbania pachycarpa*.

Les espèces herbacées telles que *Digitaria horizontalis*, *Setaria pallidifusca*, *Elionurus elegans*, *Panicum gracilicaule*, *Pennisetum pedicellatum* et *Hackelochloa granularis*, sont indicatrices des jachères d'âges intermédiaires. *Pterocarpus erinaceus*, *Combretum nigricans* et *Cassia sieberiana* représentent les espèces ligneuses indicatrices de cette catégorie de jachères.

Les espèces indicatrices des vieilles jachères, au niveau de la strate herbacée sont : *Stylochiton warnakei*, *Stylochiton hypogaeus* et *Crotalaria comosa*, et au niveau de la strate ligneuse, elles sont représentées par *Vitex madiensis*, *Lippia chevalieri*, *Prosopis africana*, *Baissea multiflora* et *Stereospermum kunthianum*.

Zone guinéenne

Au Sénégal

Les espèces herbacées suivantes sont indicatrices des jeunes jachères de cette zone : *Chrozophora senegalensis*, *Tephrosia pedicellata*, *Indigofera macrocalyx*, *Digitaria velutina*, *Cassia obtusifolia*, *Alysicarpus ovalifolius*, *Ipomea eriocarpa*, *Hibiscus asper*, *Sida stipulosa* et *Eragrostis tremula*. Les espèces ligneuses sont représentées par *Cassia sieberiana* et *Newbouldia laevis*.

Au niveau des jachères d'âges intermédiaires, *Setaria pallidifusca*, *Tephrosia platycarpa*, *Spermacoce stachydea*, *Urena lobata*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Blepharis maderaspatensis*, *Monechma ciliatum*, *Pandiaka heudelotii*, *Hyptis suaveolens* et *Cassia mimosoides* représentent les espèces herbacées indicatrices. Les espèces ligneuses indicatrices sont : *Acacia macrostachya*, *Allophylus africanus*, *Icacina senegalensis* et *Holarrhena floribunda*.

Dans les vieilles jachères, les espèces herbacées indicatrices sont : *Panicum kerstingii*, *Andropogon gayanus*, *Cissus rufescens* et *Justicia kostchyi*.

Typologie de la végétation des jachères : espèces principales des jachères par types de sols dans différentes régions climatiques.

Sont considérées comme espèces principales, les espèces les plus abondantes qui donnent la physionomie aux jachères et qui permettent ainsi d'en présenter une typologie.

Zone soudano-sahélienne et sahélo-soudanienne

Au Cameroun

Sur sols vertiques de la zone soudano-sahélienne, les jachères sont dominées dans la strate ligneuse par *Acacia seyal*. Les espèces telles que *Combretum aculeatum* et *Dichrostachys cinerea* qui marquent peu la physionomie de la végétation sont cependant toujours présentes. La strate herbacée est dominée par *Setaria pumila* et *Schoenefeldia gracilis*.

Les sols ferrugineux sur dune de cette zone sont dominés par une seule espèce ligneuse : *Guiera senegalensis*. La strate herbacée par contre est plus riche en espèces dominantes : *Zornia glochidiata*, *Cenchrus biflorus*, *Triumfetta pentandra*.

Dans la zone sahélo-soudanienne du Cameroun deux principaux types de sol sont rencontrés : les vertisols et le sol ferrugineux sur gneiss.

Les vertisols de cette zone sont dominés dans la strate ligneuse par *Acacia seyal* avec comme espèces compagne *Acacia hockii*, *Acacia gerrardii* et *Lannea humilis*, *Andropogon pinguipes*, *Schizachyrium exile*, *Loudetia togoensis* et *Sporobolus festivus*.

Sur sol ferrugineux, les ligneux dominants sont *Anogeissus leiocarpus*, *Annona senegalensis*, *Combretum glutinosum* et *Combretum collinum* et *Cassia sieberiana*. La strate herbacée est dominée par *Loudetia togoensis*, *Setaria pumila* et *Andropogon pseudapricus*.

Au Mali

Sur sols limoneux : la végétation des jachères d'âge intermédiaire est principalement caractérisée par *Combretum ghasalense* et *Acacia seyal* qui contribuent à plus de 50% au recouvrement des ligneux. Dans les stades avancés, ce sont *Anogeissus leiocarpus*, *Pterocarpus erinaceus*, *Bombax costatum* et *Lannea acida* qui constituent les principales espèces ligneuses. Dans les premiers stades, la strate herbacée est dominée par : *Spermacoce stachydea*, *Borreria chaetocephala* et *Setaria pumila*, alors que dans les stades avancés ces espèces sont remplacées par *Andropogon pseudapricus*, *Pennisetum pedicellatum*, et *Loudetia togoensis*.

Sur les sols limono-sableux : *Piliostigma reticulatum*, *Guiera senegalensis* et *Combretum glutinosum* constituent les principales espèces ligneuses de la strate arbustive, avec un taux de recouvrement de plus de 30%. La strate arborée est composée de *Bombax costatum*, *Vitellaria paradoxa*, *Sclerocarya birrea* et *Cordyla pinnata*. Parmi les espèces herbacées dominantes, on note: *Schizachyrium exile*, *Zornia glochidiata*, *Cenchrus biflorus*, *Andropogon pseudapricus*, *Loudetia togoensis*, *Pennisetum pedicellatum* et *Spermacoce stachydea*.

Au Sénégal

Les principales espèces herbacées sur les sols ferrugineux, sont représentées par *Pennisetum pedicellatum*, *Pennisetum subangustum* et *Andropogon pseudapricus*. Dans les jachères d'âge intermédiaire, leur taux de recouvrement est supérieur à 50%. Il faut noter la présence significative de *Cassia obtusifolia*, *Schizachyrium sanguineum*, *Tephrosia pedicellata*, *Panicum gracilicaule*, *Tephrosia linearis* et *Elionurus elegans*. La strate ligneuse est très largement dominée par *Combretum glutinosum* dont le recouvrement est plus de 50%. Les autres espèces les plus fréquentes sont : *Terminalia macroptera*, *Lannea acida*, *Cordyla pinnata*, *Bombax costatum*, *Hexalobus monopetalus*, *Pterocarpus erinaceus*, *Terminalia avicennioides*, *Piliostigma thonningii* et *Combretum nigricans*.

Tableau 3.1-2 : Espèces principales des jachères par type de sol dans différentes régions climatiques (Cameroun, Mali, Sénégal)

| Zones éco-climatiques | Pays | Types de sols | Espèces végétales |
|-----------------------|------------------|-----------------------|---|
| Soudano-sahélienne | Cameroun | Vertisols | |
| | | Sols ferrugineux | |
| | Sénégal | Sols ferrugineux | |
| | | Vertisols | |
| Sahélo-soudanienne | Cameroun | Sols ferrugineux | |
| | | Sols limoneux | |
| | Mali | Sols limoneux sableux | <i>Annona senegalensis, Andropogon gayanus, *Combretum fragrans, *Acacia seyal, *Anogeissus leiocarpus, *Cordia mixa *Combretum aculeatum, *Prosopis africana, *Acacia polyacantha</i> |
| | | Sols ferrugineux | <i>*Combretum glutinosum, *Cordyla pinnata, *Guiera senegalensis, *Terminalia laxiflora, *Acacia tortilis, Cyperus rotundus, *Prosopis africana, *Vitellaria paradoxa, *Sclerocarya birrea, Loudetia iogoensis, *Bombax costatum, *Cassia sieberiana, Cassia obtusifolia, Pennisetum pedicellatum, *Combretum glutinosum, Cassia obtusifolia, Andropogon pseudapricus, Pennisetum subangustum, Schizachyrium sanguineum, *Terminalia macroptera, *Cordyla pinnata, Tephrosia pedicellata, *Lansea acida, *Bombax costatum, *Hexalobus monopetalus, *Pterocarpus erinaceus, *Terminalia avicennoides *Bombax costatum, *Hexalobus monopetalus, *Pterocarpus erinaceus, *Terminalia avicennoides</i> |
| Sénégal | Sols ferrugineux | | |
| Soudanienne | Cameroun | Vertisols | |
| | | Sols ferrugineux | |
| | Sénégal | Sols ferrugineux | <i>*Combretum geitonophyllum, *Khaya senegalensis, Spermocoe stachydea, *Pterocarpus erinaceus, *Acacia macrostachya, *Piliostigma thonningii, Andropogon pseudapricus, Pennisetum subangustum, *Combretum glutinosum, *Prosopis africana, *Terminalia macroptera, *Entada africana, Schizachyrium sanguineum, *Bombax costatum, *Cassia sieberiana, *Dichrostachys glomerata, *Detarium microcarpa, Pennisetum pedicellatum, Tephrosia pedicellata *Terminalia avicennoides, *Lansea velutina, *Grewia lasiodiscus, *Holarrhena floribunda, Pandiaka heudelotii, Indigofera dendroïdes, *Annona senegalensis, *Cordyla pinnata, Hannoa undulata, Uvaria chamae, *Afzelia africana, *Parkia biglobosa</i> |
| | | Sols ferrugineux | <i>*Dichrostachys glomerata, *Combretum smeathmanii, *Pterocarpus erinaceus, *Guiera senegalensis, *Crossopteryx febrifuga, *Landolphia heudelotii, *Newbouldia laevis, *Holarrhena floribunda, *Daniellia oliveri, *Annona senegalensis, Panicum kerstingii, Panicum graciliicaule, *Terminalia macroptera, *Parkia biglobosa, *Terminalia avicennoides, Hyptis suaveolens, *Combretum micranthum, *Combretum racemosum, *Detarium guineense, Zornia glochidiata, *Dialium guineense, *Borassus aethiopum Hyptis suaveolens, Andropogon gayanus, Ipomea pileata,</i> |

Zone soudanienne

Au Cameroun

Cette zone est dominée par les sols ferrugineux sur grès plus ou moins lessivés. Les traces d'alluvions verticales sont dominés par une seule espèce : *Acacia polyacantha*.

Sur sol ferrugineux, la strate ligneuse est dominée par *Terminalia macroptera*, *Terminalia laxiflora*, *Daniellia oliveri*, *strychnos innocua*, *Gardenia aqualla* et *Combretum glutinosum*. Les espèces herbacées dominantes sont *Aristida kerstingii*, *Loudetia flavida* et *Andropogon gayanus*.

Au Sénégal

Les principales espèces herbacées rencontrées sont les mêmes que celles qu'on rencontre en zone sahélo-soudanienne, avec des taux de recouvrement différents (entre 30 et 50%). Ces espèces sont accompagnées par ordre d'importance par *Spermacoce stachydea*, *Tephrosia pedicellata*, *Schizachyrium sanguineum* *Indigofera dendroides* et *Pandiaka heudelotii*. Chez les ligneux la dominance est assurée par plusieurs espèces, parmi lesquelles on peut citer : *Combretum geitonophyllum*, *Terminalia macroptera*, *Acacia macrostachya*, *Dichrostachys glomerata*, *Combretum glutinosum* et *Cassia sieberiana*

Zone guinéenne (Basse-Casamance)

Au Sénégal, en zone guinéenne, *Andropogon gayanus*, *Hyptis suaveolens* et *Ipomea pileata* constituent le groupe des principales espèces, avec un taux de recouvrement variant de 20 à 40%. Elles sont accompagnées par un groupe d'espèces moins fréquentes telles que *Panicum kerstingii*, *Panicum gracicaule* et *Zornia glochidiata*. Les principales espèces ligneuses dominantes sont plus diversifiées que dans le cas précédent. On rencontre principalement : *Combretum micranthum*, *Combretum racemosum*, *Combretum smeathmannii*, *Newbouldia laevis*, *Terminalia avicennioides*, *Borassus aethiopum* et *Daniellia oliveri*.

Conclusion

On constate des convergences entre les jachères des trois pays, pour ce qui concerne les zones climatiques identiques étudiées. En effet dans la zone sahélo-soudanienne il existe beaucoup d'espèces communes caractéristiques des jeunes jachères (*Digitaria horizontalis*, *Corchorus tridens*, *Mitracarpus villosus*, *Striga hermonthica* et *Eragrostis tremula*). *Andropogon pseudapricus* est l'espèce indicatrice commune aux jachères d'âges intermédiaires alors qu'*Andropogon gayanus* est celle des vieilles jachères. Mais d'importantes différences existent dans l'ensemble des espèces indicatrices de l'âge des jachères de ces trois pays, liées au moins en partie aux différences existant entre les caractéristiques des sols.

Les espèces principales communes des jachères des trois pays pour la zone sahélo-soudanienne sont : *Pennisetum pedicellatum*, *Cassia obtusifolia*, *Andropogon pseudapricus*, *Pennisetum subangustum* (*Polystachyon*), *Schizachyrium sanguineum*, *Tephrosia pedicellata*, *Tephrosia linearis*, *Elionurus elegans*, *Combretum glutinosum*, *Cordyla pinnata*, *Bombax costatum*, *Lannea acida*, *Pterocarpus erinaceus* et *Piliostigma thonningii*.

Diversité de la végétation des jachères

Globalement, au niveau de la zone soudanienne des trois pays, la richesse spécifique est plus importante en Haute-Casamance (Sénégal), suivie de Mouda-Gazad (Cameroun) et Missira (Mali). Quel que soit l'âge de la jachère, cette richesse spécifique ne varie pas beaucoup (Figure 3.1 -1).

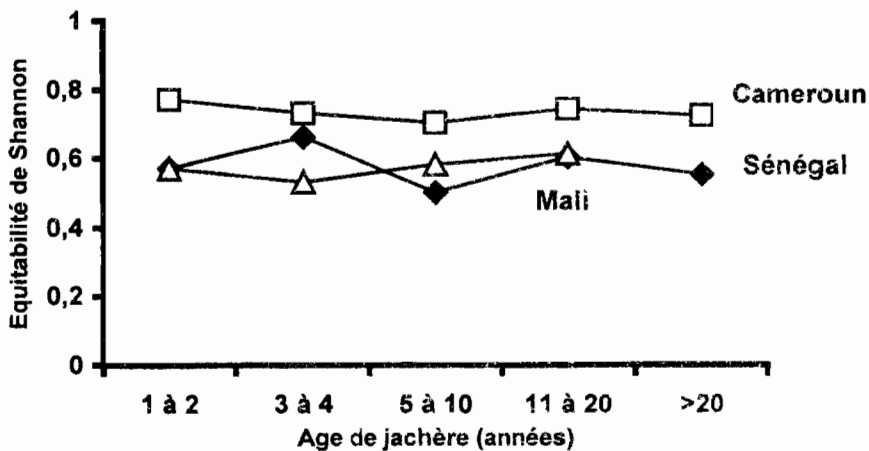
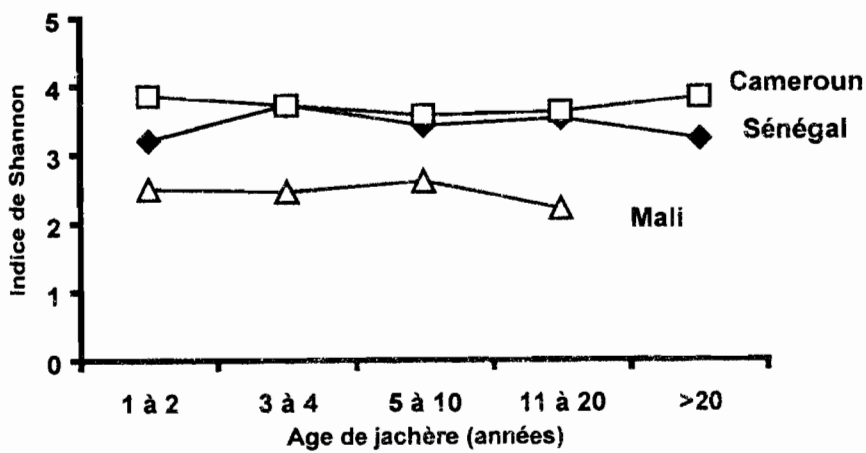
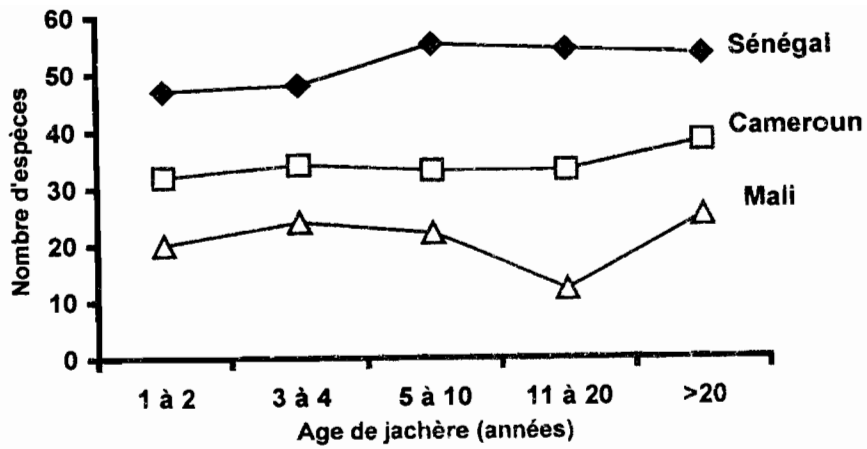


Figure 3.1 -1 : Richesse spécifique (herbacées + Ilgneux), indices de diversité et d'équitabilité de Shannon-Wiener dans les trois pays.

Cependant on constate une baisse de cette richesse à la tranche d'âge de 11-20 ans au Mali. Cette situation pourrait s'expliquer par les effets anthropiques (coupes excessives, pâturage, feu, longue phase culturale, dessouchage graduel, etc.) et non anthropiques (sol, topographique, etc.).

L'évolution de l'indice de Shannon-Wiener ne montre pas de grandes variations entre différentes classes d'âges de jachères pour un même pays, même si on constate une légère baisse dans les vieilles jachères du Sénégal et dans les jachères intermédiaires du Mali (Figure 3.1- 1).

En considérant l'indice d'équitabilité, il apparaît que la diversité végétale est plus élevée au Cameroun que dans les 2 autres pays.

D'une manière globale, on peut constater que les espèces dominantes sont plus diversifiées au Cameroun.

L'indice de diversité croît les premières années de jachère. Cette croissance rapide des premiers stades d'abandon cultural correspond au remaniement floristique en début de jachère qui est le fait d'espèces thérophytes à grande capacité de dispersion et à multiplication rapide. Les plus faibles valeurs de l'indice sont atteintes dans les stades anciens. On peut expliquer la baisse de la diversité des espèces végétales jusqu'à atteindre ses valeurs les plus faibles dans les vieilles jachères, par la prédominance d'un nombre restreint d'espèces dans cette catégorie de jachères, même si la richesse floristique évolue peu. D'une façon générale la diversité des ligneux augmente avec le temps de jachère, alors que celle des herbacées diminue.

Végétation et anthropisation

Les facteurs anthropiques contribuent à la mise en place de la structure et de la physionomie de la végétation post-culturelle. En effet dans les zones à forte pression anthropique, les formations forestières naturelles disparaissent en laissant la place à des "savanes parcs" ou "parcs agro-forestiers" qui sont constitués uniquement d'espèces d'intérêt socio-économique, intentionnellement laissées par les paysans (Yossi, 1996). Parmi ces espèces on peut citer : *Acacia albida*, *Adansonia digitata*, *Sclerocarya birrea*, *Vitellaria paradoxa*, *Prosopis africana*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica*, *Balanites aegyptiaca* et *Lannea microcarpa*. Ces différentes espèces constituent la strate arborée de ces jachères soumises à une forte pression anthropique et se rencontrent aussi bien dans les jachères anthropisées du Mali que celles du Sénégal. La strate arbustive se compose d'espèces rejetant de souches, *Guiera senegalensis*, *Combretum glutinosum*, *Combretum ghasalense*, *Piliostigma reticulatum*, *Dichrostachys glomerata* et *Ziziphus mauritiana*.

On a pu constater qu'au Sénégal, dans certains terroirs villageois (Tankanto-Maoundé en Haute-Casamance), une pression anthropique très forte peut imposer un "frein artificiel" pour la succession végétale, qui se traduit par une stagnation de l'évolution de la diversité et de la structure verticale de la végétation. La strate ligneuse est représentée par les espèces arbustives et sous-arbustives, même si l'on rencontre des espèces indicatrices de vieilles jachères.

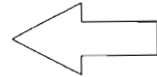
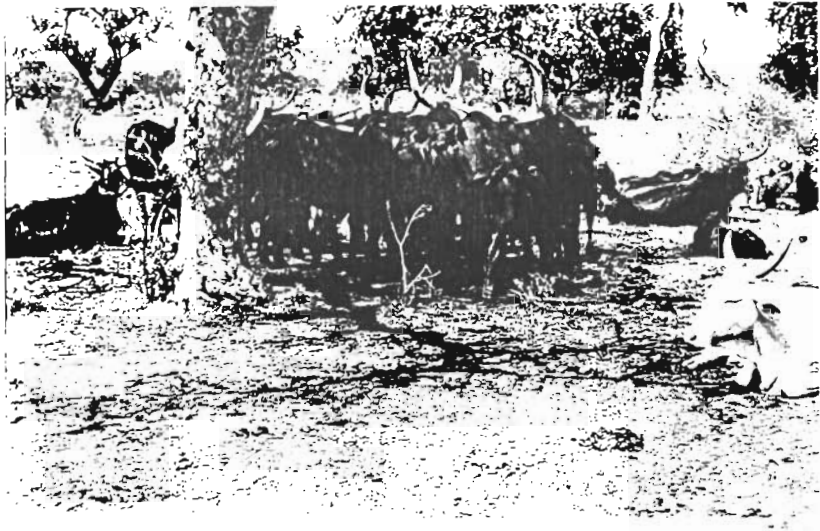
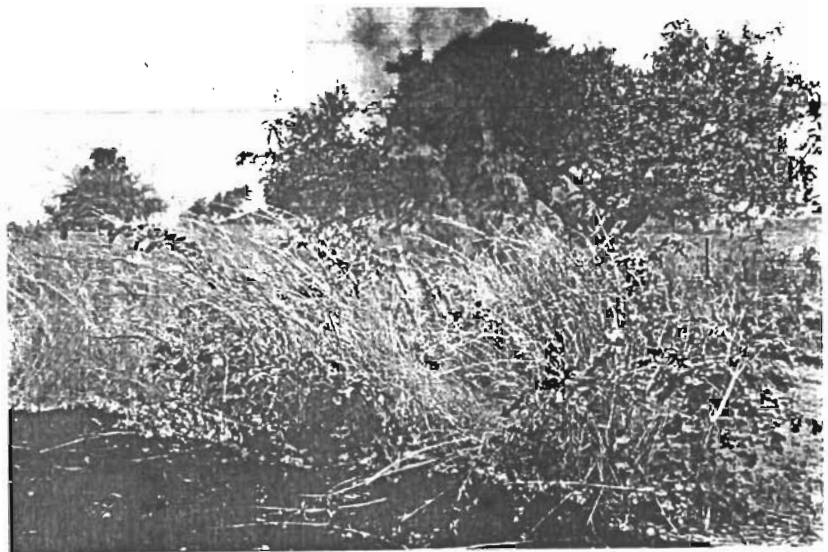
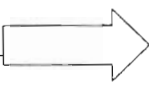
Références citées

- 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
- DIATTA M., 1994. Mise en défens et techniques agroforestières au Sine Saloum (Sénégal). Effet sur la conservation de l'eau, du sol et sur la production primaire. Thèse de Doctorat de l'Université scientifique L. Pasteur (Strasbourg 1), Mention Géographie Physique. 202p.
- DONFACK, P., 1998- Conséquence du raccourcissement du temps de jachère sur la diversité floristique et sur la production végétale des formations post-culturelles à forte pression anthropique. Thèse d'Etat. Université de Yaoundé.
- KOITA Bothié.- Jachère et biodiversité végétale : étude des pratiques de mise en jachère dans les systèmes de culture de Casamance et au Sénégal oriental. Thèse Université de Corse.
- YOSSI H., 1996. Dynamique de la végétation post-culturelle en zone soudanienne au Mali. Thèse Doct. Option Population-Environnement, ISFRA, Bamako, Mali, 141p.

Principaux facteurs de dégradation du couvert végétal

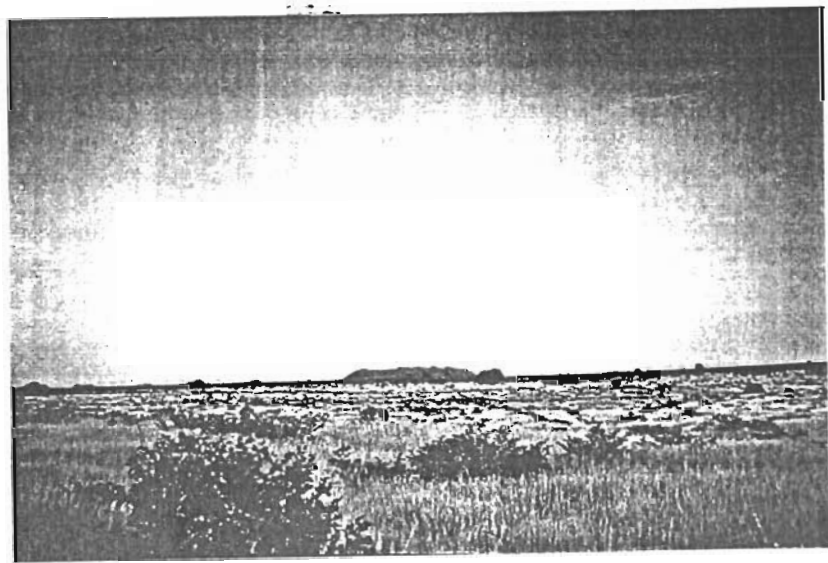
Aux effets produits par la fréquence des défrichements et la pression de coupe du bois, s'ajoutent :

.....Les feux de brousses.....



.....Le pâturage parfois excessif....

.....Les jachères trop courtes.



3.2 INFLUENCE DU FEU ET DU PATURAGE SUR LA SUCCESSION ET LA DIVERSITE DE LA VEGETATION HERBACEE DES JEUNES JACHERES EN ZONE SOUDANIENNE-NORD DU MALI

Fadlata DEMBELE¹, Edouard LE FLOC'H², Harouna YOSSSI¹

¹ Institut d'Economie Rurale, BP 1704, Sotuba Bamako, Mali ; ² CNRS/CEFE, F-43293 Montpellier Cédex 5, France

Introduction

La majorité des travaux de recherche, menés sur la dynamique de la végétation après incendie, ont été réalisées dans les savanes tropicales d'Afrique sur des savanes matures. (Monnier, 1968, 1990 ; Koffi, 1982 ; Menaut, 1993 ; Dauget et Menaut, 1992).

Parmi les travaux de recherche relatifs à l'effet du feu sur la dynamique de la végétation en zone de savanes, ceux concernant les effets conjugués du feu et du pâturage sur les tous premiers stades de la jachère sont très rares. C'est dans ce cadre que se situent les travaux de Dembélé (1996), menés sur l'influence du feu et du pâturage sur la végétation et la biodiversité dans les jeunes jachères en zone soudanienne-nord du Mali.

Il s'agit de vérifier l'hypothèse selon laquelle le feu reste le facteur essentiel de modification de la végétation surtout herbacée après abandon cultural. La sensibilité plus ou moins grande des espèces aux températures élevées détermine leur stratégie de germination et leur installation, dans les conditions de feux récurrents.

Dans cette étude, les résultats portent sur :

- l'évolution de la composition floristique et de la végétation au cours de la succession,
- l'évolution du couvert des principales espèces herbacées
- l'évolution de la diversité et de l'équitabilité dans les jeunes jachères, en fonction de l'âge d'abandon cultural.

La zone d'étude et le dispositif de mesures

Les travaux de recherche ont été menés dans le terroir de Missira (13°43 latitude N. et 8°27 longitude E), situé dans la zone de transition de la Réserve de biosphère de la Boucle du Baoulé à environ 200 km au nord-ouest de Bamako.

Le climat est de type soudanien-nord caractérisé par des précipitations comprises entre 500mm et 900 mm. (P.I.R.T., 1986), et une longueur de la saison agricole de 75 à 90 jours. La saison sèche est longue avec une amplitude élevée des températures. La température moyenne minimale est de 24° C (décembre-janvier) et la moyenne maximale de 32° C (mai).

Deux essais (avec trois traitements, sans feu, feu précoce et feu tardif en 5 répétitions, avec des parcelles élémentaires de 20 x 30 m ont été mis en place dans une jachère d'un an sur chacune des deux principales unités de sol des plaines cultivées : les sols limoneux fins et les sols limono-sableux. Dans chaque site l'un des essais a été protégé intégralement de l'influence du pâturage et de l'exploitation par l'homme et l'autre n'a fait l'objet d'aucune restriction d'exploitation. Le dispositif expérimental adopté est du type split-plot bloc complet randomisé (Dagnélie, 1981 ; Philippeau, 1989). Les essais sur sols limoneux ont fait l'objet de 4 campagnes de mesures et d'observations (1992 à 1995) et ceux sur sols limono-sableux de 3 campagnes (1993 à 1995).

Les mesures sur végétation, ont été effectuées par la méthode des point-quadrats.

Pour chaque traitement (types de feu x types de pâturage), 3 lignes permanentes ont été installées. Chaque ligne est matérialisée par deux piquets métalliques, fixes, distants de 20 mètres. Nous avons ainsi installé un nombre total de 18 lignes par site (3 lignes x 3 types de feu x 2 types de pâturage) soit 36 pour les deux sites.

Les mesures ont été effectuées tous les 20 cm le long d'une baguette métallique descendue verticalement dans la végétation, soit donc 100 points de lecture par ligne permanente. A chaque point de lecture on note la présence de toutes espèces qui touchent la baguette. Si aucune espèce n'est présente au point considéré c'est l'état de surface qui est noté : sol nu, litière ou cailloux. Par contre si une espèce touche plus d'une fois la baguette à un même niveau de graduation on ne considère qu'un seul contact (Daget et Poissonet, 1969, 1971).

Les relevés sont effectués annuellement à la période de développement maximal de la végétation herbacée (septembre). Pour les essais sur sol limoneux nous disposons des résultats concernant (4 campagnes de mesure) 60 lectures de lignes permanentes et sur sol limono-sableux (3 campagnes) de 54 lectures de lignes permanentes.

Résultats

Evolution de la composition floristique et de la végétation au cours de la succession

L'analyse des conséquences des différentes pratiques de feu (sans feu, feu précoce ou tardif) permet de dégager trois grands groupes d'espèces caractérisant la succession des stades jeunes d'abandon cultural, sur les deux types de sol étudiés (Tableau 3.2 -1). Dans ces tableaux le chiffre 0 indique l'absence de l'espèce dans le traitement tandis que les signes +, ++, +++, ++++ correspondent respectivement aux fréquences relatives des espèces comprises entre 0-10, 10-20, 20-30 et >30%. C'est sur la base de l'évolution de la fréquence relative des espèces, dans les traitements, que nous avons constitué les différents groupes écologiques caractérisant les stades de la succession dans les jeunes jachères sur les deux types de sol.

L'interprétation de ces tableaux permet de montrer que la strate herbacée, après un an d'abandon, reste essentiellement dominée, surtout sur sol limoneux, par les adventices des cultures (groupes 1a et 1b) telles que : *Digitaria horizontalis*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Spermacoce stachydea*, *Eragrostis tremula*, *Zornia glochidiata*, *Pennisetum typhoides*, etc. Certaines d'entre elles (notamment les 3 premières citées) persistent jusqu'à la troisième année avant de régresser très fortement. Cette domination de la strate herbacée par les adventices, à 1 et 2 ans d'abandon, s'explique par le fait que ces espèces étaient déjà présentes dans les cultures.

Dans le deuxième groupe se trouvent rassemblées les espèces de transition. Elles ne caractérisent aucun type de sol ni, à proprement dit, aucun stade de la succession, quel que soit le traitement de feu appliqué.

Les espèces du troisième groupe n'acquièrent d'importance réelle qu'à partir de la 3^{ème} année d'abandon cultural. Il s'agit surtout de *Andropogon pseudapricus*, *Pennisetum pedicellatum*, auxquelles peuvent s'ajouter soit *Brachiaria deflexa*, *Pennisetum polystachyon* et *Eragrostis gangetica* sur sol limoneuse, soit *Borreria chaetocephala* et *Mitracarpus scaber* sur sol limono-sableux. Dans ce groupe deux espèces présentent la même abondance dans tous les traitements, il s'agit de *Setaria pallide-fusca* sur sol limoneux et de *Schizachyrium exile* sur sol limono-sableux.

Le remplacement des espèces du premier groupe par celles du troisième groupe peut s'expliquer par un certain nombre de caractéristiques biologiques des espèces telles que la stratégie de germination, la morphologie et le cycle végétatif.

Tableau 3.2-1 : Influence du feu et du pâturage sur la modification, au cours du temps, de la flore herbacée des jeunes jachères sur plaines limoneuse et limono-sableuse

a : Plaine limoneuse

| Espèces | 1992 | | | 1993 | | | 1994 | | | 1995 | | | G.E. |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | |
| <i>Pennisetum typhoides</i> (Burm.) Stapf et Hubb. | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1a |
| <i>Cucumis melo</i> L. | + | + | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | |
| <i>Zornia glaberrima</i> Reichb. ex DC. | ++ | + | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | |
| <i>Eragrostis turgida</i> De Wild. | + | + | ++ | + | + | + | + | + | + | 0 | 0 | + | |
| <i>Chloris pilosa</i> Sch. et Thonn. | + | + | + | + | + | + | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Eragrostis tremula</i> Hochst. | + | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Mitracarpus scaber</i> Zucc. | + | ++ | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | |
| <i>Digitaria horizontalis</i> Willd. | ++++ | ++++ | ++++ | + | + | + | 0 | + | + | + | + | + | 1b |
| <i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) P. Beauv. | ++++ | ++++ | ++++ | +++ | +++ | +++ | 0 | +++ | +++ | + | + | + | |
| <i>Spermacoce stachydea</i> DC. | ++++ | ++++ | ++++ | ++++ | ++++ | ++++ | +++ | ++++ | ++++ | + | + | + | |
| <i>Brachiaria lata</i> (Schumacher) Hubb. | 0 | 0 | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | 0 | 2 |
| <i>Brachiaria ramosa</i> (L.) Stapf | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | |
| <i>Hypis spicigerus</i> Lam. | 0 | 0 | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | + | 0 | 0 | + | |
| <i>Hibiscus asper</i> Hook. | 0 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| <i>Fimbristylis ferruginea</i> Vahl | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | |
| <i>Vernonia</i> spp. | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Vernonia galamensis</i> (Cass.) Less. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | |
| <i>Sida acuta</i> Burman f. | + | + | + | 0 | + | 0 | 0 | 0 | + | 0 | 0 | + | |
| <i>Polygala arenaria</i> Willd. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | |
| <i>Physalis angulata</i> L. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | |
| <i>Monochama ciliatum</i> (Jacq.) Milne-Redf. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | 0 | 0 | + | |
| <i>Leucas martinicensis</i> (Jacq.) Ait. | + | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | 0 | |
| <i>Carcaligo pilosa</i> Engl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | |
| <i>Vigna racemosa</i> (G. Don) H. et D. | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | + | + | + | + | ++ | |
| <i>Tephrosia linearis</i> (Willd.) Pers. | 0 | 0 | 0 | + | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Tephrosia bracteolata</i> G. et Perr. | 0 | 0 | 0 | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Indigofera secundiflora</i> Poir. | + | + | ++ | + | + | + | + | + | 0 | 0 | 0 | + | |
| <i>Indigofera pilosa</i> Poir. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | + | |
| <i>Indigofera parviflora</i> Heyne | 0 | 0 | 0 | + | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Corchorus tridens</i> L. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | |
| <i>Commelina subalbescens</i> Berh. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Bilama guineensis</i> DC. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | |
| <i>Indigofera macrocalyx</i> G. et Perr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Indigofera bracteolata</i> DC. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Crotalaria goreensis</i> G. et Perr. | 0 | 0 | 0 | + | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Crotalaria calycina</i> Schr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Crotalaria perrottetti</i> DC. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Cassia obtusifolia</i> L. | + | 0 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| <i>Cassia mimosoides</i> L. | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| <i>Schoenefeldia gracilis</i> Kunth | 0 | + | + | + | + | + | + | 0 | + | + | + | + | |
| <i>Lanxibegia abyssinica</i> A. Rich | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Eragrostis pilosa</i> (L.) P. Beauv. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | |
| <i>Eragrostis</i> spp. | + | ++ | + | 0 | 0 | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Eragrostis atrovirens</i> (Desf.) Trin. | + | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | |
| <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | |
| <i>Diheteropogon hagerupii</i> Hitch. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | |
| <i>Cenium elegans</i> Kunth | 0 | 0 | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Alysicarpus ovalifolius</i> (S. et T.) Leon. | 0 | + | 0 | +++ | + | +++ | + | + | + | ++ | + | ++ | 3a |
| <i>Schizachyrium exile</i> Stapf | + | + | + | +++ | +++ | +++ | + | +++ | ++ | + | ++ | + | |
| <i>Eragrostis gangetica</i> Steud. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | ++ | + | |
| <i>Pennisetum pedunculatum</i> Trin. | +++ | ++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | + | +++ | ++ | ++ | + | |
| <i>Pennisetum polystachyon</i> (L.) Schult. | 0 | 0 | 0 | +++ | +++ | +++ | 0 | 0 | 0 | +++ | ++ | + | |
| <i>Setaria pallide-fusca</i> Stapf et Hubb. | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | + | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | |
| <i>Andropogon pseudapricus</i> Stapf | 0 | + | + | ++ | ++ | ++ | +++ | +++ | ++ | +++ | +++ | +++ | |
| <i>Borreria chaetoccephala</i> (DC.) Hepp. | + | + | + | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | |
| <i>Brachiaria deflexa</i> (Schumacher) Hubb. | 0 | 0 | 0 | + | + | + | 0 | 0 | + | + | + | +++ | |
| <i>Brachiaria lata</i> (Schumacher) Hubb. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| <i>Cassia mimosoides</i> L. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| <i>Alysicarpus ovalifolius</i> (S. et T.) Leon. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| <i>Aristida funiculata</i> Trin. et Rupr. | 0 | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | |
| <i>Borreria radiata</i> DC. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | |
| <i>Pennisetum pedunculatum</i> Trin. | ++ | ++ | + | +++ | + | + | + | + | + | + | + | ++ | 3 |
| <i>Cenium elegans</i> Kunth | + | + | + | +++ | ++ | ++ | + | + | + | + | + | 0 | |
| <i>Schizachyrium exile</i> Stapf | ++++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | |
| <i>Spermacoce stachydea</i> DC. | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | |
| <i>Borreria chaetoccephala</i> (DC.) Hepp. | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | |
| <i>Andropogon pseudapricus</i> Stapf | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | +++ | |
| <i>Mitracarpus scaber</i> Zucc. | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +++ | |

b : Plaine limono-sableuse

| Espèces | 1993 | | | 1994 | | | 1995 | | | G.E. | | |
|--|------|-----|-----|------|-----|-----|------|----|----|------|----|----|
| | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | | | |
| <i>Vigna racemosa</i> (G. Don) H. et D. | + | + | + | 0 | + | 0 | 0 | + | + | + | + | 1a |
| <i>Pennisetum typhoides</i> (Burm.) Stapf et Hubb. | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Ipomoea bipharyngylla</i> Hall. | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Crotalaria macrocalyx</i> Benth. | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | |
| <i>Digitaria debilis</i> Willd. | + | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Ipomoea triloba</i> L. | + | + | + | 0 | + | + | + | + | + | + | + | |
| <i>Cucumis melo</i> L. | + | + | + | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | + | |
| <i>Hibiscus asper</i> Hook. | ++ | + | + | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | + | |
| <i>Cucumis ficifolius</i> A. Rich. | ++ | ++ | 0 | 0 | 0 | 0 | + | 0 | + | + | + | |
| <i>Corchorus tridens</i> L. | + | + | + | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | + | |
| <i>Cassia obtusifolia</i> L. | ++ | ++ | ++ | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| <i>Cenchrus biflorus</i> Roxb. | + | + | + | + | + | + | 0 | 0 | + | + | + | |
| <i>Zornia glaberrima</i> Reichb. ex DC. | +++ | +++ | +++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | |
| <i>Brachiaria ramosa</i> Stapf | ++ | ++ | + | ++ | + | + | + | + | + | + | ++ | |
| <i>Eragrostis tremula</i> Hochst. | +++ | +++ | +++ | + | + | + | + | + | + | + | ++ | |
| <i>Digitaria horizontalis</i> Willd. | +++ | +++ | ++ | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| <i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) P. Beauv. | +++ | +++ | +++ | ++ | +++ | +++ | 0 | + | + | + | ++ | |
| <i>Waltheria indica</i> L. | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | + | + | + | 0 | 2 |
| <i>Tephrosia bracteolata</i> G. et Perr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Tephrosia linearis</i> (Willd.) Pers. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 0 | |
| <i>Schoenefeldia gracilis</i> Kunth. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Sida acuta</i> Burman f. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Striga hermonthica</i> (Delile) Bentham | 0 | 0 | 0 | + | + | + | ++ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Theilopogon elegans</i> Roth. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Pennisetum polystachyon</i> (L.) Schult. | 0 | + | + | 0 | + | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Physalis angulata</i> L. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Polygala arenaria</i> Willd. | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Ipomoea vagans</i> Bak. | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Kyllinga squamulata</i> Vahl | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Leptadenia hastata</i> (Pers.) Decne. | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | + | |
| <i>Indigofera pilosa</i> Poir. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | 0 | 0 | |
| <i>Indigofera secundiflora</i> Poir. | + | + | + | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | |
| <i>Ipomoea argentea</i> Hallier | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | + | |
| <i>Indigofera bracteolata</i> DC. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| <i>Indigofera macrocalyx</i> G. et Perr. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 0 | + | |
| <i>Indigofera parviflora</i> Heyne | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| <i>Eragrostis turgida</i> De Wild. | 0 | + | + | 0 | + | + | 0 | 0 | + | 0 | 0 | |
| <i>Fimbristylis ferruginea</i> Vahl | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | + | |
| <i>Diheteropogon hagerupii</i> Hitch. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | 0 | 0 | |
| <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn. | 0 | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Eragrostis atrovirens</i> (Desf.) Trin. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Eragrostis</i> spp. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | |
| <i>Cyperus esculentus</i> L. | 0 | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Cyperus rotundus</i> L. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| <i>Cyrtosperma senegalense</i> Engl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | 0 | |

Evolution du couvert des principales espèces herbacées

Compte tenu de cette influence du feu sur l'évolution de la fréquence de ces principales espèces, nous avons cherché à déterminer statistiquement, les espèces qui caractérisent de façon significative les différents traitements de feu. Pour ce faire, il a été réalisé, sur chacune des 6 espèces principales, une analyse de variance relative à leur contribution spécifique au recouvrement global de la strate herbacée.

Pour les essais sur plaine limoneuse il n'a été possible de procéder à l'analyse de variance qu'à partir de 2^{ème} année où le nombre de lignes permanentes a été porté à 3. Il existe par ailleurs un décalage d'un an entre les essais sur plaine limoneuse et ceux sur plaine limono-sableuse, leur date d'installation étant respectivement 1992 et 1993.

Il ressort de l'interprétation des résultats de l'analyse de variance que le feu et le pâturage ne présentent aucune interaction significative, au seuil de probabilité 5% ($P > 0.05$), en ce qui concerne la fréquence des 6 premières espèces dominantes des stades jeunes de la jachère. Le feu seul, à travers 3 modalités de pratiques (sans feu, feu précoce, feu tardif), détermine le mécanisme d'installation différentielle de ces espèces. De fait seules 4 des 6 espèces, pour lesquelles l'analyse statistique a été effectué, sont sensibles aux divers scénarios du feu et cela pour l'ensemble des sites d'essai (Tableau 3.2-2).

L'interprétation des données du tableau 3.2-2 permet de conclure que, sur sol limoneux, *Dactyloctenium aegyptium* s'installe avec un recouvrement plus élevé dans les traitements feu tardif et feu précoce que dans le traitement sans feu. Ceci est également vrai, à partir de 3 ans de jachère, pour le traitement feu précoce et uniquement à la quatrième année pour le traitement feu tardif. Par contre sur sol limono-sableux, l'installation de *Dactyloctenium aegyptium* n'est forte que pour le traitement feu tardif et à partir de la troisième année de jachère.

Spermacoce stachydea présente, sur sol limoneux, un recouvrement statistiquement plus élevé en deuxième et troisième année d'abandon cultural dans les traitements feux tardif et précoce. Au-delà de cet âge d'abandon la différence observée est moins significative entre les trois traitements. Sur sol limono-sableux cette espèce s'installe à partir de 2 ans de jachère, avec un couvert significativement plus élevé dans les traitements feux tardif et précoce que dans le traitement sans feu. A la troisième année le couvert de cette espèce n'est important que dans le traitement feu précoce.

Le recouvrement de *Pennisetum pedicellatum* devient, sur sol limoneux, plus important, dans le traitement sans feu que dans les autres, à partir de la troisième année de jachère. Sur sol limono-sableux la différence de recouvrement entre le sans feu et le feu précoce n'est significative qu'à partir, de 2 ans de jachère.

Sur sol limoneux, après 4 années de jachère, le couvert de *Andropogon pseudapricus* présente des différences assez nettes entre les trois traitements. Chacun d'entre eux constitue, dans cette situation, un groupe homogène. Sur sol limono-sableux, au contraire, l'écart observé entre les trois traitements demeure non significatif.

Evolution de la diversité dans les jeunes jachères, en fonction de l'âge d'abandon cultural

Le feu, reconnu être un facteur essentiel de modification de la végétation herbacée après abandon cultural semble, l'élément clef de l'évolution de la diversité et de l'équitabilité dans les jeunes jachères sur le terroir de Missira (Tableau 3.2-3). Ce tableau présente une synthèse des résultats, de l'analyse de variance, sur les valeurs des indices de Shannon et Weaver et de Simpson calculés pour les jeunes jachères 4 et 3 ans après abandon cultural (respectivement sur plaines limoneuse et limono-sableuse).

L'interprétation des données laisse apparaître que les différences observées, pour les valeurs des indices de diversité entre les 3 scénarios de traitement feu, ne sont significatives, au seuil de probabilité 5% ($P < 0.05$), qu'à partir de la troisième année de jachère et cela quel que soit le type de sol. Sur plaine limoneuse le traitement sans feu constitue un groupe homogène quel que soit l'indice retenu. Il s'oppose ainsi aux traitements feu tardif et feu précoce qui ne se montrent pas statistiquement distincts l'un de l'autre. En outre sur plaine limono-sableuse, le traitement feu tardif se distingue des deux autres qui sont statistiquement homogènes. Ces différences significatives entre les traitements, concernant l'indice de

diversité de Shannon et Weaver, s'expliquent par les différences de sensibilité des espèces au feu ou à la mise en défens. Ainsi *Andropogon pseudapricus* est favorisé par les pratiques de feu tandis que *Pennisetum pedicellatum* l'est par la mise en défens. Ces espèces contribuent, sur plaine limoneuse, pour plus de 50% au recouvrement global de la strate herbacée des traitements où elles trouvent les conditions optimales d'installation.

Tableau 3.2-2 : Influence du feu et du pâturage sur l'évolution du recouvrement des principales espèces herbacées dans les jeunes jachères sur plaines limoneuse et limono-sableuse (synthèse des résultats des analyses de variance) .

Les espèces qui, pour un même traitement et une même année, ont le même signe constituent un groupe statistiquement homogène selon le test de Newman-Keuls

Signification statistique des résultats d'analyse de variance : - = non significatif ; + = significatif ; ++ = hautement significatif

| Année | Espèces | Plaine limoneuse | | | Plaine limono-sableuse | | |
|-------|---------------------------------|------------------|-------------|------------|------------------------|-------------|------------|
| | | sans feu | feu précoce | feu tardif | sans feu | feu précoce | feu tardif |
| 1993 | <i>Dactyloctenium aegyptium</i> | - | - | - | - | - | - |
| | <i>Spermacoce stachydea</i> | - | + | + | - | - | - |
| | <i>Pennisetum pedicellatum</i> | - | - | - | - | - | - |
| 1994 | <i>Andropogon pseudapricus</i> | - | - | - | - | - | - |
| | <i>Dactyloctenium aegyptium</i> | - | + | + | - | - | - |
| | <i>Spermacoce stachydea</i> | - | + | + | - | + | + |
| | <i>Pennisetum pedicellatum</i> | ++ | - | - | + | - | - |
| | <i>Andropogon pseudapricus</i> | - | - | - | - | - | - |
| 1995 | <i>Dactyloctenium aegyptium</i> | - | - | + | - | - | + |
| | <i>Spermacoce stachydea</i> | - | - | - | - | + | - |
| | <i>Pennisetum pedicellatum</i> | ++ | - | - | + | + | - |
| | <i>Andropogon pseudapricus</i> | - | + | ++ | - | - | - |

Tableau 3.2-3 : Influence du feu et du pâturage sur l'évolution des indices de diversité et d'équitabilité dans les jeunes des jachères sur plaines limoneuse et limono-sableuse (Synthèse des résultats des analyses de variance)

Les traitements suivis d'un même signe constituent un groupe statistiquement homogène selon le test de Newman-Keuls

Signification statistique des résultats d'analyse de variance : - = non significatif ; + = significatif ; ++ = hautement significatif

| Année | Indices | Plaine limoneuse | | | Plaine limono-sableuse | | |
|-------|--|------------------|-------------|------------|------------------------|-------------|------------|
| | | sans feu | feu précoce | feu tardif | sans feu | feu précoce | feu tardif |
| 1993 | Indice de diversité de Shannon et Weaver | - | - | - | - | - | - |
| 1994 | Indice d'équitabilité de Shannon et Weaver | - | + | + | - | - | - |
| 1994 | Indice d'équitabilité de Shannon et Weaver | - | - | - | - | - | + |

Discussion

La succession et la biodiversité sont, dans les jeunes jachères et pour le 2 types de sols considérés, surtout tributaires du facteur feu. Le pâturage, du moins dans ces premiers stades de la succession, ne présente aucun effet statistiquement significatif. On observe durant les deux premières années de jachères une prédominance des adventices de culture. Il s'agit de *Pennisetum pedicellatum* dans les parcelles soustraites au feu et de *Andropogon pseudapricus* dans celles soumises aux feux tardifs et précoce et cela indépendamment de la condition de pâturage et du type de sol. Au delà de cette période, elles cèdent progressivement la place à des graminées annuelles à cycle long.

Il est possible de tenter une explication de ce processus en prenant en compte un certain nombre de caractéristiques biologiques des espèces comme par exemple leur stratégie de germination et leur cycle biologique.

Stratégie de germination

Après abandon cultural, les adventices, présentes dans les cultures, produisent des graines en abondance. La germination de ces espèces semble être favorisée par l'ameublissement du sol suite aux derniers travaux de binage (enfouissement des graines et la recharge hydrique du sol). Ces espèces présentent pour la plupart, dans les meilleures conditions, un taux élevé de germination avec un délai de germination relativement court (72 heures au maximum après une bonne pluie) et une vitesse assez rapide (7 jours au maximum). Ces observations sont confirmées par les résultats des travaux de Dembélé (1996) sur le stock de graines viable du sol, en ce qui concerne l'effet de la température sur la germination des espèces et les propriétés physiques du sol. D'autres travaux relatifs aux caractéristiques de germination des herbacées (adventices et autres) en zone soudano-sahélienne confirment ces observations (Breman et Cissé, 1977 ; Breman et de Ridder, 1991)

Après 3 ans d'abandon, les conditions devenant moins favorables à leur germination (tassement du sol), ces espèces ne s'installent plus que difficilement. Au tassement du sol s'ajoute également l'effet éventuel du feu qui détruit une partie importante du stock grainier présent à la surface du sol. Par ailleurs, elles sont soumises à la compétition d'espèces savaniques mieux adaptées aux nouvelles conditions de milieu.

Le rôle des adventices comme espèces indicatrices des stades de culture et des deux premières années de jachère a déjà été mis en évidence, dans notre zone d'étude par Yossi (1996). Il s'agit de : *Digitaria horizontalis*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Spermacoce stachydea*, *Eragrostis tremula*, *Zornia glochidiata* et *Mitracarpus scaber*.

La présence de la plupart de ces espèces, dans les mêmes stades de la succession et dans des zones climatiques presque similaires, a été signalée par Donfack *et al.* (1995) et Diatta (1994) respectivement au Cameroun et au Sénégal.

Les différences entre *Pennisetum pedicellatum*, présent dans les parcelles soustraites au feu et *Andropogon pseudapricus* présent dans celles soumises aux feux tardif et précoce, s'expliquent par l'effet très néfaste des températures sur les capacités germinatives de la première espèce (Dembélé, 1996). Cet auteur a en effet été démontré que la capacité germinative des semences de *Pennisetum pedicellatum*, soumises à 150° pendant 2 minutes, devient presque nulle.

Cycle biologique

En zone de savanes, les stades de la succession sont marqués par l'installation progressive, au delà de la seconde ou troisième année d'abandon cultural, des espèces à cycle biologique long. Dans nos essais il s'agit de *Pennisetum pedicellatum*, dans les parcelles soustraites au feu, et d'*Andropogon pseudapricus* dans celles soumises aux feux tardifs et précoces. Les adventices ont en général une durée maximale de vie allant de 2 à 3 mois alors que les herbacées qui leur succèdent durent 4 à 6 mois.

Comparativement aux adventices à cycle court, ces espèces à cycle long qui sont plus grandes présentent un système racinaire plus développé, leur permettant d'utiliser plus de ressources disponibles. Cet ensemble de caractéristiques biologiques, à l'avantage des espèces à cycle long, justifient leur prédominance progressive et la régression des adventices.

Conclusion

Il apparaît que la diversité des jeunes jachères est fortement influencée par les pratiques de feu. Cela se traduit globalement par une perte progressive de diversité, dans presque tous les traitements, à partir de la première année de jachère. Par ordre décroissant de l'importance de cette perte, notons les parcelles soustraites à toute pratique de feu suivie de celles tardivement brûlées. Par contre dans les parcelles précocement brûlées la perte de biodiversité est relativement plus faible. Ceci s'explique par le fait que la pratique continue et annuellement répétée du feu tardif d'une part et celle de la mise en défens d'autre part ne favorise qu'un nombre très restreint d'espèces. De fait une seule espèce peut contribuer pour plus du 60%, voir souvent 90%, au recouvrement total de la végétation. C'est le cas de *Pennisetum pedicellatum* dans les parcelles soustraites au feu et d'*Andropogon pseudapricus* dans celles soumises au feu tardif. La savane est reconnue comme étant un écosystème ayant tout le temps coévolué avec le feu

qui détermine en partie son équilibre dynamique (Walker, 1981 ; Frost *et al.*, 1986). L'absence brusque et totale de feu (4 ans dans notre expérience), peut entraîner des modifications du milieu favorables à des espèces autres que celles adaptées au feu.

La succession et la diversité végétale des jeunes jachères de la zone soudanienne Nord du Mali soumises aux différentes pratiques de feu et de pâturage se traduit par :

- après 1 an de jachère, une nette domination des adventices de culture telles que *Digitaria horizontalis*, *Dactyloctenium aegyptium* et *Spermacoce stachydea* qui cèdent par la suite la place à *Pennisetum pedicellatum* dans les parcelles soustraites au feu et *Andropogon pseudapricus* dans les parcelles soumises au feu tardif et précoce et cela indépendamment de la condition de pâturage et du type de sol.
- à partir de la deuxième année de jachère, une diminution progressive, de la biodiversité dans les mises en défens et là où le feu tardif a été appliqué. Cette diminution de la diversité, s'explique par l'installation presque grégaire de *Pennisetum pedicellatum* et de *Andropogon pseudapricus*. La pratique du feu précoce tend à entraîner et maintenir une certaine stabilité de la diversité.
- une succession de la strate herbacée plus rapide et plus marquée sur plaine limoneuse que limoneuse.
- le pâturage ne semble pas être un facteur actif sur la succession et la diversité végétale des herbacées durant les premières années de jachère.

Le feu, surtout tardif, est responsable des modifications de la flore et par conséquent de la diversité spécifique. Cette situation peut, à terme, conduire à une homogénéisation de la flore des jachères avec prédominance des espèces à faible ou forte capacité à résister au feu selon respectivement les situations de mise en défens ou de feu tardif.

Références citées

- BREMAN H. & DE RIDDER N., 1991. Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Edition Karthala, ACCT, CABO-DOBLO et CTA. 485 p.
- BREMAN H. AND CISSE A. M., 1977. Dynamic of sahelian pastures in relation to drought and grazing. *Oecologia (Berl.)*, 28 : 301-315.
- DAGET PH. & POISSONET J., 1969. Analyse phytocéologique des prairies, Applications agronomiques. *Document n° 48, C.N.R.S. C.E.P.E.*, Montpellier. 32 p. ronéo.
- DAGET PH. & POISSONET J., 1971 - Une méthode d'analyse phytologique des prairies, critères d'application. *Ann. Agron.*, 22, 1 : 5-41.
- Dagnélie P. 1981. *Principe d'expérimentation*. Les Presses Agronomiques de Gembloux, Belgique. 181p.
- DAUGET J. M. & MENAUT J. C., 1992. - Evolution sur 20 ans d'une parcelle de savane boisée non protégée du feu dans la Réserve de Lamto (Côte d'Ivoire). *Candollea*, 47 : 621-630.
- DEMBELE F., 1996. Influence du feu et du pâturage sur la végétation et la biodiversité dans les jachères en zone soudanienne-nord du Mali : Cas des jeunes jachères du terroir de Missira (Cercle de Kolokani). Thèse de Doctorat de l'Université d'Aix-Marseille III, Option Biologie des Populations et Ecologie. 182p.
- DIATTA M., 1994. Mise en défens et techniques agroforestières au Sine Saloum (Sénégal). Effet sur la conservation de l'eau, du sol et sur la production primaire. Thèse de Doctorat de l'Université scientifique I. Pasteur (Strasbourg 1), Mention Géographie Physique. 202p
- DONFACK P., FLORET C. & PONTANIER R., 1995. Secondary succession in abandoned fields of dry tropical Northern Cameroun. *Journal of Vegetation Science* 6 : 499-508.
- FROST P. G. H., MEDINA E., MENAUT J. C., SOLBRIG O. T., SWIFT M AND WALKER B. H., 1986. Responses of savana to stress and disturbance : a proposal for a collaborative programm of research. *Biology international Special Publication (IUBS)* 10 : 1-82.
- KOFFI V. A., 1982. Etude des effets du feu et de la pluviosité sur la production fourragère dans deux types de savanes du centre de la Côte d'Ivoire. Thèse Doct. Ing. U.S.T.L. Montpellier. 230p.
- MENAUT J. C., 1993. Effet des feux de savane sur le stockage et l'émission du carbone et des éléments-traces Sécheresse 4(4) : 251-264
- MONNIER Y., 1968 Les effets des feux de brousse sur une savane préforestière de la côte d'Ivoire - *Etudes Eburnéennes IX*, Abidjan. 253p.
- MONNIER Y., 1990. La poussière et la cendre : Paysages, dynamique des formations végétales et stratégie des sociétés en Afrique de l'Ouest (2^e éd.). *Ministère de la Coopération et du Développement*, Paris 264p.
- P I R. T., 1986. Zonage agro-écologique du Mali - Tome I. Institut National de la Recherche Zootechnique, Forestière et Hydrobiologique, Sotuba, - Mali. 190p.
- PHILIPPEAU G., 1989. Théorie des plans d'expériences, application à l'agronomie. ITCF, Paris. 205p.
- TRABAUD L., 1992. Influence du régime des feux sur les modification à court terme et la stabilité à long terme de la flore d'une garrigue de *Quercus coccifera* r *Rev. Ecol (Terre vie)*, 44 : 209-230
- TRABAUD L. ET LEPART J., 1980. Diversity and stability in Garrigue Ecosystems after fire *Vegetatio* Vol. 43 : 49-57.
- WALKER B. H., 1981. Is succession a viable concept in Africa Savana Ecosystems ? In *Forest succession . concepts and application*, (D. C West, H H Shugart D. B. Botkin eds.). Springer-Verlag NY, Heidelberg, Berlin : 431-503.
- YOSSI H., 1996. Dynamique de la végétation post-culturale en zone soudanienne au Mali. Thèse de Docteur de spécialité Population-Environnement, Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée, Bamako, Mali, 141p.

3.3 DYNAMIQUE DE LA VEGETATION LIGNEUSE POST-CULTURALE EN ZONE SAHELO-SOUDANIENNE DU CAMEROUN

Paul DONFACK

IRAD, BP 33 Maroua - Cameroun

Introduction

A été entreprise une caractérisation des ligneux du Nord Cameroun sur des jachères sur 3 types de sol très répandus dans la zone sahélo-soudanienne. Cette caractérisation a été faite sur des parcelles relativement peu anthropisées afin de maximiser et expliquer l'influence du facteur sol. L'étude a pour but de comprendre, sur chaque type de sol, la dynamique de la strate ligneuse au cours du temps de jachère. Cette étude se base sur la composition floristique, sur la répartition des densités des espèces ligneuses et sur la structure des populations en fonction de l'âge des individus. Les modes d'installation des ligneux ont aussi été étudiés.

Méthode

L'exemple est pris dans un terroir (Mouda-Gazad) recevant 800 mm de pluie moyenne annuelle, et fait ressortir les différences que l'on rencontre dans les 3 types de sol les plus représentés. Nous avons donc entrepris une analyse de la structure de la strate ligneuse à 3 stades du développement de la jachère, en zone sahélo-soudanienne.

L'étude a été conduite sur des parcelles de 900 m² subissant la même pression anthropique. Les trois types de sol retenus pour l'étude sont : le vertisol modal, le vertisol dégradé et le sol ferrugineux. Pour chaque type de sol, trois stades d'abandon ont été considérés :

- le stade initial correspondant à la première année de jachère (stade 1) ;
- un stade intermédiaire, dont l'âge d'abandon varie entre 6 et 15 ans (stade 2) ;
- le stade représentant l'âge le plus avancé rencontré sur le type de sol (stade 3).

L'échantillonnage de l'ensemble des parcelles est consigné dans le tableau 3.3-1. Sur chaque parcelle, un inventaire exhaustif des ligneux a été fait, avec en plus, mesure de la hauteur de tous les individus, du diamètre de leur brin principal lorsqu'il y a plusieurs rejets, avec comptage du nombre de rejets. Nous avons également noté le mode d'installation (brin issu de germination ou rejet végétatif). Sur le brin principal, on a prélevé à la base du tronc après abattage de l'individu, un cylindre à environ 10 cm du sol, afin de compter le nombre de cernes sur cette section et déterminer ainsi son âge.

Tableau 3.3-1 : Nombre de parcelles utilisées pour caractériser la végétation ligneuse sur les 3 types de sol et les 3 stades de jachère retenus dans le terroir de Mouda-Gazad et âges des parcelles.

| Type de sol | Stade 1 | Stade 2 | Stade 3 |
|------------------|----------|------------------|--------------------|
| Vertisol modal | 2 (1 an) | 2 (10 ans) | 2 (15 ans) |
| Vertisol dégradé | 2 (1 an) | 2 (12 et 15 ans) | 1 (plus de 25 ans) |
| Sol ferrugineux | 2 (1 an) | 2 (6 ans) | 2 (plus de 30 ans) |

Résultats

Composition et évolution de la strate ligneuse dans les principaux milieux étudiés

Le tableau 3.3-2 permet de confronter la composition en espèces ligneuses dans les 3 types de sol étudiés et son évolution au cours de la succession. Les 3 types de sol sont différents sur le plan de leur composition et leur richesse floristiques. Le vertisol modal est dominé par une seule espèce : *Acacia seyal*. Les trois autres espèces presque toujours présentes sont plus discrètes en raison de leur petite taille (*Combretum aculeatum*) ou de la faible représentativité en terme de population (*Piliostigma reticulatum*, *Ziziphus mauritiana*). Les mêmes espèces caractérisent de la même façon les vertisols dégradés, mais en

plus, d'autres espèces s'y développent activement (*Albizia chevalieri*, *Balanites aegyptiaca*, *Dichrostachys cinerea*, *Lannea humilis*). Sur sol ferrugineux, les seules espèces que l'on trouve à tous les stades sont *Acacia senegal*, *Guiera senegalensis*, et *Piliostigma reticulatum*. Mais les combretacées dominent les stades 2 et 3. L'absence d'*Annona senegalensis* peut s'expliquer par l'éloignement par rapport au village.

Le milieu le plus riche floristiquement, est le sol ferrugineux avec 44 espèces ligneuses différentes tous stades confondus, contre 22 seulement pour le vertisol modal et 26 sur vertisol dégradé. Les pourcentages d'épineux sur vertisol est de 44,6% contre 22,5% sur sol ferrugineux. Les vertisols dégradés sont intermédiaires avec 38,5% d'épineux. Ces chiffres, qui n'ont qu'une valeur indicative, traduisent l'adaptation des espèces à des conditions édaphiques plus arides. En revanche, les espèces à tendance soudanienne (combretacées, *Commiphora spp.*, *Sterculia setigera*, etc.) sont plus abondantes dans les sols ferrugineux et beaucoup moins dans les vertisols dégradés.

Cependant, malgré ces différences, il existe des espèces ubiquistes communes à ces 3 milieux : *Combretum aculeatum*, *Piliostigma reticulatum*, *Acacia senegal*, *Balanites aegyptiaca*, *Combretum fragrans* et *Dichrostachys cinerea* (tableau 3.2-2). De même, à l'intérieur d'un même type de sol, certaines espèces appartiennent à tous les stades de l'abandon. Ce sont :

- pour le sol ferrugineux, *Acacia senegal*, *Guiera senegalensis* et *Piliostigma reticulatum* ;
- pour le vertisol modal, *Acacia seyal*, *Combretum aculeatum* et *Piliostigma reticulatum* ;
- pour le vertisol dégradé, *Acacia seyal*, *Acacia senegal*, *Albizia chevalieri*, *Combretum aculeatum*, *Balanites aegyptiaca*, *Dichrostachys cinerea*, *Entada africana* et *Lannea humilis*.

Ce sont en général des espèces dont les souches peuvent être maintenues vivantes dans la culture pendant longtemps. Elles jouent un rôle important dans les peuplements post-cultureux. Au cours de la reconstitution des jachères, les changements en ce qui les concerne sont plus physiologiques que floristiques.

L'étude de l'évolution de la richesse floristique des ligneux au cours du temps montre que sur le vertisol modal et sur vertisol dégradé, il y a, jusqu'à 12 ans, une phase de diversification des ligneux, au cours de laquelle la richesse floristique s'accroît. Au delà de 12 ans d'abandon, le nombre d'espèces ligneuses tend à diminuer. Par contre, sur sol ferrugineux, l'augmentation du nombre d'espèces se poursuit au delà de 25 ans de jachère.

Evolution de la densité des peuplements des espèces ligneuses

Les résultats du tableau 3.3-3 montrent que dans tous les sols, les densités des ligneux les plus faibles sont celles des premiers stades. Les plus élevées sont dans le stade 2. On observe une diminution de la densité de peuplement en passant du stade 2 au stade 3. Ce résultat converge avec celui de la richesse en espèces ligneuses. On peut expliquer ce résultat par la pression sur les ressources ligneuses. On ne peut facilement comparer les stations sur les différents types de sol échantillonnés en ce qui concerne la densité, à cause de la forte hétérogénéité observée au stade initial liée sans doute au système de culture ainsi qu'à l'histoire de la parcelle (précédent cultural, durée de la culture, type de labour).

Tableau 3.3 -3 : Densité des ligneux (Nombre d'individus/ha) dans les 17 parcelles échantillonnées

| Stade | Vertisol modal | | Vertisol dégradé | | Sol ferrugineux | | Moyenne |
|---------|----------------|------|------------------|------|-----------------|------|---------|
| 1 | 1133 | 1100 | 1944 | 1900 | 400 | 644 | 1186,8 |
| 2 | 4811 | 3689 | 2567 | 4589 | 3011 | 3267 | 3672,3 |
| 3 | 1500 | 1378 | | 2444 | 4267 | 2911 | 2500 |
| Moyenne | 2268,5 | | 2688,8 | | 2416,6 | | |

Tableau 3.3-2 : Composition floristique ligneuse des 3 types de sol et 3 stades de jachère

| Espèces | Vertisol modal | | | Vertisol dégradé | | | Sol ferrugineux | | |
|-----------------------------------|----------------|---------|---------|------------------|---------|---------|-----------------|---------|---------|
| | Stade1 | Stade 2 | Stade 3 | Stade1 | Stade 2 | Stade 3 | Stade1 | Stade 2 | Stade 3 |
| <i>Acacia ataxacantha</i> | | + | | | | | | | + |
| <i>Acacia caffra</i> | | | | | + | | | | |
| <i>Acacia gerrardii</i> | | + | | | + | | | | |
| <i>Acacia hockii</i> | | | + | | + | | | + | + |
| <i>Acacia nilotica</i> | | | | | + | | | | |
| <i>Acacia polyacantha</i> | | + | + | | + | | | | |
| <i>Acacia senegal</i> | | + | | + | + | + | + | + | + |
| <i>Acacia seyal</i> | + | + | + | + | + | + | | | |
| <i>Albizia chevalieri</i> | | + | | + | + | + | | | |
| <i>Anogeissus leiocarpus</i> | | | | | + | | | + | + |
| <i>Balanites aegyptiaca</i> | + | | + | + | + | + | | + | + |
| <i>Bombax costatum</i> | | | | | | | | | + |
| <i>Boscia senegalensis</i> | | | | | + | | | | |
| <i>Calotropis procera</i> | + | | | + | + | + | | + | |
| <i>Cassia singueana</i> | | + | + | | + | | | + | + |
| <i>Cissus cornifolia</i> | | | | | | | | + | + |
| <i>Combretum aculeatum</i> | + | + | + | + | + | + | | + | + |
| <i>Combretum collinum</i> | | | | | + | | | + | |
| <i>Combretum fragrans</i> | + | + | + | | + | + | | + | + |
| <i>Combretum glutinosum</i> | | | + | | | | | + | + |
| <i>Combretum molle</i> | | | | | | | | + | + |
| <i>Combretum sp.</i> | | + | | | + | | + | | |
| <i>Commiphora africana</i> | | | | | | | | + | + |
| <i>Commiphora pedunculata</i> | | | | | | | | + | + |
| <i>Dalbergia melanoxylo</i> | | | | | + | + | | | + |
| <i>Dalbergia sisoo</i> | | | | | | | | | + |
| <i>Dichrostachys cinerea</i> | + | + | | + | + | + | + | + | |
| <i>Diospyros mespiliformis</i> | | | | | | | | | + |
| <i>Entada africana</i> | | + | + | + | + | + | | | + |
| <i>Gardenia ternifolia</i> | | + | | | + | | | | |
| <i>Grewia bicolor</i> | | | | | | | | + | |
| <i>Guiera senegalensis</i> | | | | | | | + | + | + |
| <i>Haematosiphys barteri</i> | | | + | | | | | | |
| <i>Huslundia opposita</i> | | | | | | | | | + |
| <i>Lanea fruticosa</i> | | | | | + | | | + | |
| <i>Lanea humilis</i> | | + | + | + | + | + | | | |
| <i>Feretia apodanthera</i> | | | | | | | | + | |
| <i>Mitragyna inermis</i> | | | | | | | | + | |
| <i>Pentatropis spiralis</i> | | | | | | | | | + |
| <i>Piliostigma reticulatum</i> | + | + | + | | + | + | + | + | + |
| <i>Sclerocarya birrea</i> | | | + | | + | + | | + | + |
| <i>Securidaca lonepedunculata</i> | | | | | | | | + | + |
| <i>Securinega virosa</i> | | | | | | | | + | + |
| <i>Steganothaenia araliacea</i> | | | | | | | | | + |
| <i>Sterculia setigera</i> | | | | | | | | + | + |
| <i>Stereospermum kunthianum</i> | | | | | | | | + | + |
| <i>Strichnos spinosa</i> | | | | | | | | + | |
| <i>Terminalia sp.</i> | | | | | | | | + | |
| <i>Ximenia americana</i> | | | | | | + | | | |
| <i>Ziziphus abyssinica</i> | | | | | | | | + | |
| <i>Ziziphus mauritiana</i> | + | + | + | | | | | + | + |
| <i>Ziziphus mucronata</i> | | | | | | | + | | |
| <i>Ziziphus spina-christi</i> | | | | | | | | | + |
| "Renata" | | | | | | | | | + |
| "Oubol" | | | | | | | | | + |
| Richesse stationnelle | 8 | 16 | 14 | 9 | 25 | 14 | 6 | 30 | 32 |
| Richesse totale | | 22 | | | 26 | | | 44 | |

Les structures d'âges et leur évolution en fonction des milieux

Nous avons essayé de voir comment les populations des ligneux sont réparties dans les parcelles en fonction de leur âge. La figure 3.3-1 comporte trois graphes représentant respectivement les structures d'âge sur vertisols modaux, sur vertisols dégradés et sur sols ferrugineux. Sur chacun d'eux, sont représentés les trois stades de jachères échantillonnés. Il apparaît que **quel que soit le type de sol et la durée de jachère, les individus les plus nombreux ont entre 1 et 3 ans d'âge**. La présence de ces jeunes individus est un signe d'une régénération active à tous les stades. Les individus de plus en plus âgés sont plus rares, même dans les jachères de plus de 25 ans. L'exploitation du milieu et surtout les feux de brousse peuvent limiter ce nombre d'individus plus âgés. Une parcelle ne peut guère échapper au feu plus de trois ans de suite. Les individus de plus de 9 ans appartiennent pour la plupart à des espèces de peu d'intérêt. Ils peuvent aussi être maintenus parce que leur bois est trop dur pour être facilement coupé par les outils traditionnels (*Balanites aegyptiaca*, *Anogeissus leiocarpus*). Les gros individus d'espèces plus recherchées sont isolés, très dispersés ou rares. Les espèces entretenues par l'homme n'apparaissent pas très nettement dans ces relevés. Elles occupent cependant une place importante dans le paysage. Car si ces dernières sont très sollicitées par les animaux ou par l'homme, elles ont moins de chance de subsister longtemps. En conclusion, la pyramide des âges est fortement perturbée, dans les parcelles étudiées, par le prélèvement par l'homme.

La comparaison de l'âge des parcelles obtenu par enquête à celui des individus les plus âgés de chacune de ces parcelles, permet de penser que certains individus ont souvent démarré leur croissance avant même la cessation de la culture. Il peut s'agir des rejets de souche contre lesquels le paysan n'a pas jugé utile de lutter. Cependant les écarts entre l'âge de la friche, obtenu par enquête et par comptage des cernes ne sont pas importants, sauf au-delà d'un certain seuil (15 ans environ). Tout dépend en définitive de la nature des espèces pionnières,

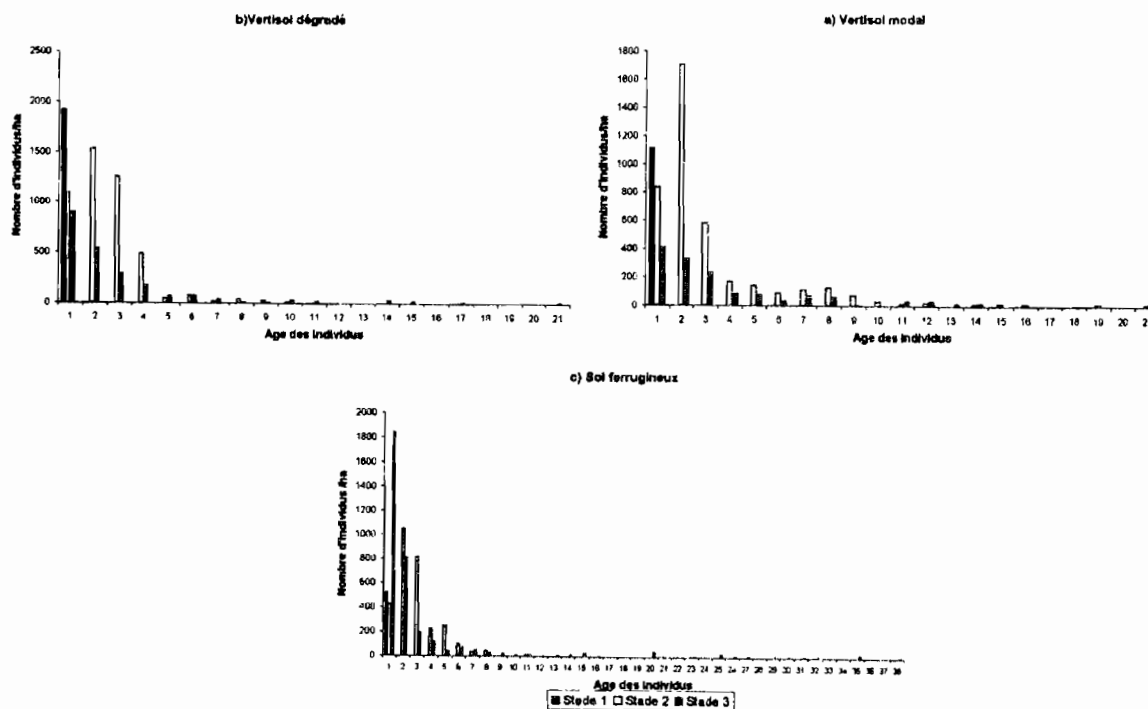


Figure 3.3-1 : Structure d'âges des individus dans les différents stades de jachère et dans les 3 types de sol

Dynamique des populations d'espèces ligneuses

Nous avons choisi 3 parcelles relativement peu anthropisées, représentatives des 3 types de sol pour étudier la structure d'âge de l'ensemble des espèces présentes (tableaux 3.3-4, 3.3-5 et 3.3-6). Dans ces tableaux, pour chaque espèce et pour chaque âge, nous présentons le nombre d'individus inventoriés.

Dans la parcelle retenue sur vertisol modal, une seule espèce possède des individus de plus de 5 ans (*Acacia seyal*) en peuplement dense (tableau 3.3-4). Il s'agit de l'une des espèces pionnières sur ce type de sol. Les individus de cette espèce, en présence de faibles prélèvements, ont pu échapper aux effets des feux de brousse et du pâturage en raison de leur adaptation dans ces conditions (croissance rapide, présence d'épines). Les autres espèces pionnières (*Combretum aculeatum*, *Piliostigma reticulatum*) sont plus consommées par le bétail et plus sensible au feu. Elles montrent, comme les autres espèces de la parcelle (*Cassia singueana*, *Dichrostachys cinerea*, *Entada africana*, etc.), une forte concentration des individus jeunes. Seuls *Ziziphus mauritiana* et *Gardenia ternifolia* possèdent quelques individus âgés isolés.

Sur vertisol dégradé (tableau 3.3-5), *Acacia seyal*, *Albizia chevalieri*, *Balanites aegyptiaca* et *Lannea humilis* sont les espèces ayant les individus les plus âgés. On serait tenté de les considérer comme les espèces pionnières qui ont subsisté, parce qu'elles possèdent les individus les plus âgés de la parcelle. Mais on constate que les âges de ces gros individus sont étalés entre 9 et 23 ans. A la lecture de ce tableau, on peut penser qu'il a existé une première phase pendant laquelle quelques espèces seulement ont poussé (*Acacia seyal*, *Albizia chevalieri*, *Lannea humilis*) et une autre phase de diversification. La nature des espèces nous amène à réfuter cette hypothèse, car en dehors d'*Acacia seyal*, les 2 autres espèces sont généralement peu exploitées. *Albizia chevalieri* et *Balanites aegyptiaca* ont en général un bois assez dur. *Lannea humilis* n'est pas utilisée. Le peuplement d'*Acacia seyal* n'est pas assez important pour attirer les populations exploitant le bois.

Tableau 3.3-4 : Ages des Individus des espèces ligneuses dans une parcelle de 10 ans sur vertisol modal

| Espèces | Ind | Age des individus (année) | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | |
| <i>Acacia ataxacantha</i> | | | 2 | | | | | | | | | | |
| <i>Acacia gerrardii</i> | | | 1 | | | | | | | | | | |
| <i>Acacia senegal</i> | | | 1 | | | | | | | | | | |
| <i>Acacia seyal</i> | 17 | 19 | 38 | 48 | 17 | 17 | 13 | 1 | 7 | 4 | 1 | 1 | |
| <i>Cassia singueana</i> | 1 | 5 | 2 | 1 | | | | | | | | | |
| <i>Combretum aculeatum</i> | 1 | 17 | 10 | 3 | | | | | | | | | |
| <i>Combretum fragrans</i> | | 6 | 2 | | | | | | | | | | |
| <i>Combretum sp.</i> | | 1 | | | | | | | | | | | |
| <i>Dichrostachys cinerea</i> | | 17 | 9 | 3 | 7 | | | | | | | | |
| <i>Entada africana</i> | | 27 | 2 | | | | | | | | | | |
| <i>Gardenia ternifolia</i> | | 7 | | | | | 1 | | | | | | |
| <i>Lannea humilis</i> | | 3 | 1 | | | | | | | | | | |
| <i>Phyllanthus sp.</i> | | 1 | | | | | | | | | | | |
| <i>Piliostigma reticulatum</i> | | 4 | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| <i>Ziziphus mauritiana</i> | 1 | 2 | 5 | 3 | | | | 1 | | | | | |
| Total | 20 | 109 | 74 | 59 | 24 | 17 | 14 | 2 | 7 | 4 | 1 | 1 | |

Cependant, d'autres espèces pionnières ont été trouvées dans la parcelle avec des souches apparemment plus anciennes (*Dichrostachys cinerea*, *Combretum aculeatum*, *Acacia senegal*, etc.). Dans le système d'exploitation actuel (labour peu profond), ces dernières espèces se mettent facilement en place par rejets de souches. On peut donc penser que leur installation est contemporaine de celle de 3 autres et que, étant plus appréciées, elles ont été souvent sélectivement prélevées et les jeunes rejets détruits par le feu. *Lannea humilis* serait conservé parce qu'il ne constitue pas un bon bois de chauffe et parce que même les individus de plus de 8 ans ne présentent pas une biomasse importante (arbuste).

Comme dans la parcelle sur vertisol modal, la plupart des individus de presque toutes les espèces sont jeunes (moins de 4 ans). Le problème des ligneux se pose, dans le jachère ou la savane, plus en terme de

développement qu'en terme de régénération. La croissance n'est pas bloquée, mais la pression sur le milieu (prélèvement, feu,...) freine la dominance d'individus les plus âgés. Ce résultat a été obtenu dans toutes les parcelles étudiées.

Tableau 3.3-5 : Ages des individus des espèces ligneuses dans une parcelle de 25 ans sur vertisol dégradé.

| Espèces | Age des individus | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 | 15 | 17 | 18 | 21 | 23 |
| <i>Acacia senegal</i> | | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Acacia seyal</i> | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | | 1 | 1 | | 1 | | | | | |
| <i>Albizia chevalieri</i> | 22 | 17 | 9 | 4 | 4 | 3 | 3 | | 1 | | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | |
| <i>Balanites aegyptiaca</i> | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | 1 |
| <i>Capparis corymbosa</i> | 8 | 2 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Capparis tomentosa</i> | 1 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cassia sp.</i> | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| <i>Combretum aculeatum</i> | 23 | 12 | 6 | 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Combretum fragrans</i> | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dichrostachys cinerea</i> | 1 | 7 | 6 | 3 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| <i>Entada africana</i> | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Lannea humilis</i> | 21 | 6 | 2 | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | |
| <i>Piliostigma reticulatum</i> | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sclerocarya birrea</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ximenia americana</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ziziphus abyssinica</i> | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| Total | 81 | 49 | 27 | 16 | 7 | 7 | 4 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |

La parcelle sur sol ferrugineux (tableau 3.3-6) se distingue des autres par une plus grande diversification des espèces au delà de 5 ans (*Acacia senegal*, *Anogeissus leiocarpus*, *Combretum sp.*, *Commiphora africana*, *Mitragyna inermis*, *Dalbergia melanoxylon*, *Sclerocarya birrea*). Mais seuls *Sclerocarya birrea* et *Anogeissus leiocarpus* ont des individus de plus de 10 ans.

Mode d'installation et de renouvellement des espèces ligneuses.

Le tableau 3.3-7 montre que dans l'ensemble des observations, il y a en moyenne environ quatre fois plus d'individus issus de rejets de souches que de germinations de graines. Le pourcentage de germinations est plus faible (presque nul) au début de l'abandon cultural. Les rejets de souches constituent en effet l'essentiel des modes d'installation des espèces ligneuses dans les premiers stades. Plus tard, dans les friches, les rejets de souches font place aux rejets de drageons et aux germinations de graines. Cependant, à cause de l'action combinée du broutage intensif et des feux de brousse, les jeunes individus issus des germinations sont coupés ou rabattus par le feu et repartent sous forme de rejets de souche jeunes. La régénération naturelle fait donc intervenir en priorité deux formes de potentiel floristique (Alexandre, 1989) : le potentiel végétatif et le potentiel séminal édaphique. L'ordre de priorité de ces deux formes, bien que dépendant du stade d'évolution de la friche, est influencé par les facteurs du milieu (biotiques et édaphiques). Mais, il semble bien que le potentiel végétatif domine généralement pour la régénération des ligneux.

L'étude de l'anthropisation sur les sols ferrugineux de ce terroir de Gazad (Donfack, 1998) a permis de recenser 64 espèces ligneuses différentes. Les espèces les plus fréquentes de cette flore sont dans l'ordre *Combretum aculeatum*, *Dichrostachys cinerea*, *Piliostigma reticulatum*, *Acacia senegal*, *Ziziphus mauritana*, *Capparis corymbosa*, *Anogeissus leiocarpus*, *Acacia hockii*, etc. Les espèces présentant le plus grand nombre d'individus sont : *Combretum aculeatum*, *Acacia senegal* et *Acacia hockii*, auxquelles il faut ajouter *Guiera senegalensis*, *Combretum glutinosum* et *Feretia apodanthera*. Le classement des espèces selon le nombre de rejets de souches par individu (1 à 99) est le suivant : *Feretia apodanthera*, *Anogeissus leiocarpus*, *Acacia ataxacantha*. Cette liste pourrait être rallongée par celle des espèces qui se mettent en place prioritairement par rejets de souche (étude des fréquences de rejets) : *Combretum aculeatum*, *Dichrostachys cinerea*, *Guiera senegalensis*, *Phyllanthus muellerianus*, *Combretum glutinosum*, *Piliostigma spp.*, *Cassia singueana*, *Combretum collinum*, *Acacia hockii*, *Combretum fragrans*, *Acacia polyacantha*, etc. Ce sont les espèces les plus fréquentes.

Tableau 3.3-6 : Ages des individus des espèces ligneuses dans une parcelle de 25 ans sur sol ferrugineux.

| Espèces | Age des individus | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---|---|---|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 13 | 15 | 20 | 23 | 25 | 26 | 27 | 29 | 30 | 31 | 32 | 35 | 38 | In | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Acacia ataxacantha</i> | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Acacia senegal</i> | 20 | 8 | 2 | 2 | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| <i>Anogeissus leiocarpus</i> | 15 | 6 | 2 | 4 | 4 | 2 | | | | 1 | | | 1 | | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | |
| <i>Bombax costatum</i> | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cassia singueana</i> | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cissus cornifolia</i> | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Combretum aculeatum</i> | 2 | 6 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Combretum fragrans</i> | 6 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Combretum glutinosum</i> | 4 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Combretum molle</i> | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Commiphora africana</i> | 3 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Commiphora pedunculata</i> | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dalbergia melanoxyton</i> | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dalbergia sisoo</i> | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Diospyros mespiliformis</i> | 1 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Entada africana</i> | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Guiera senegalensis</i> | 3 | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Hoslundia opposita</i> | 47 | 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Leptadenia hastata</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| <i>Mitragyna inermis</i> | 54 | 18 | 1 | 5 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| <i>Pentatropis spiralis</i> | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sclerocarya birrea</i> | | | | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 2 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| <i>Securidaca</i> | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Securinega virosa</i> | | 6 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Steganotaenia araliacea</i> | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sterculia setigera</i> | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Stereospermum kunthianum</i> | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ziziphus mauritiana</i> | 10 | 5 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total | 19 | 94 | 13 | 13 | 5 | 5 | 2 | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | | | | |
| | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tableau 3.3-7 : Mode de régénération des ligneux dans les parcelles

| Milieu | Stade | Germination (%) | Rejets (%) | Cas incertains (%) |
|------------------|-------|-----------------|-------------|--------------------|
| Vertisol modal | 1 | 8,0 | 92,0 | 00,0 |
| | 2 | 22,5 | 65,0 | 12,1 |
| | 3 | 15,9 | 78,6 | 05,4 |
| Vertisol dégradé | 1 | 02,9 | 97,1 | 00,0 |
| | 2 | 10,5 | 85,8 | 03,6 |
| | 3 | 29,1 | 70,8 | 00,0 |
| Sol ferrugineux | 1 | 57,4 | 56,1 | 00,0 |
| | 2 | 22,1 | 74,5 | 03,5 |
| | 3 | 19,6 | 79,5 | 01,2 |
| Moyenne | | 19,8 | 77,7 | 02,5 |

Par ailleurs, il existe une catégorie regroupant un petit nombre d'espèces pour lesquelles nous n'avons pas observé de rejets. Il s'agit de : *Albizia chevalieri*, *Steganotaenia araliacea*, *Boswellia dalzielii*, *Diospyros mespiliformis*, *Khaya senegalensis*, *Prosopis africana*, *Sterculia setigera*, *Tamarindus indica*, et *Bombax costatum*. Si dans cette liste il existe des espèces qui rejettent difficilement ou pas du tout, il faut tout de même noter que dans quelques cas (*Prosopis africana*, *Albizia chevalieri*), c'est la rareté des individus qui n'a pas permis d'observer tous les types de régénérations. En effet, lors d'une visite en pays Moussey, dans un système de culture sous parc à *Prosopis africana* au Nord Cameroun, nous avons observé une bonne régénération des jeunes *Prosopis africana* sous forme de graines. *Albizia chevalieri* pourrait également rejeter de souches, mais elle est surtout reconnue comme très drageonnante.

Il existe toute une gamme d'intermédiaires entre ces deux catégories. Ainsi, on peut isoler des espèces, qui, bien que rejetant de souches, présentent une meilleure régénération soit par germination, soit par drageonnement. Ce sont par exemple *Sterculia setigera*, *Tamarindus indica*, *Boscia senegalensis*, *Azadirachta indica*, *Cassia arereh*, *Lannea humilis*, *Lonchocarpus laxiflorus*, *Dalbergia melanoxylon*, *Lannea fruticosa*, etc. On a vu qu'il y a, dans les jachères ayant atteint la maturité, environ 4 fois plus d'individus issus de rejets que de germination des graines.

On peut donc distinguer deux principales stratégies chez les espèces étudiées :

- celles des espèces qui rejettent de souche ;
- celles qui ne le font pas facilement.

Les espèces rares du terroir (*Ximenia americana*, *Sterculia setigera*, *Pterocarpus lucens*, *Prosopis africana*, *Khaya senegalensis*, *Diospyros mespiliformis*, *Hexalobus monopetalus*, *Crossopteryx febrifuga*, *Terminalia avicennioides*, *Lonchocarpus laxiflorus*) appartiennent aux catégories suivantes :

- espèces soudaniennes, peu adaptées aux conditions du milieu ;
- espèces dont les graines ne germent pas facilement ;
- espèces ne rejetant que rarement de souches.

Il convient d'être attentif à la gestion de ces espèces si l'on veut les préserver.

Les espèces de cette flore présentant des usages multiples. Certaines utilisations sont suffisamment fortes pour orienter l'évolution de la ressource ligneuse. Plusieurs espèces présentent plusieurs utilisations, mais il n'est pas facile de relier ces utilisations avec la fréquence de l'espèce.

Conclusions

La mise en culture, plus encore que la coupe de bois ou le pâturage, constitue la pratique la plus susceptible de réduire la richesse en espèces ligneuses. Son action, très accentuée dans les zones de culture continue, est moindre dans des parcelles subissant une alternance de phases culture-jachère. Cependant, dans le terroir étudié, quelle que soit la durée de la phase de culture, il y a maintien dans le champ cultivé d'un potentiel végétatif ligneux à la base de la reconstitution post-culturelle. Le type de travail du sol dans la région (labour peu profond) est favorable à ce maintien. Il faut reconnaître que l'on a affaire à des terroirs non saturés, oasis au milieu des savanes.

Les peuplements ligneux les plus importants se rencontrent dans les jachères de plus de 13 ans ou dans les savanes peu anthropisées. En savane, comme dans les jachères de longue durée, les meilleures espèces fourragères (*Cadaba farinosa*, *Faidherbia albida*, *Pterocarpus erinaceus*, *Stereospermum kunthianum*, *Capparis corymbosa*, *Boscia senegalensis*, etc.) sont relativement rares dans les zones de pâturage intense, à cause de l'effet dépressif des prélèvements sur les parties aériennes. Quelques rares espèces fourragères telles que *Combretum aculeatum* maintiennent une forte densité dans les parcelles pâturées, grâce à une forte aptitude à émettre des rejets. Cependant, les individus de cette espèce restent peu visibles (strate basse).

C'est dans les jachères proches du village que les prélèvements de bois de feu par les femmes et la coupe sélective du bois de service sont les plus intenses. Ils entraînent la rareté des individus de gros brins. Cependant, les zones où la pression pastorale forte ou excessive est susceptible d'entraîner la disparition de certaines espèces, ne sont pas forcément proches du village. L'hypothèse de la diminution de la pression avec l'éloignement du village ne peut donc pas entièrement se vérifier.

Références citées

- ALEXANDRE D. Y., 1989. *Dynamique de la régénération naturelle en forêt dense de Côte d'Ivoire*. Etudes et thèses, ORSTOM, Paris, 102 p.
- DONFACK P., 1998. *Végétation des jachères du Nord-Cameroun*. Typologie, diversité, dynamique, production. Thèse d'état, Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences. 225p.

3.4 DYNAMIQUE DE LA VÉGÉTATION LIGNEUSE POST-CULTURALE EN ZONE SOUDANIENNE DU MALI

Harouna YOSSO, Fadlala DEMBELE, Moussa KAREMBE

Institut d'Economie Rurale, BP 1704, Sotuba Bamako, Mali

Introduction

L'objectif principal est d'étudier les processus de reconstitution de la végétation ligneuse suite à l'abandon cultural en zone soudanienne au Mali. L'étude a été réalisée sur le terroir de Missira situé dans la zone de transition de la Réserve de Biosphère de la Boucle du Baoulé à environ 200 km au nord ouest de Bamako. Le climat est du type soudanien nord (PIRT 1986). Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 750-850 mm avec une longueur de saison agricole de 75 à 90 jours.

L'étude des processus de reconstitution de la végétation ligneuse après abandon cultural est importante si l'on considère qu'il s'agit d'une ressource riche en bois et en fourrage. En effet les ligneux sont utilisés comme source d'énergie et de matière première pour la fabrication des outils agricoles, la construction des habitations et dans la pharmacopée traditionnelle. Le bois représente 93% de l'énergie consommée au Mali (Bailly *et al.*, 1982). Le fourrage vert provenant des ligneux valorise la biomasse herbacée, sans protéine, sèche sur pied après la saison des pluies (Boudet 1975, Cornet 1981 ; Koné 1992 ; Cissé *et al.*, 1993 ; Diarra *et al.*, 1993). Par ailleurs la mise en place de la végétation ligneuse est le signe le plus évident de la remontée biologique et de la stabilité des savanes arborées. Par le biais de son enracinement et de la chute des feuilles, cette végétation contribue à restituer au sol les éléments minéraux perdus par lessivage au cours du cycle cultural et entraînés en profondeur (Laudelout, 1990). Les foyers de réactivation biologique des sols proviennent le plus souvent des ligneux: chute des feuilles, associations symbiotiques, changement de microclimat favorisant la strate herbacée (Akpo 1992, Grouzis *et al.*, 1991). Par l'action du système racinaire, elle joue un rôle dans l'amélioration de la porosité biologique des sols en favorisant l'humectation des horizons les plus profonds (Seyni-Boukar, 1990).

Les principales questions auxquelles nous nous sommes posés sont :

- quel est l'effet du mode de défrichement pour la mise en culture sur les ressources ligneuses (densité, production ligneuse, etc.); cette influence varie-t-elle selon le type de sol ?
- à quels moments les changements dans la végétation sont-ils les plus importants (retour de la fertilité du milieu, arrivée d'essences nobles se reproduisant par graine) ?
- le raccourcissement du temps de jachère favorise-t-il certaines espèces et est-il à terme, susceptible d'entraîner une réduction de la diversité biologique stationnelle ?
- quels degré de stabilité, de résilience possède le système jachère-culture ?
- à quel modèle de succession peut être rattachée la dynamique post-culturelle sur le terroir de Missira ?
- quelles sont les améliorations à apporter à la pratique de la jachère compte tenu de ses multiples fonctions ?

Matériels et méthodes

La démarche adoptée nous a conduit à effectuer des relevés dans la végétation des champs et jachères d'âges échelonnés de 1 à plus de 20 ans sur les deux principales unités sol-végétation cultivées dans la zone de Missira, à savoir les plaines limono-sableuses et les plaines limoneuses. Au total 26 relevés ont été effectués selon le plan d'échantillonnage (tableau 3.4-1) et en retenant comme strates, les types de sol et la présence ou non du dessouchage. Deux types de défrichement sont pratiqués par les paysans du terroir de Missira. Dans le défrichement sans dessouchage, les ligneux sont simplement coupés au ras du sol, alors que le dessouchage implique la coupe et le déterrage plus ou moins total des racines des ligneux.

Tableau 3.4-1. Plan d'échantillonnage pour l'étude de la dynamique de la végétation ligneuse post-culturelle du terroir de Missira.

| Unité sol végétation | Pratique culturale | culture | nombre d'années d'abandon | | | | | Total |
|------------------------|-------------------------|----------|---------------------------|----------|----------|-----------|----------|-----------|
| | | | 1-2ans | 3- 4ans | 5-10 ans | 11-20 ans | >20 ans | |
| Plaine limono-sableuse | Parcelle non dessouchée | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 7 |
| Plaine limono-sableuse | Parcelle dessouchée | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 4 |
| Plaine limoneuse | Parcelle non dessouchée | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 7 |
| Plaine limoneuse | Parcelle dessouchée | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 4 |
| Total | | 4 | 4 | 4 | 4 | 6 | 4 | 26 |

L'âge des jachères a été déterminé sur la base, d'une part d'enquêtes auprès de leurs propriétaires et d'autre part par la lecture des cernes de croissance d'individus d'espèces pionnières pour les jachères de plus de 5 ans (Donfack 1993). Les relevés ont été faits selon un formulaire spécialement mis au point et s'inspirant de la fiche IRCT/CIRAD

(Le Bourgeois & Grard 1988). Les informations recueillies pour les espèces ligneuses sont :

- les mesures de la circonférence basale de toutes les tiges ligneuses dont la circonférence à la base est supérieure à 5 cm. Les individus ayant la circonférence à la base inférieure à 5 cm ont été seulement dénombrés et on a noté le mode d'installation (germination, drageon ou rejet de souche) ;
- la circonférence à 1,30 mètre de toutes les tiges ayant une hauteur totale supérieure à 1,30 mètre.

Pour l'environnement et l'histoire de la parcelle on a noté : succession culturale pratiquée, distance du village, la topographie.

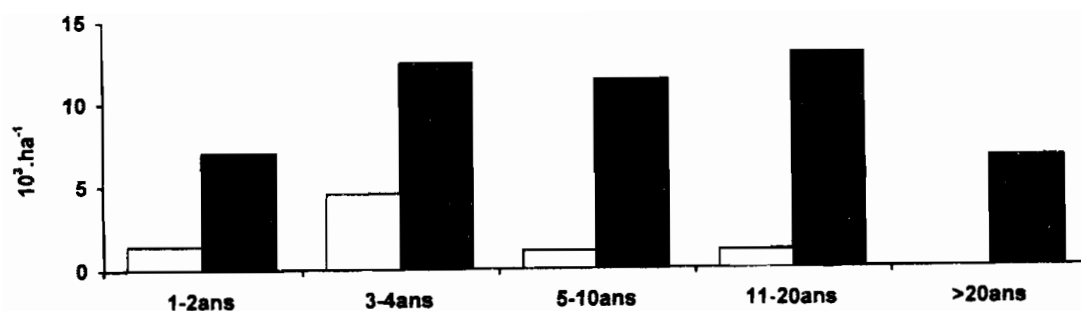
Le nombre de tiges ligneuses recensées par classe d'âge de jachère, type de sol et par pratique culturale a été rapporté à l'hectare (figure 3.4-3).

Quel que soit le type de sol, la densité est très faible dans les champs et jachères issus de parcelles dessouchées. Ceci dénote l'impact négatif de cette pratique sur le développement des ressources ligneuses. Dans les parcelles non dessouchées des plaines limono-sableuses, la densité qui baisse immédiatement après abandon culturel et jusqu'à 2 ans, croît ensuite à partir de 3 ans à 4 ans pour atteindre son maximum vers 11-20 ans, après quoi elle semble régresser fortement.

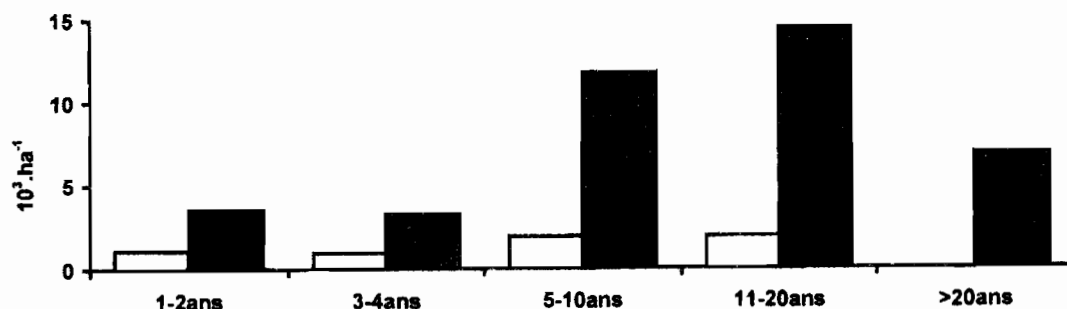
Sur les parcelles issues de dessouchage, on note la même tendance jusqu'à 3-4 ans. La forte diminution de la densité dans les jachères de 5-10 ans et 11-20 ans est liée à l'histoire culturale de ces parcelles. Ces parcelles ont en effet fait l'objet de dessouchage systématique suivi d'une mise en culture de plus de 8 ans (comm. verb. des propriétaires des parcelles), qui aurait entraîné des difficultés de reconstitution de la végétation ligneuse.

Sur les plaines limoneuses, la tendance de l'évolution de la densité des ligneux au cours de la reconstitution du peuplement ligneux est semblable à celle observée sur les plaines limono-sableuses. La densité diminue immédiatement après l'abandon de la culture jusqu'à 3-4 ans et augmente ensuite pour atteindre un maximum de 5 à 20 ans, puis elle régresse fortement au delà de cette période. Le retard dans le développement des ligneux suite à l'abandon culturel sur les plaines limoneuses semble être dû à une dégradation physique de la surface du sol au cours des premières années de jachère résultant de la longue durée de mise en culture et du piétinement par les animaux domestiques à la recherche de pâturage.

La baisse de densité généralement observée après 20 ans d'abandon culturel résulte probablement de la pression de sélection entre les individus au cours de la stratification et la faible capacité à rejeter de ces derniers à cet âge. Cette réduction de la capacité à rejeter de souche a été signalée par plusieurs auteurs dont Guindo *et al.*, (1983) ; Dembélé (1992) ; Kelly (1992).



Plaine limono-sableuse



Plaine limoneuse

□ Parcelles dessouchées ■ Parcelles non dessouchées

Figure 3.4-3. Densité totale à l'hectare des tiges de Igneux en fonction de leur circonférence dans les jachères issues de parcelles dessouchées et non dessouchées

Evolution dans le temps de la contribution spécifique des ligneux à la végétation ligneuse post-culturale

Toutes les espèces ligneuses ne participent pas de la même façon à la reconstitution de la partie ligneuse de la végétation après l'abandon culturel. Il s'opère en réalité des relais. Certaines espèces interviennent plus que d'autres à un ou à plusieurs stades de cette succession. Le sort de chacune des espèces reflète la stratégie qu'elles développent face aux perturbations (résistance aux coupes répétées, aux feux annuels). Les figure 3.4-4 expriment l'évolution de la contribution des espèces à la densité totale au cours de la reconstitution de la végétation ligneuse post-culturale.

Plaines limono-sableuses

Dans les jachères de moins de 5 ans et issues de parcelles non dessouchées, *Guiera senegalensis* est toujours l'espèce dominante et, pour cette tranche d'âge, l'espèce codominante est *Combretum glutinosum*. Cette dernière espèce devient la dominante à partir de 5 -10 ans de durée d'abandon culturel et le demeure jusqu'à 20 ans. Les parcelles où *Guiera senegalensis* domine en nombre sont situées non loin du village dans la zone des champs de case ("soforow") et des champs intermédiaires. Dans cette zone, le système de culture à courtes jachères (durée inférieure à 5 ans) et la rareté des feux favorisent principalement *Guiera senegalensis* et *Combretum glutinosum*, espèces qui, par leur aptitude à rejeter de souches et à drageonner, résistent bien aux traumatismes causés par les coupes répétées et la culture. La plus forte densité de *Combretum glutinosum* dans les jachères à partir de 5 ans d'abandon semble liée au fait que cette espèce résiste mieux aux feux annuels que toutes les autres espèces. Dans la tradition, les feux annuels sévissent dans la zone des champs de brousse où se rencontrent les jachères de plus de 5 ans. Dans les jachères issues de parcelles dessouchées, *Combretum glutinosum* domine à tous les âges. *Piliostigma reticulatum*, qui apparaît à 1-2 ans après abandon culturel sous forme de germinations, atteint sa densité maximale dans les parcelles de 11-20 ans.

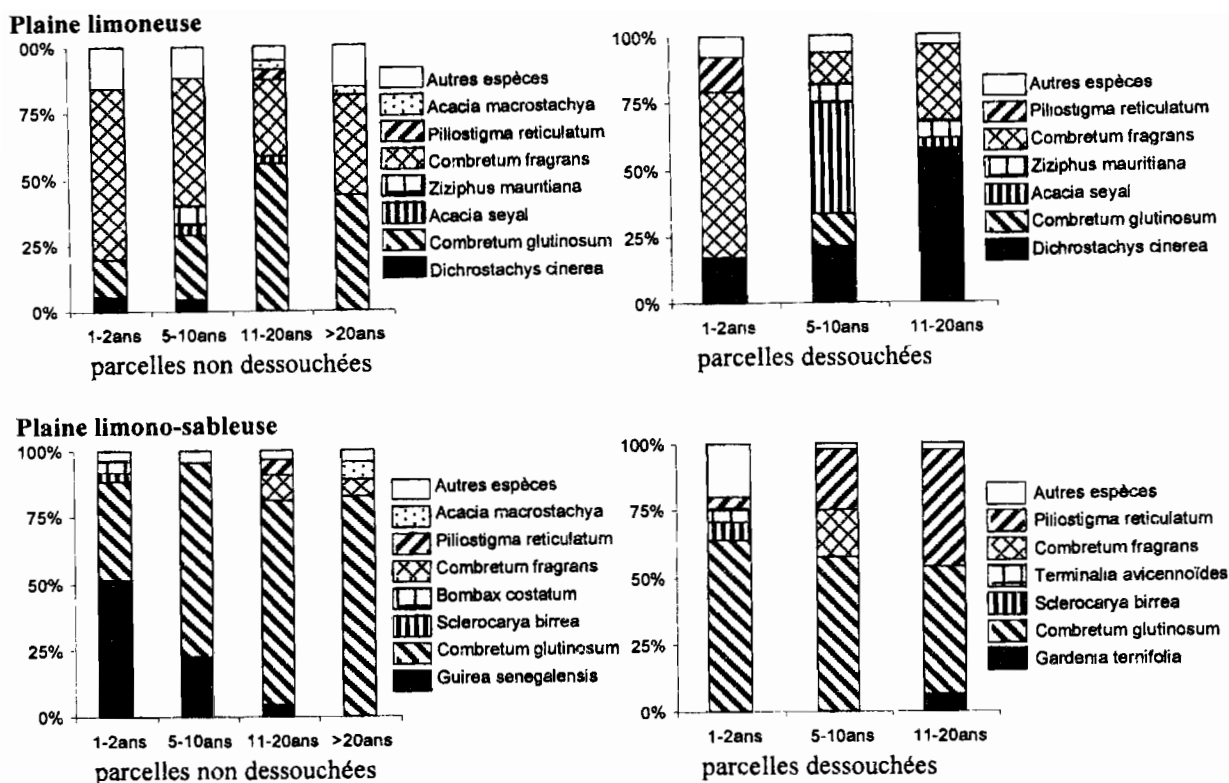


Figure 3.4-4 : Evolution de la contribution relative des principales espèces ligneuses à la densité totale après abandon culturale

Plaines limoneuses

Dans les champs issus de parcelles non dessouchées, *Combretum glutinosum* et *Combretum fragrans* sont les espèces les plus abondantes à tous les âges de la succession post-culturelle. Cette forte densité des *Combretum* est le reflet du passé de ces parcelles. En effet les champs et jachères sur ce type de sol sont issus du défrichement de savanes boisées à *Anogeissus leiocarpus*, où *Combretum glutinosum* et *Combretum fragrans* sont présents, sans dominer, dans les strates ligneuses basses. A la faveur de la mise en culture et du passage des feux annuels, leur grande capacité de résister à ces perturbations permet leur multiplication. Ce phénomène a déjà été signalé par Aubréville (1950). Dans les jachères issues de parcelles dessouchées, *Combretum fragrans* est omniprésente au stade de la culture, mais régresse progressivement au cours du vieillissement de la jachère au profit d'espèces à dissémination zoochore (*Acacia seyal*, *Ziziphus mauritiana*, *Dichrostachys glomerata*, *Piliostigma reticulatum*) qui s'installent par germination.

Etude de la régénération

Densité totale

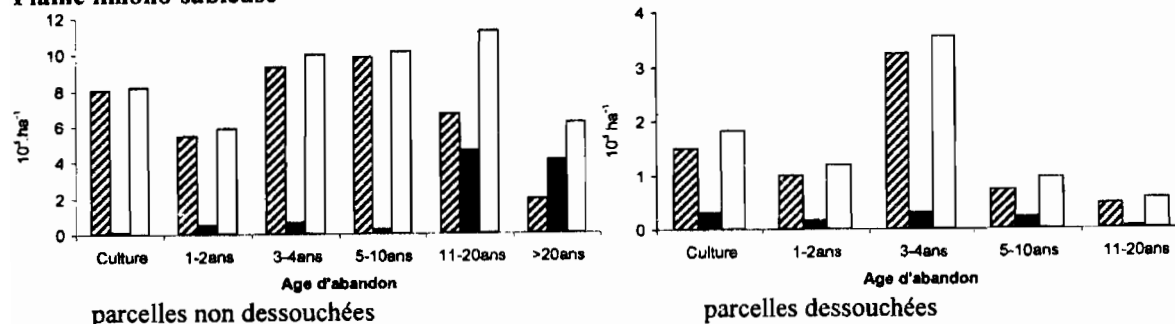
Pour mieux cerner les mécanismes de la reconstitution de la végétation ligneuse, il est important d'étudier l'évolution et les modes de régénération (rejets, drageons, germinations) pour l'ensemble des jeunes individus ayant une circonférence à la base inférieure à 5 cm. Dans la figure 3.4-5 nous avons rapporté les données relatives à la densité totale de la régénération (ensemble des individus de circonférence basale inférieure à 5 cm) dans les champs et jachères de l'ensemble des parcelles étudiées non dessouchées et dessouchées sur les plaines limoneuses et limono-sableuses. Si partout, quel que soit l'âge, la pratique culturale et le type de sol, on peut observer une régénération, il faut cependant noter l'impact négatif du dessouchage sur la densité des individus. L'évolution de la densité totale du peuplement est soumise à l'évolution de la densité des jeunes individus qui, comme nous l'avons vu,

constituent la majeure partie de la population ligneuse totale. Dans le détail des situations étudiées, de grandes différences sont observables.

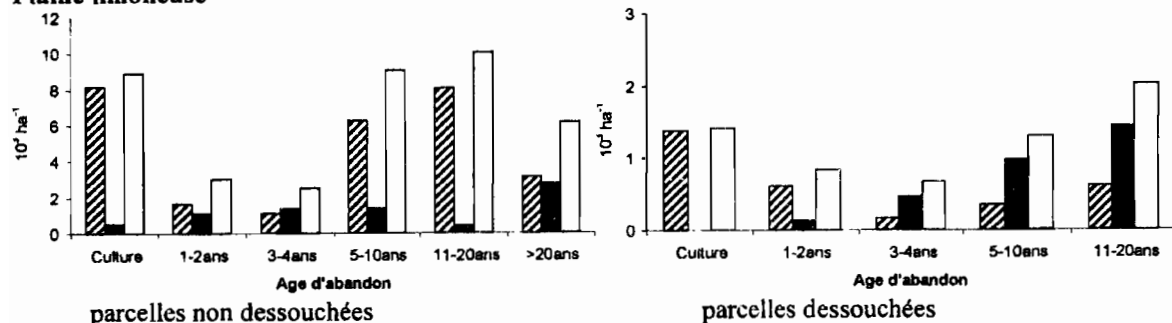
Globalement, la régénération s'effectue surtout par rejet de souche. Les feux de brousse annuels favorisent ce mode de multiplication chez la majorité des espèces de savanes. De ce fait, la régénération par graine ou drageons ne prend réellement de l'importance qu'à partir de 11 ans d'âge d'abandon pour dominer au delà de 20 ans sur les parcelles non dessouchées dans les plaines limono-sableuses. Par contre sur les parcelles dessouchées de cette unité de milieu, le mode préférentiel de multiplication reste le rejet de souche, contrairement à la logique. Ceci semble pouvoir s'expliquer comme suit :

- le dessouchage est graduel et ne s'oppose donc à la multiplication par souche que si la durée de mise en culture est prolongée ;
- les jeunes jachères à proximité de ces parcelles sont pauvres en semenciers et, de ce fait, la reconstitution par germination reste peu efficace.

Plaine limono-sableuse



Plaine limoneuse



Rejets de souche germination/drageon total

Figure 3.4-5 : Densité de la régénération des ligneux dans les champs et jachères sur les plaines limono-sableuses

Discussion - Conclusion

La structure et la dynamique de la strate ligneuse sont influencées par le mode de défrichement de la mise en culture. Ainsi la densité des tiges ligneuses et le taux de régénération sont plus importants dans les champs et jachères issus de parcelles non dessouchées que dans ceux issus de parcelles dessouchées et cela quel que soit le type de sol et la durée de l'abandon cultural.

La densité maximale des tiges ligneuses est atteinte entre 3 et 20 ans sur les plaines limono-sableuses et 5 à 20 ans sur les plaines limoneuses. Il en est de même pour la régénération. La diminution de la densité des ligneux dans les très jeunes jachères et au delà de 20 ans d'abandon est due à la faible aptitude des individus à ces stades à rejeter de souche. Ceci est accentué par la concurrence entre les individus au delà de 20 ans (Dembélé, 1992 ; Donfack, 1993 ; Devineau, 1986). La reconstitution de la végétation

ligneuse se fait principalement par rejets de souche. La régénération de la végétation par graines commence à prendre de l'importance à partir de 11-20 ans sur les plaines limono-sableuses non dessouchées et au delà de 20 ans sur les plaines limoneuses non dessouchées. Cette régénération par graines se produit dès 3-4 ans sur les parcelles ayant été dessouchées. Selon Alexandre (1989) et Mitja et Puig (1993), la reconstitution de la végétation post-culturelle se fait à partir de trois potentiels :

- le potentiel végétal formé de souches et racines, sources des rejets et drageons ;
- le potentiel séminal édaphique qui provient de la banque de graines du sol ;
- le potentiel advectif ou exogène.

L'expression relative de ces divers potentiels dépend de l'ampleur des perturbations (succession culturelle, feux, coupes sélectives de bois) mais aussi du type de sol, de la situation géographique, de la nature du milieu proche et des caractéristiques biologiques des espèces. Chaque espèce se régénère selon un ou plusieurs de ces potentiels et selon les conditions du milieu.

Le recouvrement basal et la production ligneuse calculée (m^3/ha) augmentent avec l'âge d'abandon indépendamment de la pratique culturelle et du type de sol. Ils demeurent cependant très faibles sur les parcelles issues du dessouchage et sont toujours plus élevés sur plaines limoneuses.

La productivité en bois exprimée en $m^3/ha/an$ de la parcelle 11-20 ans sur les plaines limoneuses non dessouchées se situe dans la norme de la productivité potentielle entre les isohyètes 700-800 mm de pluie, établie par Clément (1982) qui est de $0,58 m^3/ha/an$. La productivité dans les autres parcelles est inférieure à la norme établie, mais reste supérieure à la valeur minimale de productivité en dessous de laquelle une amélioration est difficile même par de rigoureuses mesures de protection (Clément, 1982). A partir de 10 ans, les Combretum, rejetant bien de souche, dominant dans les jachères et, en conséquence, on peut envisager la gestion de ces formations en taillis simple pour une production ligneuse élevée, surtout si la mise en défens est pratiquée.

Dans notre dition, deux cas de reconstitution ont été particulièrement considérés tenant compte de la perturbation majeure que constitue le dessouchage au moment du défrichement.

La reconstitution après défrichement sans dessouchage se fait assez rapidement grâce aux rejets de souche pour les ligneux (modèle d'Egler, 1954). Mais elle est sous l'influence de plusieurs facteurs dont les effets se conjuguent. L'histoire culturelle de la parcelle, la végétation initiale et la position de la parcelle par rapport aux jachères et aux formations naturelles voisines, détermineront le potentiel de reconstitution (Mitja, 1990). Un champ abandonné situé à proximité d'une jachère ou d'une formation naturelle sera vite colonisé par les diaspores venant de ces milieux. Ceci révèle l'importance du milieu proche des parcelles sur la reconstitution de la végétation après l'abandon culturel. Les nuances observées entre les sites sont dues au type de sol, à la pratique des feux de brousse, à la position de la jachère sur le terroir villageois (qui détermine la probabilité d'exploitation du bois et du fourrage par les populations et les animaux domestiques) mais également aux stratégies développées par les différentes espèces pour se maintenir dans cet environnement soumis à ces perturbations récurrentes (modèle de Noble & Slatyer, 1980).

Globalement dans ce cas la succession s'établit selon le scénario qui suit :

- Sur les plaines limono-sableuses *Guiera senegalensis* et *Combretum glutinosum*, résistant aux coupes répétées, dominant dans les champs et jeunes jachères (1 à 4 ans). Il s'agit surtout de parcelles situées dans la zone des champs de case et qui de ce fait sont soumises à des temps de jachère généralement inférieurs à 5 ans. Au-delà de 5 ans, *Combretum glutinosum* plus résistant aux feux et à la pression de coupe, devient l'espèce dominante et marquera longtemps la trace de la culture (plus de 50 ans).
- Sur les plaines limoneuses, *Combretum ghasalense* et *Combretum glutinosum* dominant depuis le stade de la culture jusqu'au-delà de 20 ans. *Guiera senegalensis* est très rare sur ces types de sols.

Ces espèces arbustives pionnières (*Guiera senegalensis* et *Combretum spp.*) sont en général présentes dans les strates basses ligneuses des formations naturelles qui, en réalité, sont des formations post-culturelles, présentes en même temps que les espèces des stades avancés de la succession (Modèle de tolérance de Connell & Slatyer 1977). Elles se propagent rapidement à la faveur des cycles culture-jachère, car elles sont plus résistantes aux diverses perturbations qui y sont liées. Selon Aubréville (1950), ces espèces sont absentes des formations forestières originelles.

Après 10 ans d'abandon cultural il y a, suite aux perturbations anthropiques (feux de brousse, pratiques culturales, coupes sélectives de bois et fourrages ligneux), homogénéisation de la végétation sur toutes les unités de milieu. La végétation est constituée principalement par les espèces de la famille des *Combretacées* notamment du genre *Combretum* (*Combretum glutinosum*, *Combretum fragrans*). Ces espèces ont développé des stratégies leur permettant de se maintenir et de se développer dans un environnement très perturbé (multiplication végétative, rejets de souche, drageons, racines traçantes). Ainsi, elles confèrent à ces écosystèmes post-cultureux une forte stabilité (constance de la composition floristique et de la structure et résilience très élevée après perturbation).

La reconstitution du peuplement ligneux après défrichement avec dessouchage est très lente et dépend, en plus des facteurs déjà évoqués dans le premier cas, de l'intensité du dessouchage. Le dessouchage conduit souvent à la dégradation physique du sol (formation de croûte de battance) (Casenave & Valentin 1989 ; Seiny-Boukar *et al.*, 1992 ; Masse, 1992) défavorable au développement des ligneux. Le développement de la strate herbacée empêche aussi les ligneux de s'installer (modèle d'inhibition de Connel & Slatyer). Le dessouchage empêche l'installation et le développement de la végétation, même sur des jachères de plus de 20 ans. Ce phénomène est particulièrement marqué sur les sols des plaines limoneuses. Les espèces ligneuses qui s'installent sur ces parcelles ont une dissémination endozoochore (type "d'attribut " de Noble & Slatyer, 1980) et celles qui persistent sont très résistantes aux feux violents entretenus par le couvert herbacée important (*Dichrostachys glomerata*, *Combretum glutinosum*).

En zone plus pluvieuse (guinéenne nord), sur les sols ferrugineux lessivés à pseudo-gley, tâches et concrétions (PL9 de la classification PIRT, 1983), l'impact du dessouchage est moins nocif au développement des ressources ligneuses qu'en zone plus sèche (soudanienne nord). Ainsi dans son étude en zone guinéenne nord, Dembélé (1992) révèle que quatorze ans après l'abandon cultural, il devient difficile de déceler des différences dans la physionomie et la richesse floristique entre les parcelles issues de dessouchage et celles issues de parcelles non dessouchées. Le dessouchage s'avère donc particulièrement nocif pour les ressources végétales, notamment les ligneux, sur les terres à texture fine à moyenne des zones soudanienne.

Donc, la dynamique de la végétation post-culturelle ne peut pas être rattachée à un modèle unique. Des modèles comme ceux d'Egler (1954), de Noble & Slatyer (1980) de Connell & Slatyer (1977), se retrouvent au cours de la reconstitution de la végétation. C'est également à cette conclusion qu'est parvenu Donfack (1993) pour le Nord Cameroun où il propose un modèle explicatif de la physionomie de ces savanes post-culturelles basées sur les perturbations antérieures et postérieures à la date de mise en jachère. Ce modèle est assez conforme à ce que nous avons nous-mêmes observé. En définitive l'évolution de la végétation post-culturelle est sous l'influence des perturbations anthropiques récurrentes (défrichement suivi de mise en culture qui devient plus fréquent, feux de brousse annuels, pâturage et coupes sélectives de ligneux) qui entraînent une banalisation des jachères et savanes, avec perte de diversité végétale, principalement en ce qui concerne la strate ligneuse (Floret & Pontanier, 1993). Il s'avère donc nécessaire d'intervenir sur ces stades post-cultureux en vue de leur faire prendre une trajectoire pouvant contribuer à satisfaire les besoins de l'homme (bois, fourrage, plantes médicinales, amélioration de la fertilité des sols, etc.).

Références citées

- AKPO, L. E., 1992. Influence du couvert ligneux sur la structure de la strate herbacée en milieu sahélien. Les déterminants écologiques. Travaux et Documents Microfichés éd. ORSTOM, 174 p
- ALEXANDRE D. Y., 1989. *Dynamique de la régénération naturelle en forêt dense de Côte d'Ivoire*. Etudes et thèses, ORSTOM, Paris, 102 p.
- AUBREVILLE A., 1950. *Flore forestière soudano-guinéenne* AOF, Cameroun, AEF. Soc. d'Ed. Gé. Marit. et Coloniales, Paris, 523 p.
- BAILLY, C., BARBIER, C., CLEMENT, J., GOUDET, J. P. ET HAMEL, O., 1982. Les problèmes de la satisfaction des besoins en bois en Afrique tropicale sèche. Connaissances et incertitudes. *Bois et Forêts des Tropiques*, 197: 23-73
- BOUDET, G., 1975. *Manuel des pâturages tropicaux et des cultures fourragères*. Ministère de la Coopération, Paris, 258 p.
- CASENAVE, A. ET VALENTIN, C., 1989. *Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration*. Ed. ORSTOM, Coll. Didactiques, Paris, 229 p.
- CISSE, M. I., HIERNAUX P., ET DIARRA L., 1993. Intégration agro-pastorale au Sahel : dynamique et rôle fourrager des jachères Dans C. Floret et G. Serpantié (Eds) *La jachère en Afrique de l'Ouest*, 405-413. Collection Colloques et Séminaires; ORSTOM, Paris.
- CLEMENT, J., 1982. Estimation des volumes et de la productivité des formations mixtes forestières et graminéennes tropicales *Bois et Forêts des Tropiques*, 198: 35-58.
- CONNELL, J. M. & SLATYER, R.O., 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization *Am. Nat.* 111 : 1119-1144.

- CORNET, A. 1981. Mesure de biomasse et détermination de la production nette aérienne de la strate herbacée dans trois groupements végétaux de la zone sahélienne du Sénégal. *Acta Oecol Oecol. Plant.* 2 (3) : 251-266.
- DEMBELE, 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.* DEA "Ecosystèmes Continentaux Arides, Méditerranéens et Montagnards, Faculté des Sciences et Techniques St Jérôme, Université de Marseille, 30 p.
- DEVINEAU, J. L., 1986. *Impact écologique de la recolonisation des zones libérées de l'onchocercose dans les vallées Burkanabées (Nazinon, Nakanbé, Mouhoun, Bourguiba).* Rapport final, Convention ORSTOM/OMS : Projet de lutte contre l'onchocercose, 151 p.
- DIARRA, L., COULIBALY, Y., OUOLOGUEM, B. ET DE LEEW, P. N., 1993. Evaluation de la contribution des jachères à la production animale dans différents terroirs de la zone péri-urbaine de Bamako (Mali). Dans C. Floret et G. Serpantié (Eds), *La jachère en Afrique de l'Ouest*, 435-450. Collection Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris.
- DONFACK, P., 1993. *Etude de la dynamique de la végétation après abandon de la culture au Nord Cameroun.* Thèse de Doctorat de 3ème Cycle, Université de Yaoundé, 180 p.
- DONFACK P. 1998. Végétation des jachères du Nord-Cameroun. Typologie, diversité, dynamique, production. Thèse d'état, Université de Yaoundé I. Faculté des Sciences. 225p.
- EGLER, F. E., 1954 - Vegetation science concepts I. Initial floristic composition, a factor in old field vegetation development. *Vegetatio* 4 : 412-417.
- FLORET, C. ET PONTANIER, R., 1993. Recherches sur la dynamique de la végétation des jachères en Afrique tropicale. Dans C. Floret et G. Serpantié (Eds), *La Jachère en Afrique de l'Ouest*, 33-46. Collection Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris.
- GOUDET, J. P. 1990. Les productions arborées ligneuses et non ligneuses. Actes des rencontres Internationales, *Savanes d'Afrique, Terres fertiles ?* CIRAD Montpellier (France) 10-14/10/1990, 195-207
- GROUZIS, M., NIZINSKI, J. ET AKPO, E., 1991. *L'arbre et l'herbe au Sahel: Influence de l'arbre sur la structure spécifique et la production de la strate herbacée et sur la régénération des espèces ligneuses.* 4ème Congrès International des terres de parcours, 22-26/04/1991, Montpellier, France, 11 p.
- GUINDO, A.B., DIARRA, W., SOW, A. ET DIABATE, F., 1983. *Contribution à l'étude de la végétation après défrichement cultural jusqu'à 42 ans environ dans la forêt du Dilamba (Koulikoro).* Mémoire de fin d'étude, Institut Polytechnique Rural de Katibougou, Mali, 79 p.
- KELLY, B. A., 1992. *Evaluation de la faculté de rejeter des essences locales dans la zone humide du Mali (Sikasso).* Premiers résultats. Note technique 13, Opération Aménagement et reboisement de Sikasso, Sikasso, Mali, 7 p.
- KONE, A. R., 1992. *Les banques fourragères au Mali: Etat actuel des connaissances et perspectives de recherches.* 5ème Atelier régional d'évaluation et de planification du Réseau de recherche agroforestière pour les zones semi-arides de l'Afrique de l'Ouest. 19-23/10/1992, Ouagadougou (Burkina Faso), 17 p.
- LAUDELOUT, H., 1990. *La jachère forestière sous les tropiques humides.* UCL Louvain la Neuve, Unité des Eaux et Forêts, Centre de Recherches Forestières de China, 85 p.
- LE BOURGEOIS, T. & GRARD, P., 1988. BASEFLO : *La gestion informatique des relevés d'enherbement.* Notice d'utilisation CIRAD/IRCT, Montpellier, Version avril 1988, 58 p.
- MASSE, D., 1992. *Amélioration de régime hydrique des sols dégradés en vue de leur réhabilitation. Cas des vertisols du nord Cameroun.* Thèse de docteur ingénieur, Institut Polytechnique de Toulouse, 137 p.
- MITJA, D., 1990. *Influence de la culture itinérante sur la végétation d'une savane humide de Côte d'Ivoire (Booro-Borotou, Touba)* - Thèse Doctorat Univ Paris VI, spécialité Biologie Végétale tropicale, 314 p.
- MITJA, D. ET PUIG, H., 1993. Essartage et reconstitution de la végétation dans les jachères en savane humide de Côte-d'Ivoire (Booro, Borotou, Touba). Dans C. Floret et G. Serpantié (Eds). *La jachère en Afrique de l'Ouest*, 377-392. Collection Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris.
- NOBLE, I. R. & SLATYER, R. O., 1980. The use of vital attributes to predict successional changes in plant communities subject to recurrent disturbances. *Vegetatio* 43: 5-22.
- PIRT, 1986. *Zonage agro-écologique du Mali - Tome 1.* Institut National de la Recherche Zootechnique, Forestière et Hydrobiologique, Sotuba, Mali.
- SEINY-BOUKAR, L., 1990. *Régime hydrique et dégradation des sols dans le Nord Cameroun.* Thèse 3ème Cycle, Université de Yaoundé. Yaoundé, 226 p.
- SEINY BOUKAR, L., FLORET, C. & PONTANIER, R., 1992. Plan-soil-water relationships in a sahelo-sudanian savannah : The case of Vertisols in Northern Cameroon. *Canadian Journal of Soil Sciences* 72 : 481-488.

3.5 CONCLUSION : LA SUCCESSION POST-CULTURALE EN ZONE SOUDANIENNE

Christian Floret¹, Paul Donfack²

1. ORSTOM, BP1386, Dakar, Sénégal ; 2. IRAD, BP33, Maroua, Cameroun

Influence des perturbations humaines

Même si le défrichement de la jachère pour la culture est cyclique ou intermittent, il peut être considéré comme une perturbation au sens de Grime (1979) puisqu'il implique une destruction presque complète de la végétation existante. La dynamique et la structure de la végétation qui se régénère après abandon dans le cadre de la succession progressive dépend des sources variables de colonisation (Noble et Slatyer, 1980) et des contraintes de l'environnement. La succession post-culturelle est aussi fortement liée à l'histoire des stress et perturbations sous la dépendance de l'homme durant la phase de culture et durant la période qui suit l'abandon du champs.

Perturbation durant la période de culture

La reconstitution de la végétation, spécialement de la strate ligneuse, est fortement influencée par la méthode qui avait été utilisée précédemment pour le défrichement avant la dernière période de culture. Il s'agit par exemple de la profondeur du labour. Additionnellement, la longueur des cycles culture-jachère qui ont précédé le dernier abandon a un effet majeur (Mitja, 1990). Dans le système de culture itinérante, la majorité des champs sont cultivés après l'écobuage, sans que les souches des ligneux soient détruites, quand la phase de culture est brève (2-5 ans), le potentiel reproductif est très diversifié, la banque de graines et les souches sont abondantes Mitja, (op. cit.) ; Alexandre (1989).

Au contraire, Yossi et Dembélé (1993) au Mali et Mitja et Puig (1993) en Côte d'Ivoire notent que quand le défrichement a lieu avec un équipement mécanique lourd, le labour profond détruit toutes les souches, et le retour des ligneux demande beaucoup plus de temps. La vigueur reproductive des espèces qui rejettent de souche est aussi très diminuée dans des champs cultivés avec traction mécanique durant plusieurs années. Dans de telles circonstances la succession est bloquée au stade de la savane herbacée pendant beaucoup d'années.

Perturbations post-culturelles

Les perturbations imposées par l'homme qui suivent l'abandon culturel sont plus ou moins régulières (feu intentionnel, pâturage, coupes pour le bois de feu). Durant les premières années qui suivent l'abandon, il n'y a pas assez de matériel ligneux pour attirer les bûcherons, pas assez de fruits murs pour la cueillette. La végétation herbacée, faite d'adventices et d'annuelles, attire peu les animaux. Ces faibles ressources exploitables expliquent, au moins en partie, la rapidité de la reconstitution biologique durant les tous premiers stades de la succession, qui s'accompagnent de changements majeurs dans la composition floristique et dans la structure de la végétation. Ensuite, quand le couvert végétal devient plus important et que les espèces ligneuses atteignent une taille utilisable, la savane secondaire est alors sujette à de fortes pressions anthropiques. La coupe sélective de bois des espèces les plus attractives commence à partir de 6-10 ans, conduisant à des formations appauvries en espèces utiles. Les espèces qui restent après coupes sélectives sont le plus souvent *Piliostigma reticulatum*, *Piliostigma thonningii*, *Cassia singueana*, *Bauhinia rufescens*, *Combretum aculeatum*, *Combretum glutinosum*, *Dichrostachys cinerea*, *Acacia seyal*, *Ziziphus mauritiana*, indépendamment du type de sol. La majorité de ces espèces constituent une source de fourrage importante pour les animaux durant la saison sèche. Le bétail contribue ainsi à la maintenance d'une savane arbustive relativement ouverte, les arbres restant petits jusqu'à ce que quelques uns échappent à la dent des animaux. Le surpâturage et les défrichements fréquents empêchent les graminées pérennes de la savane, telles que les *Andropogon* et *Hypparrhenia spp.* de se réinstaller, incapables qu'elles sont alors d'entrer en compétition avec les herbacées annuelles de la savane. Les espèces ligneuses de la savane sont pour la plupart caractérisées par une capacité de régénération importante à partir des souches, mais souffrent d'un taux de mortalité important en raison, des coupes

répétées, du pâturage des jeunes tiges par les animaux, et des feux qui les rabattent presque chaque année. Seulement quelques individus isolés atteignent une taille suffisante et dominent une savane arbustive avec de jeunes individus ligneux obligés de repousser continuellement de souche.

La succession secondaire post-culturelle

Walker (1981) se demande si la succession est un concept valable en zone de savane. Dans les savanes qui subissent peu de perturbations humaines, la succession apparaît comme directionnelle et prévisible. Les feux qui passent presque chaque année peuvent alors être considérés plutôt comme une contrainte régulière que comme une perturbation. En raison de la pluviosité relativement importante en zone soudanienne, les sécheresses partielles ne semblent pas avoir un fort impact sur la direction de la succession végétale.

Dans les premiers stades après l'abandon culturel, la succession est prévisible et facile à interpréter. Les espèces qui apparaissent dans les premiers stades après l'abandon culturel étaient déjà présentes comme adventices dans la culture. Elles sont progressivement éliminées et remplacées par d'autres herbacées de savane (*Andropogon pinguipes*, *Pennisetum pedicellatum*,...) mieux adaptées aux nouvelles conditions. Les dernières coexistent avec les espèces ligneuses qui, rejetant des souches, sont présentes dès les premiers stades. Même la plupart des espèces qui pourraient dominer plus tard le stade « pseudo-climacique, comme *Acacia ataxacantha*, *Tamarindus indica*, *Anogeissus leiocarpus* Letouzey, (1968) sont déjà présentes dans les champs abandonnés récemment. Ces résultats confortent le modèle de la « composition floristique initiale d'Egler (1954) et aussi le modèle de « tolérance » de Connell et Slatyer (1977). La reconstitution post-culturelle dans ces zones soudanaises est en accord avec ce dernier modèle puisque les espèces de savane s'établissent progressivement dans les champs abandonnés sans éliminer complètement les espèces pionnières arrivées plus tôt (Mitja et Puig, 1993).

Les changements les plus importants de cette succession post-culturelle se produisent durant les tous premiers stades. Les espèces adventices de la culture précédente disparaissent rapidement. A tous les stades de la jachère, plus de 80% du couvert végétal herbacé est constitué d'annuelles, résultat de la forte pression humaine. C'est seulement si cette pression diminue que les graminées pérennes savanicoles apparaissent et peuvent se développer.

Actuellement, la structure de la végétation dans les formations post-culturelles est le résultat des perturbations imposées par l'homme avant et après l'abandon de la culture. Les facteurs de régulation de la structure et de la composition floristique y sont principalement externes. La compétition pour l'eau et les nutriments et l'influence du pâturage ont été tenus pour déterminants de la structure et de la dynamique des savanes par Walker (1985). Dans le cas de la succession en présence forte de l'homme, les processus internes, tels que la compétition pour l'eau semblent moins importants que l'intense pression humaine sur la végétation qui entretient cet équilibre méta-stable que l'on observe à partir de la sixième année environ après l'abandon culturel. Dans cette zone soudanienne d'Afrique de l'Ouest, le surpâturage ne conduit pas à l'augmentation du couvert ligneux au dépend de la strate sous-jacente comme cela a été décrit dans d'autres régions d'Afrique (Stuart-Hill et Tainton, 1989 ; Skarpe, 1990).

Conclusion

Les premières années après l'abandon culturel sont les plus critiques en ce qui concerne les changements dans la composition floristique de ces savanes secondaires. En revanche, après une période de 6-10 ans, une « cassure » artificielle dans la succession est provoquée par l'homme à travers le surpâturage et la coupe sélective des ligneux pour le bois de chauffe. Quelques espèces peuvent être considérées comme indicatrices de l'âge de la jachère, mais quels que soient les changements floristiques qui apparaissent après 6-10 ans, elles ont peu d'effet sur la structure de ces savanes secondaires.

A partir de cela, il est clair que les modèles de succession établis en général pour des types de végétation peu perturbés ne peuvent décrire ou prédire complètement la succession post-culturelle de la zone soudano-sahélienne. Dans ce cas, la pression humaine très forte et très prolongée laisse peu de place aux événements rares ou stochastiques qui pourraient modifier les trajectoires des successions dans des modèles tels que celui de Westoby (1980) par exemple. Des perturbations tel que le labour périodique, le feu, le pâturage et la coupe des ligneux deviennent des contraintes régulières pour le système. Après une

courte période ou la succession « naturelle » peut se développer, l'homme bloque cette savane secondaire à un équilibre métastable, bénéficiaire à court terme pour les paysans. Cependant, cet équilibre peut disparaître à long terme avec une exploitation excessive des biomasses herbacées et ligneuses, ou en raison d'une réduction progressive des temps de jachère (Seiny Boukar *et al.* 1992 ; Aronson *et al.* 1993). Le type de végétation qui survit à ces processus de succession par dégradation est le résultat des interactions entre les caractéristiques biologiques des principales espèces avec ces perturbations, en particulier les labours et les longues périodes de culture. Les tendances qui se dessinent, suite à ces courtes périodes de jachère dans les cycles culture-jachère sont les suivantes :

- 1) Dès le début de la mise en culture, les adventices reviennent rapidement et massivement, puisque les temps de jachère ne sont pas assez longs pour les éliminer par exclusion compétitive.
- 2) Les herbacées pérennes n'ont pas le temps de se réinstaller.
- 3) Les espèces ligneuses issues de graines deviennent de plus en plus rares.
- 4) La strate ligneuse est réduite aux espèces résistantes au labour superficiel par leur aptitude à drageonner (*Dichrostachys cinerea*, *Lannea humilis*, *Combretum aculeatum*, etc.) ou leur aptitude à rejeter de souche (*Piliostigma reticulatum*, *Gueria senegalensis*, *Acacia spp.*, etc.). Cependant, même ces espèces peuvent être affaiblies et éventuellement éliminées si la phase culturale est prolongée.

Les tendances à long terme de cette dynamique post-culturelle conduisent à des savanes à base des seules herbacées annuelles, dominées par de rares individus d'espèces rejetant de souche, comme on peut en rencontrer déjà au voisinage de nombreux villes et villages en Afrique semi-aride. La diversité floristique décroît considérablement, mais les espèces qui persistent sont bien adaptées à la perturbation régulière qui est le défrichage pour la culture qui devient une perturbation régulière et qui donc devient une contrainte normale du système. L'exclusion compétitive n'a pas le temps d'opérer. La végétation a alors une faible diversité mais est hautement résiliente. Parmi les six connexions entre perturbation et stabilité proposé par van der Maarel (1993), le choix peut être « disturbance for stability », mais à un niveau très faible de productivité (Donfack *et al.*, 1995).

Références citées

- ALEXANDRE, D. Y., 1989 - Dynamique de la régénération naturelle en forêt dense de Côte d'Ivoire. Etudes et Thèses, ORSTOM, Paris, 102 p
- ARONSON J., FLORET Ch., Le FLOCH E., Ovalle C., Pontanier R., 1993-. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems of arid and semi-arid lands. A view from the south. *Restor. Ecol.* 1 : 1-10
- CONNELL, J. M., SLATYER, R. O., 1977 - Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization *Am. Nat.* 111 : 1119-1144
- DONFACK, P., C. FLORET & R. PONTANIER 1995. Secondary succession in abandoned fields of dry tropical northern Cameroun. *Journal of Vegetation Science*, 6 : 499-508p.
- EGLER F. E., 1954 - Vegetation science concepts. I^a - Initial floristic composition, a factor in old field vegetation development *Vegetatio* 4: 412-417
- GRIME J. P. 1979. *Plant strategie and vegetation processes* - Wiley, Chichester, 222 pages.
- LETOUZEY R. 1968 *Etude phytogéographique du Cameroun* - Encyclopédie Biologique LXIX, Editions P. Lechevalier, Paris (FRA), 511p
- MITJA D., 1990 - Influence de la culture itinérante sur la végétation d'une savane humide de Côte d'Ivoire (Booro-Borotou, Touba). Thèse Doctorat, Univ Paris VI, Spécial. Biologie Végétale Tropicale, 314 p.
- MITJA D et PUIG, H 1993 *Essartage, culture itinérante et reconstitution de la végétation dans les jachères en savane humide de Côte d'Ivoire (Booro-Borotou, Touba)*. In Floret, Ch & Serpantié, G. (éds.). *La jachère en Afrique de l'Ouest* ORSTOM, colloques et séminaires, Paris 377-392
- NOBLE J. R., SLATYER, R. O., 1980 - The use of vital attributes to predict successional changes in plant communities subject to recurrent disturbances. *Vegetatio* 43: 5-22
- SEINY-BOUKAR L., FLORET, Ch., PONTANIER, R., 1992 - Plant-soil-water relationships in a Sahelo-Sudanian savanna : the case of Vertisols in Northern Cameroons. *Can J Soil Sci.* 72 : 481-488
- SKARPE C., 1990 Structure of the woody vegetation in disturbed and undisturbed arid savanna.
- STUART-HILL G. C. et TAINTON N. M., 1989 The competitive interaction between *Acacia* Karoo and the herbaceous layer and how it is influenced by defoliation *J. Appl Ecol.* 26 : 285-298
- VAN DER MAAREL, E. 1993 - Some remarks on disturbance and its relations to diversity and stability *J. Veg. Sci.* 4 : 733-736.
- WALKER, B. H. 1985. A general model of savanna structure and function. In Walker, B. H. (ed) *Determinants of tropical savannas* pp 1-12 IUBS Series 3.
- WALKER, B. H., 1981 - Is succession a viable concept in African Savanna ecosystems ? in: *Forest succession: Concepts and application*, D C West, H. H. Shugart, D. B. Botkin (eds), Chap 25, Springer Verlag, New York pp. 431-503
- WESTOBY, M., 1980 - Elements of a theory on vegetation dynamics in arid rangelands. *Israel J. Bot.* 28 : 169-194
- YOSSI H., DEMBELE F 1993. Dynamique de la végétation post-culturelle 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*, 341-350 Collection Colloques et Séminaires. ORSTOM, Paris.



⇐ Défriche d'une jachère avant remise en culture

⇒ Défriche et brûlis des branchages
après enlèvement du gros bois



⇐ Défriche d'une vieille jachère
Elimination progressive des arbres

⇒ Elimination des grands arbres par brûlis
à la base ou ceinturage, avant remise en culture



4 JACHERE ET PRODUCTION VEGETALE. DYNAMIQUE DU CARBONE DANS LE CYCLE CULTURE-JACHERE

4.1 PRODUCTION DE LA VEGETATION LIGNEUSE POST-CULTURALE ET SON UTILISATION PAR L'HOMME EN ZONES SOUDANIENNE ET SOUDANO-SAHELIENNE DU SENEGAL

Maguette KAIRE

ISRA, BP 2312, Dakar, Sénégal.

Introduction

L'objectif, dans cette étude, est de montrer, dans deux terroirs villageois du Sénégal qui s'opposent sur des critères climatiques et anthropiques, quel est le niveau de production de biomasse ligneuse des jachères, et comment cette production est utilisée par la population (Kaire, 1996).

Il s'agit ici d'estimer la production ligneuse des jachères, et de déterminer le temps de jachère nécessaire pour une production optimale compte tenu des utilisations actuelles de cette ressource. Les principales questions auxquelles on tentera de répondre sont les suivantes :

- Quels sont les temps de jachère nécessaires pour une production optimale de biomasse ligneuse dans les deux sites ?
- Quelle est la structure actuelle des peuplements ligneux des jachères ? Traduit-elle un rajeunissement de ces formations végétales ou une perturbation de l'évolution de l'écosystème jachère ?
- Quels sont les modes d'utilisation des ligneux : 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, etc.
- Quels sont les effets du feu sur la biomasse ligneuse des jachères ?
- Quel apport ou perte minéral est entraîné par le brûlis après défrichement ?
- Quel est l'effet de la mise en défens sur la production ligneuse des jachères ?

Matériels et méthodes

Il s'agit par une approche synchrone, d'estimer d'abord la production ligneuse d'une mosaïque de jachères d'âges différents et sur deux terroirs villageois contrastés. L'âge des jachères est déterminé par comptage des cernes de croissance de certaines espèces caractéristiques des jachères, et par enquête auprès des propriétaires des parcelles. Les mesures de biomasse sont faites à l'aide de tarifs que nous avons établis pour les principales espèces ligneuses des jachères. On étudie ensuite les utilisations actuelles de cette ressource par les populations : estimation des prélèvements, enquête sur les différentes utilisations.

Localisation géographique

Le terroir de Saré Yorobana, 12°50' N - 14°50' W, est situé au Sud-Est de Kolda, dans l'arrondissement de Dioulacolon. Cette zone appartient à l'unité géographique de Moyenne Casamance en domaine soudano-guinéen, caractérisant la zone méridionale du Sénégal (pluviosité moyenne annuelle : 1200 mm)

Le terroir de Sonkorong, 13°46' N - 15°32' W est situé sur la frange méridionale de la région de Kaolack. Il appartient à l'arrondissement de Médina Sabakh (Département de Nioro du Rip), dans le domaine soudano-sahélien du Sénégal (pluviosité moyenne annuelle 900 mm).

Population

A Sonkorong, l'ethnie wolof est majoritaire (87%) suivie des Toucouleurs (10%) et des Peuls (3%). La densité de la population est estimée à 62 habitants/km². Près de 44% des villages compte environ 300 habitants. Trois villages, dont Sonkorong, comptent près de 1000 habitants. L'habitat est de type regroupé.

A Saré Yorobana, les Peuls Fouladou constituent l'ethnie dominante (80%), suivie des Mandingues (16%). Les 4% restants sont partagés entre les Balantes, les Diolas, les Wolofs et autres. La densité de la population, à l'échelle de l'arrondissement, est estimée entre 30 et 40 habitants/km². L'habitat est de type dispersé. Plus de 54% des villages ont moins de 100 habitants. Saré Yorobana compte 218 habitants.

Estimation de la production ligneuse des jachères et son utilisation

La méthode d'observation est dite "synchrone" : dans chacun des deux sites, des parcelles d'âges d'abandon différents sont choisies et comparées entre elles. Cette approche suppose, pour l'ensemble des parcelles retenues dans chaque site, l'équivalence des caractéristiques du substrat édaphique et des perturbations anthropiques anciennes et actuelles.

Choix des jachères à étudier

Cinq jachères d'âges différents ont été retenues dans chacun des deux sites. Ces jachères, choisies sur le même type de substrat respectivement dans les deux sites, semblent bien refléter une physionomie moyenne représentative de chaque âge : une de 1 an, une de 3 ans, une de 6 ans, une de 10 ans et une de 15 ans.

A Saré Yorobana, les parcelles sont situées sur un rayon de 0,5 km environ, alors qu'à Sonkorong, elles sont situées sur un rayon de 3 km.

Estimation de la biomasse ligneuse des parcelles

Elle a été effectuée à l'aide des tarifs de biomasse établis à partir des principales espèces que sont : *Terminalia macroptera*, *Piliostigma thonningii*, *Combretum glutinosum*, *Combretum geitonophyllum*, *Acacia macrostachya*, et à partir du tarif de *Guiera senegalensis*, établi par Diallo (1995).

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

Estimation des prélèvements et de l'effet du feu sur la biomasse ligneuse

Les prélèvements correspondent aux coupes effectuées par les populations dans les différentes jachères. Leur estimation en biomasse est faite, à l'aide des tarifs de biomasse et à partir du diamètre basal des souches restées en place. L'effet du feu est estimé à partir du diamètre basal des tiges calcinées.

Etude de l'effet du brûlis (après défrichage) sur la minéralomasse (en zone soudanienne)

Pour déterminer le seuil de diamètre des tiges brûlées, nous avons couplé une enquête et des mesures sur le terrain. L'enquête a consisté à interroger le paysan sur les dimensions des tiges non exportées après défrichage. Nous avons ensuite mesuré sur une parcelle défrichée de un hectare, les diamètres des 100 plus grosses tiges après que le paysan ait retiré le bois de feu et le bois de service. Une moyenne égale à 4 cm a été ensuite calculée et retenue comme seuil de diamètre des tiges brûlées. Ainsi, dans notre zone d'étude, la biomasse potentielle disponible pour le brûlis comprend la biomasse foliaire et la biomasse ligneuse des rameaux et tiges de diamètre inférieur ou égal à 4 cm. Pour estimer cette biomasse potentielle disponible pour le brûlis, nous avons, en plus des tarifs de biomasse totale, élaboré des tarifs de biomasse des différents compartiments de l'arbre (tiges, rameaux, feuilles) pour les quatre principales espèces: un tarif de la biomasse caulinare, un tarif de la biomasse foliaire et un tarif de la biomasse raméale.

Nous avons ensuite prélevé de la biomasse fraîche dans les différents compartiments des 4 espèces. Cette biomasse a été ensuite séchée à l'étuve à 80°C pendant 48 heures et broyée avant d'être mise au four porté à 500°C pendant 3 heures de temps. Ainsi les taux de cendres ont pu être déterminés pour les principales espèces. Les analyses chimiques en laboratoire ont porté sur le carbone (C), l'azote (N), le phosphore (P), le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le sodium (Na), et le potassium (K) avant et après l'incinération.

Les enquêtes

Un premier sondage a été effectué pour déterminer le ou les groupes sociaux qui prélèvent le bois dans les jachères. Ce groupe (femmes essentiellement) a été ciblé pour l'enquête "mode d'utilisation des ligneux".

L'enquête a été menée au niveau des foyers sur la base d'un questionnaire 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, période d'approvisionnement, diamètres recherchés, niveau d'appropriation du bois des jachères, commercialisation, etc. Cette enquête a concerné la totalité des foyers (25) à Saré Yorobana, tandis qu'à Sonkorong, un échantillon de 33 foyers, sur environ 76 foyers que compte le quartier central de Sonkorong (soit un taux de sondage de 43%), a été retenu.

Résultats - Discussion

Aire minimale

L'aire minimale est de 900 m² comme dans l'étude réalisée par Kaire (1993). En effet, à partir de 900 m², une augmentation de la surface inventoriée n'apporte qu'une faible variation du nombre de tiges à l'hectare. Déjà à 400 m², on s'approche du seuil de stabilisation du nombre de tiges à l'hectare (figure 4.1-1).

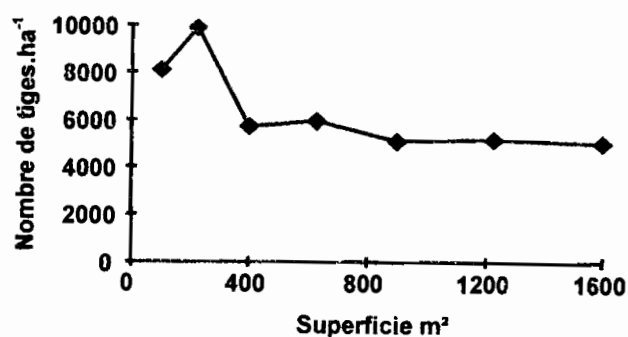


Figure 4.1-1 : Détermination de l'aire minimale : nombre de tiges à l'hectare dans des parcelles de superficie croissante.

Structure des peuplements ligneux des jachères

Structures par classe de diamètre

Les distributions de fréquence du nombre de tiges dans les différentes classes de diamètre (figures 4.1-2 et 4.1-3) montrent d'une part, une abondance des petites tiges dans les deux sites : rejets dus surtout à la coupe à Sonkorong et important recrû après feu à Saré Yorobana, et d'autre part une absence de gros

diamètres à Sonkorong (6 à 8 cm au maximum à Sonkorong et 16 à 18 cm à Saré Yorobana). La structure semble être plus régulière à Saré Yorobana qu'à Sonkorong.

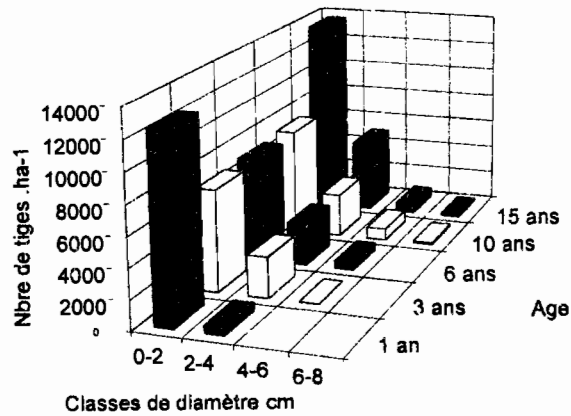


Figure 4.1-2 : Structure des peuplements ligneux des jachères à Sonkorong

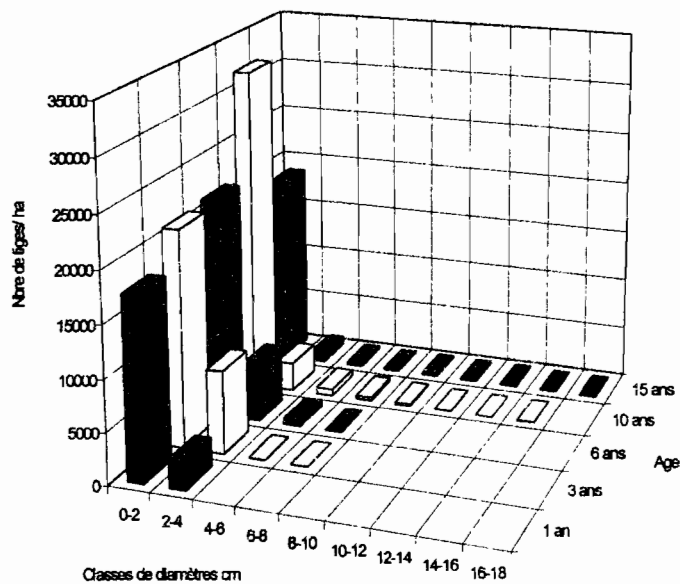


Figure 4.1-3 : Structures des peuplements ligneux des jachères à Saré Yorobana

L'absence de gros diamètres à Sonkorong peut être attribuée à la forte pression anthropique. Les grosses tiges sont systématiquement coupées et on assiste à un blocage de structure (Donfack, 1993). Le rythme intensif des coupes peut même briser le rythme de production et entraîner une chute brutale de la capacité de production de la plante (César, 1992) ; ce qui pourrait expliquer la diminution du nombre de jeunes tiges (rejets) à Sonkorong entre 3 et 10 ans.

Richesse en espèces ligneuses des jachères

Le nombre d'espèces ligneuses des jachères (figure 4.1.4.) est relativement très faible, si on le compare au nombre d'espèces de la forêt sèche étudiée par Bodian (1993) près de Sonkorong. L'auteur souligne que, dans cette zone, les temps de jachère sont insuffisants pour une modification de la flore ligneuse. A Saré Yorobana, la richesse en espèces (28 espèces), bien qu'étant supérieure à celle de Sonkorong (17 espèces), reste faible par rapport à la forêt sèche voisine, qui en compte environ 60, si cette dernière peut être considérée comme le stade final de l'évolution du peuplement ligneux des jachères. Dans les deux cas, la faiblesse relative du nombre d'espèces pourrait être attribuée à la pression anthropique, aux pratiques culturales (Yossi 1996), ces facteurs étant conjugués avec le pédo-climat. Godron (1984) remarque que la structure visible aujourd'hui est le résultat d'un fonctionnement passé et qu'elle conditionne le fonctionnement du futur. Les espèces qui dominent sont surtout les Combrétacées qui s'adaptant au rythme des coupes et des feux. A Sonkorong, *Combretum glutinosum* représente 69% du total des tiges, alors qu'à Saré Yorobana, *Combretum geitonophyllum* (26%), *Terminalia macroptera* (21%) et *Combretum glutinosum* (19%) constituent le groupe dominant.

La disparition de *Pterocarpus erinaceus* des jachères est à lier à la forte pression qui s'exerce sur l'espèce. Elle fournit l'essentiel du bois d'oeuvre dans les deux zones, malgré l'interdiction du service des Eaux et Forêts. De Wolf *et al.* (1993) soulignent que le taux élevé d'enlèvement de fûts bien droits pour la menuiserie constitue un danger pour le patrimoine génétique de l'espèce : seuls les individus tordus et branchus sont épargnés et arrivent à se multiplier. L'espèce est aussi exploitée pour du bois de chauffe et de service, et son fourrage est très apprécié par le bétail. De plus, l'espèce ne semble pas être adaptée aux perturbations récurrentes que sont la coupe et le feu.

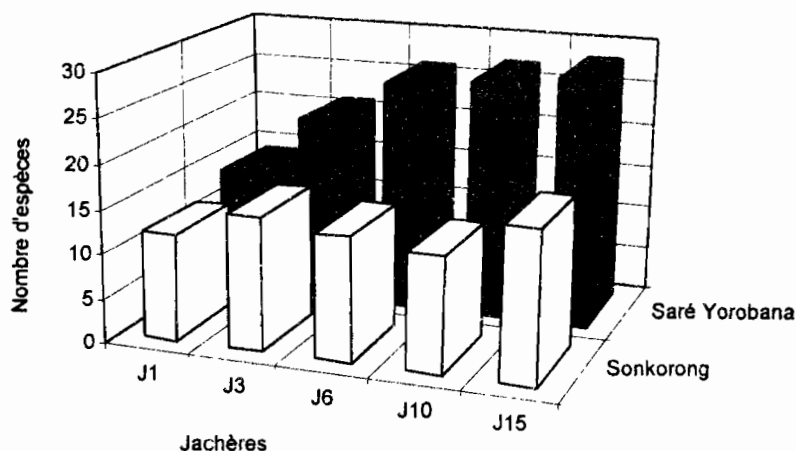


Figure 4.1-4 : Richesse en espèces ligneuses des jachères de différents âges à Saré Yorobana et à Sonkorong

Evolution de la biomasse ligneuse avec l'âge des jachères

La figure 4.1.5. montre comment évolue la biomasse ligneuse au cours du temps dans les deux sites. On a tenu compte des tiges présentes et des tiges coupées ou brûlées (dont on a pu néanmoins mesurer le diamètre à la base).

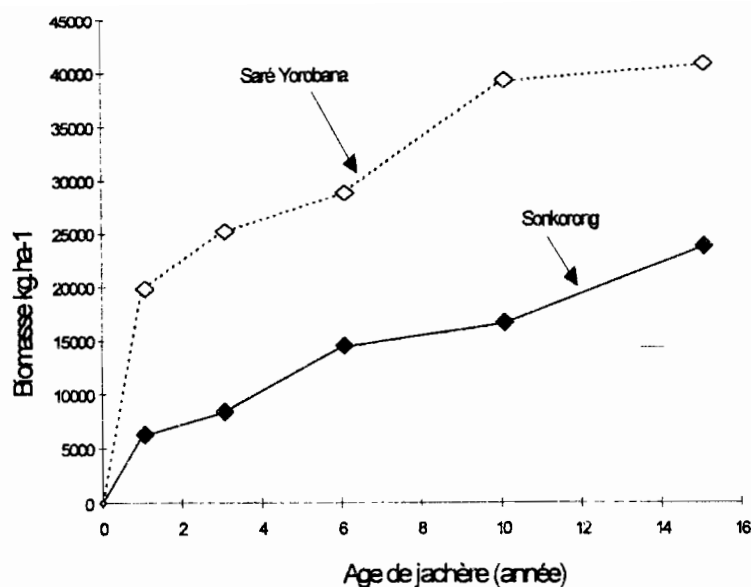


Figure 4.1-5 : Evolution de la biomasse ligneuse en fonction de l'âge de la jachère

La biomasse ligneuse augmente avec l'âge des jachères. Nouvelet (1992), en zone sahélo-soudanienne du Burkina Faso (700-800 mm), sur une vieille jachère d'environ 30 ans, a noté une biomasse totale de 30 tonnes à l'hectare. Cette valeur est faible par rapport aux résultats de Saré Yorobana (40 t/ha en 15 ans) ; mais Saré Yorobana est en zone soudano-guinéenne (1200 mm). Par contre, les résultats obtenus par Nouvelet (op. cité) sont comparables à ceux de Sonkorong (700 mm) où la biomasse est estimée à 16 t/ha en 10 ans, avec un accroissement annuel moyen calculé qui n'atteint pas 1 t/ha après 6 ans. Yossi (1992), en zone soudanienne du Mali (900 mm) et sur plaines sablo-limoneuses, a observé un volume de 6,4 m³ pour une surface terrière de 1,64 m² dans les jachères âgées de 11-20 ans ; ce qui correspondrait en biomasse à 5,2 t si on applique les correspondances poids-volume couramment admises au Burkina Faso. Nos résultats à Saré Yorobana sont très proches, puisque nous obtenons 5,4 t pour une même surface terrière, dans une jachère de 15 ans.

La production de biomasse a été 2 à 3 fois plus élevée à Saré Yorobana plus humide qu'à Sonkorong.

Plusieurs auteurs ont démontré qu'il existe une relation étroite entre les conditions édapho-climatiques et la productivité des peuplements végétaux : Grouzis (1988), Floret & Pontanier (1984), Bille (1977), Boudet (1983 et 1985), Cesar (1992), Alexandre (1989), Djiteye (1988), Donfack (1993), Diatta (1994), Yossi (1996), pour ne citer que ceux là. Il s'y ajoute qu'à Sonkorong, une plus forte pression anthropique s'exerce sur les peuplements ligneux.

Le facteur climatique

Le régime des précipitations est différent. La pluviosité normale des 30 dernières années se situe autour de 700 mm à Sonkorong, contre 1200 mm à Saré Yorobana. La durée de l'hivernage est légèrement plus longue à Saré Yorobana (5 à 6 mois de pluies contre 4 à 5 mois à Sonkorong), ce qui induit une phase végétative plus longue.

Le facteur édaphique

Ce facteur joue un rôle très important même à l'intérieur du même site : Kellman (in Mitja, 1989) a observé que, sur un même site, des jachères de même âge peuvent présenter des biomasses variant de 1 à 5.

Manlay (1994) observe, sur les plateaux des deux sites, les différences suivantes :

- en surface, la texture est plus grossière à Saré Yorobana en raison de l'intensité du lessivage ;

- à Sonkorong, les sols sont parfois tronqués et la cuirasse est proche ce qui limite le développement des ligneux ;
- à Saré Yorobana, les sols sont plus profonds, et moins argileux en raison de l'intensité du lessivage.

La pression anthropique

La pression anthropique qui s'exerce sur le milieu est beaucoup plus forte à Sonkorong : l'éthnie wolof, majoritaire, peuple densément ce terroir (70 hbts/km²), et pratique une agriculture pluviale (mil et arachide) fortement mécanisée. Les Peuls Fouladou de Saré Yorobana pratiquent une agriculture diversifiée (céréales sèches et inondées, arachide, etc.), faiblement mécanisée, et étroitement associée à un élevage extensif secondaire.

Cette différence entre les deux sites, sur les critères climatiques et anthropiques, se traduit au niveau des formations ligneuses par :

- une savane arbustive à Sonkorong, moins productive en biomasse ligneuse. La dominance de *Combretum glutinosum* est caractéristique de ces jachères ;
- une forêt claire à Saré Yorobana avec de nombreuses jachères où dominent *Terminalia macroptera*, *Combretum glutinosum*, *Combretum geitonophyllum*.

Les prélèvements de biomasse ligneuse

La tendance générale décrit une augmentation des biomasses prélevées avec l'âge de la jachère (figure 4.1.6.).

La rareté du bois et surtout des grosses tiges oblige les populations de Sonkorong à exercer une forte pression sur les ligneux dès la 3^e année de jachère. A Saré Yorobana, les prélèvements importants commencent seulement après 6 ans de jachère.

La distance du village semble avoir un effet sur les quantités prélevées, et pourrait expliquer la baisse des prélèvements, à Sonkorong, à 10 ans (parcelle la plus éloignée). La plupart des femmes interrogées affirment qu'il est de plus en plus difficile de trouver de bons diamètres dans les jachères proches, mais que l'utilisation des charrettes pour le transport leur permet d'aller plus loin.

Près de 90% des prélèvements sont effectués sur *Combretum glutinosum* à Sonkorong (figure 4.1-7). A Saré Yorobana, *Combretum glutinosum* (25%) et *Erythrophleum africanum* (24%) sont en tête, suivis de *Bombax costatum* (13%), *Terminalia macroptera* (8%), *Combretum geitonophyllum* (7%) et *Combretum nigricans* (7%).

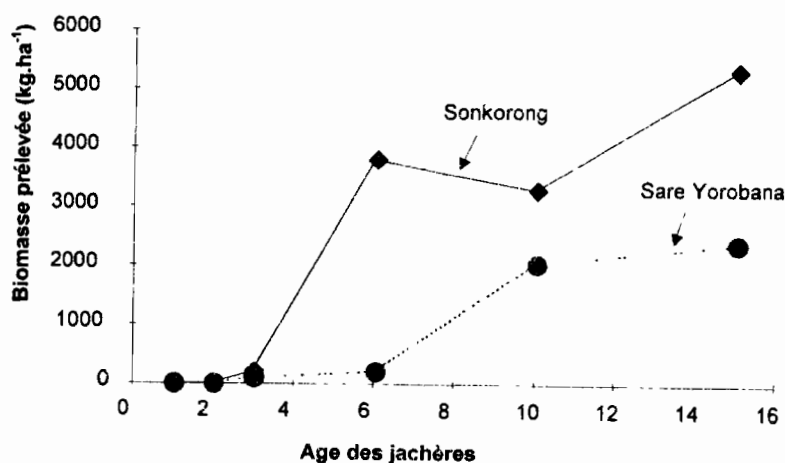


Figure 4.1-6 : Les prélèvements de biomasse ligneuse selon l'âge de la jachère

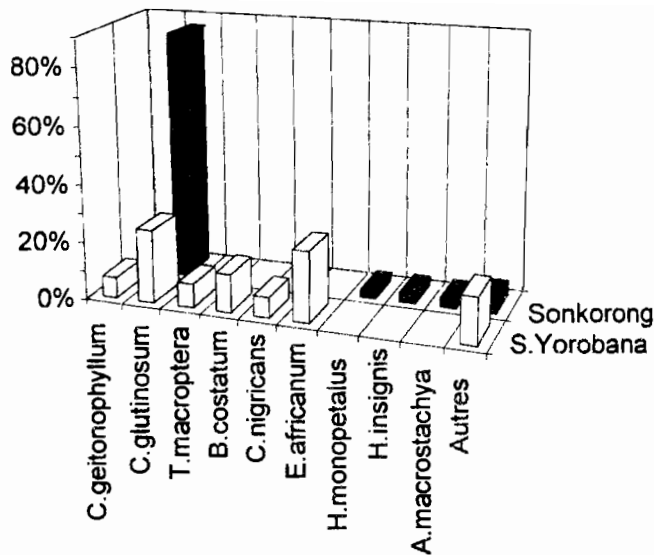


Figure 4.1-7 : Pourcentage de prélèvement par espèce

L'enquête réalisée a montré qu'il existe, à Sonkorong, une surexploitation des ligneux des jachères: bois de chauffage, charbon de bois, piquets pour les clôtures, bois de construction, bois servant à la fabrication d'outils et de meubles. Cette surexploitation est vue comme étant la cause de la disparition de certaines espèces : *Pterocarpus erinaceus*, *Prosopis africana*, *Cordyla pinnata*, etc. De wolf *et al.* (1993) trouvent une corrélation négative entre la fréquence de ces trois espèces et le niveau de perturbation, contrairement à *Combretum glutinosum* qui présente une corrélation positive. Les institutions locales (chef de village, communauté villageoise) n'imposent aucune restriction pour l'utilisation des ligneux. Les charbonniers (qui sont en général des Peuls immigrants) se sont installés clandestinement et, malgré les interdictions par la législation forestière, continuent d'approvisionner les grandes agglomérations. Le service des Eaux et Forêts, à cause de moyens restreints, ne peut contrôler que les forêts classées.

Effet du feu sur la quantité de biomasse ligneuse

L'observation des effets du feu n'a été faite qu'à Saré Yorobana.

La figure 4.1.8. montre que les dégâts causés par le feu sont surtout importants dans les jeunes jachères. La biomasse ligneuse brûlée atteint 7 à 8 tonnes par hectare soit 32 à 37% de la biomasse ligneuse accumulée à l'hectare dans les jachères de 1 à 3 ans. 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 tonnes à l'hectare.

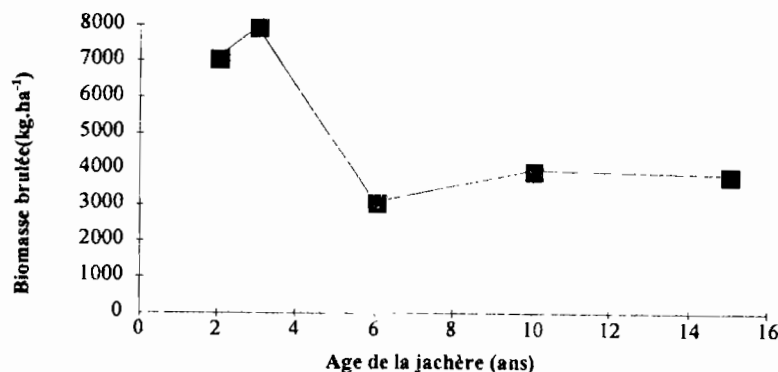


Figure 4.1-8 : Estimation de la biomasse brûlée sur des jachères d'âges différents à Saré Yorobana

Biomasse potentielle disponible pour le brûlis (BPDB)

La biomasse potentielle disponible pour le brûlis est constituée des rameaux et tiges de diamètre inférieur ou égal à 4 cm ainsi que des feuilles. Elle augmente avec l'âge et semble se stabiliser vers 18-20 ans. Par contre, la contribution de cette biomasse à la biomasse aérienne totale diminue avec l'âge de la jachère (tableau 4.1-1).

Tableau 4.1-1 : Contribution (%) des différents compartiments à la biomasse aérienne totale

| Ages jachères | 1 | 3 | 6 | 10 | 15 |
|--------------------|------|-----|-----|-----|-----|
| Biomasse caulinare | 50% | 56% | 58% | 60% | 55% |
| Biomasse raméale | 31% | 30% | 30% | 29% | 29% |
| Biomasse foliaire | 19% | 14% | 12% | 11% | 16% |
| BPDB | 100% | 91% | 74% | 56% | 59% |

Les taux de cendre obtenus après calcination des échantillons de biomasse ligneuse et foliaire sont présentés dans le tableau 4.1-2 suivant. En moyenne, les feuilles fournissent 9% de cendre et les rameaux et tiges 12%.

Tableau 4.1-2 : Taux de cendre (en % de la matière sèche) trouvés dans les feuilles, rameaux et tiges des principales espèces

| Espèces | taux de cendre feuilles | taux de cendre rameaux et tiges inférieurs à 4cm |
|---------------------------------|----------------------------|---|
| <i>Combretum geitonophyllum</i> | 13% | 15% |
| <i>Combretum glutinosum</i> | 7% | 14% |
| <i>Piliostigma thonningii</i> | 9% | 8% |
| <i>Terminalia macroptera</i> | 7% | 10% |
| Moyennes | 9% | 12% |

Nous n'avons pas encore reçu tous les résultats d'analyses chimiques en laboratoire sur les différents compartiments (biomasse sèche) et sur les cendres. Les résultats qui nous sont parvenus concernent le carbone et l'azote des compartiments. Ces résultats montrent que, à biomasse égale, les feuilles renferment en moyenne 4 à 5 fois plus d'azote que les rameaux et tiges. Les rameaux présentent un taux d'azote légèrement plus élevé que les tiges. Les pourcentages de carbone dans les différents compartiments varient peu (tableau 4.1-3).

Tableau 4.1-3 : Résultats (en pourcentage de la biomasse sèche) des analyses (C et N) effectuées sur les différents compartiments des 4 principales espèces

| Espèce | Compartiment | Taux de carbone | Taux d'azote |
|---------------------------------|--------------|-----------------|--------------|
| <i>Combretum geitonophyllum</i> | Feuilles | 39.72 | 1.18 |
| <i>Combretum geitonophyllum</i> | Rameaux | 38.52 | 0.32 |
| <i>Combretum geitonophyllum</i> | Tiges | 37.58 | 0.16 |
| <i>Combretum glutinosum</i> | Feuilles | 35.76 | 1.48 |
| <i>Combretum glutinosum</i> | Rameaux | 35.78 | 0.29 |
| <i>Combretum glutinosum</i> | Tiges | 38.75 | 0.45 |
| <i>Terminalia macroptera</i> | Feuilles | 36.08 | 1.15 |
| <i>Terminalia macroptera</i> | Rameaux | 37.59 | 0.18 |
| <i>Terminalia macroptera</i> | Tiges | 36.47 | 0.16 |
| <i>Piliostigma thonningii</i> | Feuilles | 37.54 | 1.55 |
| <i>Piliostigma thonningii</i> | Rameaux | 37.04 | 0.37 |
| <i>Piliostigma thonningii</i> | Tiges | 37.25 | 0.23 |

La quantité de cendre obtenue après brûlis augmente avec l'âge de la jachère pour se stabiliser aux environs de 15 ans (figure 4.1-9). Elle passe de 0,5 tonnes à l'hectare (jachères de 1 an) à 2,6 tonnes à l'hectare (jachère de 15 ans).

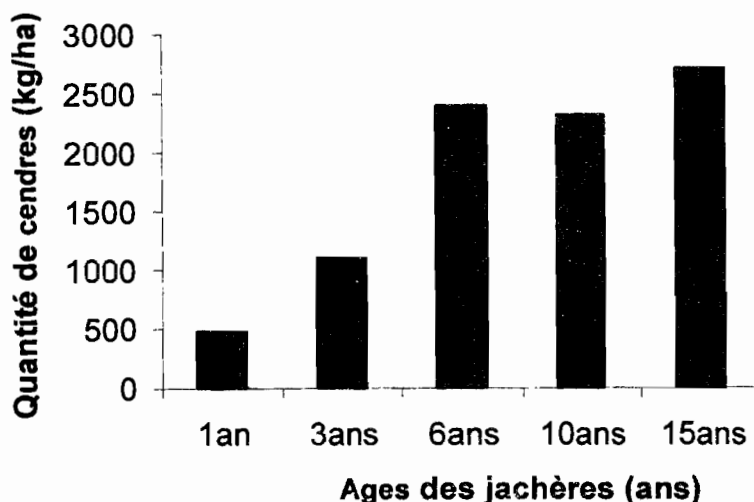


Figure 4.1-9 : Quantité de cendre estimées dans les jachères étudiées à partir de la biomasse potentielle disponible pour le brûlis

Les estimations d'éléments minéraux (dans les cendres) sont effectués à partir des résultats de STROMGAARD (1985) qui a travaillé en Afrique centrale sous 1000 à 1300 mm de pluviosité. Il trouve dans les cendres issus de ligneux des jachères, un taux d'azote de 0,03% et un taux de carbone de 0,40%. Les estimations de C et N avant et après brûlis (tableau 4.1-4) montrent que le carbone et l'azote partent presque entièrement en fumée.

Tableau 4.1-4 : Quantité de Carbone (C) et d'azote (N) estimées dans les jachères avant et après le brûlis

| Age jachère (ans) | Avant brûlis | | Dans les cendres | |
|-------------------|--------------|------|------------------|----|
| | N | C | N | C |
| 1 | 20 | 1604 | 0.15 | 2 |
| 3 | 41 | 3564 | 0.33 | 4 |
| 6 | 91 | 7711 | 0.71 | 10 |
| 10 | 98 | 7544 | 0.69 | 9 |
| 15 | 135 | 8967 | 0.81 | 11 |

Les modes d'utilisation des ligneux

Le premier sondage, pour déterminer le ou les groupes sociaux qui prélèvent le bois dans les jachères, a montré que ce sont surtout les femmes qui prélèvent le bois, aussi bien à Sonkorong (dans 90% des ménages) qu'à Saré Yorobana (70%). Cependant, à Sonkorong, dans les foyers où le chef de famille tient une école coranique, les talibés (enfants fréquentant l'école coranique) contribuent de manière significative à l'approvisionnement en bois de chauffe.

Espèces citées pour différentes utilisations

Les tableaux 4.1-5 et 4.1-6 résument les différents usages des produits ligneux. L'enquête n'a pas tenu compte des utilisations médicinales.

Quantité moyenne de bois consommée par foyer

Les quantités de bois utilisées par foyer sont estimées à partir du nombre de fagots récoltés. Le poids d'un fagot moyen est estimé entre 10 et 12 kg.

A Saré Yorobana, la consommation moyenne journalière est estimée à ½ fagot (environ 5 à 6 kg). Cependant, cette consommation augmente considérablement pendant le ramadan et les jours de fête (baptême, Korité, Tabaski,...). Les diamètres utilisés pour la cuisson se situent entre 3 et 10 cm. La plupart des femmes interrogées affirment utiliser quelques grosses tiges pour la cuisson et le chauffage en période de froid : les grosses tiges se consomment lentement (par rapport aux tiges fines). Les prélèvements importants commencent à partir de 6 ans de jachère, mais le ramassage du bois mort fournit une part importante des besoins domestiques. De décembre à mars, l'approvisionnement en bois s'organise mensuellement et suivant les besoins. Tandis qu'en avril - mai (début d'hivernage), une provision suffisante est constituée pour la période hivernale (entre 4 à 6 charges de charrettes de réserve). Cette organisation permet aux femmes de se consacrer aux travaux rizicoles pendant l'hivernage. Dans certains foyers, il arrive que le chef de famille sollicite un bûcheron pour la récolte du bois à raison de 500 francs la charretée.

A Sonkorong, la consommation moyenne journalière de bois se situe entre 7 et 10 kg. Les femmes soutiennent que la consommation à la cuisson dépend des plats à préparer : un plat à base de mil nécessite une durée de cuisson plus longue (donc plus de bois) qu'un plat à base de riz. Elles disent préférer les diamètres moyens pour la cuisson, mais n'ont pas le choix du fait de la rareté des tiges adéquates. L'achat de bois est plus fréquent ici qu'à Saré Yorobana. Le prix de la charretée peut aller de 850 à 1100 francs selon la période. La vente est faite par les *firdous* (peuls immigrants). L'approvisionnement en bois se fait à tout moment, même pendant l'hivernage. Les prélèvements importants sont effectués à partir de 3 ans de jachère. L'utilisation de la charrette atténue les difficultés liées à la distance de prélèvement.

Tableau 4.1-5 : Espèces citées pour différentes utilisations à Saré Yorobana

| Espèces | Usages | | | | | |
|---------------------------------|-------------|-----------------|---------------|----------------|-------------------|---|
| | bois de feu | bois de service | bois d'oeuvre | fruits gousses | espèce fourragère | usages précis comme bois d'oeuvre et de service |
| <i>Combretum glutinosum</i> | x | | | | | |
| <i>Combretum geitonophyllum</i> | x | | | | | |
| <i>Pterocarpus erinaceus</i> | x | | x | | x | portes, fenêtres, banc |
| <i>Combretum nigricans</i> | x | | | | | |
| <i>Ptilostigma thonningu</i> | x | x | | x | x | cordage |
| <i>Erythrophleum africanum</i> | x | x | | | | piquet |
| <i>Parkia biglobosa</i> | x | | | x | | |
| <i>Holarrhena floribunda</i> | x | | | | x | |
| <i>Daniellia oliveri</i> | x | | | | | |
| <i>Myrtagina inermis</i> | | x | | | | charpente |
| <i>Prosopis africana</i> | | x | | | | piquet |
| <i>Oxytenanthera abyssinica</i> | | x | x | | | cr ,cl ,cor, toit, b |
| <i>Terminalia macroptera</i> | | x | | | | piquet |
| <i>Cassia sieberiana</i> | | x | | | | piquet |
| <i>Hexalobus monopterus</i> | | x | | | | cordage |
| <i>Cordyla pinnata</i> | | x | x | x | | piq ,mort ,b,por ,f |
| <i>Ptilostigma reticulatum</i> | | x | | x | | cordage |
| <i>Grewia lasiodiscus</i> | | x | | | | cordage, at-charp. |
| <i>Cola cordifolia</i> | | x | | x | | cordage |
| <i>Elaeis guineensis</i> | | x | | x | | charpente |
| <i>Adansonia digitata</i> | | x | | x | x | cordage |
| <i>Sterculia setigera</i> | | x | | | | cordage |
| <i>Bombax costatum</i> | | | x | | | bancs |
| <i>Lannea acida</i> | | | x | | | bancs |
| <i>Hannoa undulata</i> | | | x | | | bancs |
| <i>Khaya senegalensis</i> | x | x | x | | x | bancs, abreuvoirs |
| <i>Detarium microcarpum</i> | x | | | x | | |
| <i>Annona senegalensis</i> | | | | x | | |
| <i>Parkia biglobosa</i> | | | | x | | |
| <i>Zyziphus mauritiana</i> | | | | x | x | |
| <i>Lannea velutina</i> | | | | x | | |
| <i>Gardenia ternifolia</i> | | | | x | | |
| <i>Tamarindus indica</i> | | | | x | | |

NB : piq = piquet; cr = crinting; mort = mortier; b = banc; por = porte; toit = toiture; cl = cloture; cor = cordage; at-charp = attache-charpente.

Tableau 4.1-6 : Espèces citées pour différentes utilisations à Sonkorong

| espèces | bois de feu | Bois de service | usages | | |
|------------------------------------|-------------|-----------------|---------------|-----------|-----------------------|
| | | | bois d'oeuvre | fourrage* | fruits gousse feuille |
| <i>Combretum glutinosum</i> | x | x | | | |
| <i>Combretum nigricans</i> | x | x | | | |
| <i>Acacia macrostachya</i> | x | | | | x |
| <i>Hexalobus monopetalus</i> | x | x | | | |
| <i>Dichrostachys glomerata</i> | x | | | | |
| <i>Guiera senegalensis</i> | x | x | | | |
| <i>Combretum micranthum</i> | x | x | | | x |
| <i>Anogeissus leiocarpus</i> | x | | | | |
| <i>Prosopis africana</i> | x | | | x | |
| <i>Heeria insignis</i> | x | x | | | |
| <i>Grewia villosa</i> | | x | | | |
| <i>Securidaca longipedunculata</i> | | x | | x | |
| <i>Adansonia digitata</i> | | x | | x | x |
| <i>Cassia sieberiana</i> | | x | | | |
| <i>Cordyla pinnata</i> | | x | x | | x |
| <i>Ptilostigma reticulata</i> | | x | | | x |
| <i>Ptilostigma thonningii</i> | | x | | | x |
| <i>Zizyphus mauritiana</i> | | x | | x | x |
| <i>Pterocarpus erinaceus</i> | | | x | x | |
| <i>Bombax costatum</i> | | | x | x | |
| <i>Ceiba pentandra</i> | | | x | x | |
| <i>Ficus iteophylla</i> | | | | x | |
| <i>Sterculia setigera</i> | | | | x | |
| <i>Parkia biglobosa</i> | | | | | x |
| <i>Tamarindus indica</i> | | | | | x |
| <i>Parinari macrophylla</i> | | | | | x |
| <i>Diospyros mespiliformis</i> | | | | | x |
| <i>Gardenia ternifolia</i> | | | | | x |
| <i>Lannea acida</i> | | | | | x |
| <i>Detarium microcarpum</i> | | | | | x |
| <i>Ficus gnaphalocarpa</i> | | | | | x |

* La plupart des espèces sont consommées par le bétail même si elles ne sont pas citées pour cet usage.

A Sonkorong, les charbonniers exploitent irrationnellement le gros bois pour l'approvisionnement des grandes agglomérations en charbon de bois. Cette exploitation clandestine concerne même les forêts classées, malgré les interdictions et la surveillance du service des Eaux et Forêts. Le sac de charbon de 50 kg est vendu à 1500 francs, ce qui procure des revenus substantiels aux charbonniers, et suscite la complicité de certaines populations locales qui les hébergent.

Conclusion

Grâce à cette étude, nous avons tenté d'évaluer la production ligneuse des jachères et son utilisation par l'homme en zones soudanienne et soudano-sahélienne du Sénégal.

L'approche en mode synchrone présente bien entendu des inconvénients, mais reste difficilement contournable car il n'est guère envisageable de suivre les mêmes parcelles durant de longues années.

Les deux sites étudiés s'opposent sur des critères climatiques et anthropiques. Cela se traduit, au niveau des formations ligneuses, par une savane arbustive à Sonkorong 2 à 3 fois moins productive en biomasse ligneuse, où domine *Combretum glutinosum*, espèce adaptée aux perturbations récurrentes que sont le feu et la coupe. La forêt claire de Saré Yorobana, où dominent *Terminalia macroptera*, *Combretum glutinosum* et *Combretum geitonophyllum*, semble subir davantage l'effet des feux annuels.

La structure des peuplements ligneux des jachères traduit un rajeunissement permanent à Sonkorong et moins accentué à Saré Yorobana.

L'âge de la jachère lors des premiers prélèvements importants de ligneux est estimé à 3 ans à Sonkorong et 6 ans à Saré Yorobana. Dans les deux sites, les Combretacées procurent l'essentiel du bois de feu.

La mise en défens, même de courte durée, assure une meilleure production ligneuse et présente un grand intérêt pour une zone comme Sonkorong.

Comme nous n'avons pas rencontré, dans les deux sites, de jachères à structure et composition floristique proches de celles de la forêt sèche, qui serait le stade final de l'évolution, on peut penser que

les temps de jachères sont trop courts dans les deux zones pour atteindre ce stade. Nous sommes arrivés aux conclusions suivantes :

- pour une production ligneuse propre aux différentes utilisations que ces populations en font, l'étude montre que 6 à 10 ans de jachère suffisent à Saré Yorobana, alors qu'à Sonkorong, même les jachères de 15 ans n'arrivent pas à produire toutes les dimensions de tiges recherchées du fait de la surexploitation permanente;
- dans un milieu dont le potentiel écologique est faible en raison des conditions naturelles et de la pression anthropique, la gestion de la jachère est ou sera incontournable pour assurer la durabilité du système comme l'avait souligné Manlay (1994).

Références citées

- ALEXANDRE D.Y., 1989. Dynamique de la régénération naturelle en forêt dense de Côte d'Ivoire. Etudes et Thèses, ORSTOM, Paris, 102p
- BILLE J. C. 1977. Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien. Trav. Doc. ORSTOM Paris, 82 p.
- BODIAN A. 1993. Influence de la mise en défens sur la végétation des jachères anciennes de savanes dans la région du Sine-Saloum. Mémoire de confirmation chercheur ISRA-Productions forestières, Sénégal, 40 p.
- BOUDET G 1983. Systèmes de production d'élevage au Sénégal : étude du couvert herbacé. Compte rendu de fin d'étude. IEMVT, Maison Alfort, 58 p.
- BOUDET G 1985. Projet de développement de l'élevage au Mali Nord-Est. Etude agro-sylvo-pastorale. Maison Alfort, IEMVT, 85p.
- CESAR J. 1992. La production biologique des savanes de Côte-d'Ivoire et son utilisation par l'homme. Biomasse, valeur pastorale et production fourragère. Thèse de doctorat d'Etat es Sciences Naturelles. Univ. de Paris 6. IEMVT CIRAD, Maisons Alfort, France, 671p.
- DE WOLF, J., VAN DAMME P., 1993. Inventaire et modelage de la gestion du couvert végétal pérenne dans une zone forestière du Sud-Sénégal. Rapport final, partie A : Etude phytosociologique. Univ. de Gent, Fac. d'agric. et de biologie appliquée, 194 p.
- DIALLO, M. T., 1995 - Importance des ligneux dans des jachères naturelles et améliorées en Basse Casamance. Structure, biomasse, et fertilité induite. Mémoire de fin d'études. Ecole Nationale des Cadres Ruraux de Bambey, Sénégal, 50 p.
- DIATTA M. 1994. Mise en défens et techniques agroforestières au Sine Saloum (Sénégal) Effets sur la conservation de l'eau, du sol, et sur la production primaire. Thèse de 3ème cycle. Univ. Pasteur, Strasbourg 1, 202 p.
- DJITEYE M. 1988. Composition et production des communautés sahéliennes : application à la zone de Niore (Mali) Thèse Doct., Univ. Paris Sud, 150 p.
- DONFACK P. 1993. Etude de la dynamique de la végétation après abandon de la culture au Nord-Cameroun. Thèse 3ème cycle, Université de Yaoundé, Cameroun, 192 p.
- FLORET C., PONTANIER R. 1984. Aridité climatique, aridité édaphique. Bull. Soc. Bot. France, 131, Actual. bota (2/3/4):265-275
- GODRON M. 1984. Ecologie de la végétation terrestre. Masson, Paris, 196 p.
- GOUNOT M. 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson, Paris, 314 p.
- GROUZIS M. 1988 - Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso). Eds de l'ORSTOM, Coll. Etudes et Thèses, 336 p.
- KAÏRE M. 1993. La ressource ligneuse des jachères d'un terroir villageois de la région de Kolda (Sénégal) Production et utilisation. Mémoire DESS CRESA Univ. A. Moumouni, Fac. d'Agron., Niamey, Niger, 52 p.
- KAÏRE M. 1996. La production ligneuse des jachères et son utilisation par l'homme en zones soudanienne et soudano-sahélienne du Sénégal. Mémoire DEA ISFRA Bamako, Mali, 70 p.
- 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. DEA « Ecosystèmes continentaux, arides, méditerranéens et montagnards. Univ. de droit, d'économie et des sciences d'Aix-Marseille, 69 p.
- MITJA D. ET HLADIK A., 1989 - Aspects de la reconstitution de la végétation dans deux jachères en zone forestière africaine humide (Makokou, Gabon). Acta Oecol. Gener. 10 (1) :75-94.
- NOUVELET Y. 1992. Evolution d'un taillis de formation naturelle en zone soudanienne du Burkina Faso. Thèse Doc. Sci. Bot. Trop. Univ. Paris VI, 209 p.
- STROMGAARD P., 1985. Biomass, growth and burning of woodland in a shifting cultivation area of south central africa. Forest Ecology and Management, 12 pp 163-178
- YOSSI H 1992. Problématique de la gestion des ressources naturelles au Mali. Cas de la plaine du Gondo. Note technique 2 IER - Bamako, 3p

4.2 DYNAMIQUE DU CARBONE DANS LE CYCLE CULTURE-JACHERE EN AFRIQUE DE L'OUEST

Raphael MANLAY, Dominique MASSE

ORSTOM, BP 1386 – Dakar - Sénégal

Introduction

Dans les savanes d'Afrique de l'Ouest, l'agriculture pluviale à faibles intrants, associée à un élevage extensif plus ou moins sédentarisé, est un des systèmes agraires les plus répandus (Ruthenberg, 1976). Le maintien de l'aptitude à produire du milieu, c'est à dire sa fertilité (Pieri, 1989), y repose sur deux grandes stratégies de gestion de la matière organique : d'une part l'application de la fumure animale, d'autre part la pratique de la jachère. Comme dans la majorité des systèmes à jachère (Mazoyer et Roudard, 1997), les deux stratégies concernent des espaces différents au sein du terroir. La fumure animale est appliquée aux champs permanents, dévolus aux cultures vivrières et ceinturant le village (ager), tandis que les rotations à jachère plus ou moins longue, impliquant des cultures de rente ou de céréales, concernent la périphérie du terroir ou saltus (Pélissier, 1966).

En Afrique de l'Ouest, l'existence de cette zone périphérique est progressivement remise en cause par le besoin croissant en terres cultivables (dynamisme démographique) ou certaines dispositions des lois foncières nationales. Là où la pratique traditionnelle maintenait des jachères longues d'une quinzaine d'années, ne se rencontrent plus que de jeunes friches, lorsqu'elles n'ont pas tout simplement disparu. L'amélioration de la jachère, ou sa substitution, est donc souhaitable, mais les solutions sont complexes. En effet, la pratique de la jachère en Afrique de l'Ouest trouve des justifications très diverses, tant sociales que techniques : maîtrise foncière, maintien de la fertilité du sol, rôle pastoral, approvisionnement en bois (Floret *et al.*, 1993). Toute proposition de modification de la pratique de la jachère doit tenir compte de ces fonctions et s'appuyer sur une compréhension du fonctionnement naturel de la jachère. L'idée que cette compréhension repose en grande partie sur les cycles de la matière organique est une hypothèse sous-tendant l'étude qui suit.

En effet, du point de vue agro-écologique qui nous intéresse ici, la jachère est assimilable à un processus de « nettoyage » (élimination de la flore adventice) (Jouve, 1993) mais aussi de reconstitution des stocks de matière organique et d'éléments minéraux de l'écosystème (Nye et Greenland, 1960). La matière organique est une richesse directement valorisable par le paysan (récolte et résidus de culture, bois, fourrages naturels ...) mais pas seulement. Elle est également un moyen de production, car c'est du retour et de la réincorporation au sol de la matière organique que dépend le statut organique du sol, et donc l'aptitude à produire de l'écosystème. En effet, dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés sableux à argile de type kaolinite de l'Afrique subsaharienne, les caractéristiques chimiques (capacité d'échange cationique ou CEC) et physiques (porosité, stabilité) dépendent largement du taux de matière organique du sol (MOS) (de Ridder et van Keulen, 1990 ; Feller, 1995 ; Asadu *et al.*, 1997). Cependant, la texture sableuse de ces sols limite fortement la capacité de stockage humique (Feller et Beare, 1997). La disponibilité en éléments minéraux dépend donc surtout des fractions organiques labiles (litière, exsudats racinaires ...) alimentées par la production végétale. Enfin, la matière organique sert de substrat énergétique à la microflore du sol et conditionne donc sa fertilité biologique (Herrick et Wander, 1998).

En pratique, lors de la défriche de la jachère, la majeure partie de la biomasse aérienne accumulée est soit exportée (bois), soit brûlée sur place. Seuls les systèmes racinaires sont épargnés (Floret *et al.*, 1993). La défriche se fait traditionnellement sans dessouchage, qui est très exigeant en travail. Avec ce mode de défrichage, les systèmes racinaires ligneux se maintiennent durant plusieurs années à partir des souches, qui rejettent après chaque récolte. Dans ces conditions, il est évidemment très difficile de quantifier la dynamique des systèmes racinaires ligneux hérités de la jachère. En raison de la mécanisation des travaux agricoles (labour notamment), le dessouchage est de plus en plus fréquent. Faute de pouvoir se reconstituer depuis les souches, la biomasse racinaire est alors condamnée à une décomposition sans doute rapide mais dont la cinétique n'a jamais été appréhendée à notre connaissance en milieu tropical.

L'évolution des stocks organiques au cours du cycle culture-jachère n'a fait l'objet que de peu d'études en Afrique de l'Ouest, et, exceptée la synthèse de Tiessen *et al.*, (1998), concerne plutôt les climats humides (Nye et Greenland, 1960 ; Kottosame *et al.*, 1997). Il est ici proposé l'étude de la dynamique de la biomasse aérienne et souterraine et du carbone du sol suivant une approche synchrone (Sanchez, 1987) : différentes parcelles de cultures et de jachères d'âge variable, partageant des substrats pédologiques et un historique cultural équivalents, sont considérées comme les représentantes du même écosystème à différents stades du cycle culture-jachère. Nous proposons également les résultats d'une démarche en mode diachrone, qui a consisté à suivre durant deux ans la décomposition de sachets de racine de ligneux in situ, afin de simuler l'évolution des systèmes racinaires ligneux dans une culture après défrichage et dessouchage.

Matériel et méthode

Présentation du site

L'étude a été menée de 1993 à 1997 dans la région de Kolda au Sénégal (12°49'N – 14°53'O), sur le terroir de Sare Yorobana, situé en climat de type soudanien, tropical sec à saisons contrastées. La pluviométrie annuelle moyenne varie de 570 à 1370 mm (moyenne : 960 mm) et les pluies s'étendent de mai à octobre. La température est de 28°C et l'évaporation Piche de 1800 mm (Service de la Météorologie Nationale, station de Kolda, période de 1978 à 1997). Le relief peu accusé permet de distinguer trois grandes unités agro-pédologiques (Baldensperger *et al.*, 1967 ; Anonyme, 1991) : bas fond à sol hydromorphe moyennement humifère, constitué d'une palmeraie et d'une rizière ; glacis à sol rouge à jaune sableux, sur lequel est en général installé le village et les cultures permanentes ; plateau à sol ferrugineux lessivé occupé par les forêts claires, les jachères et les cultures de brousse. Les vastes surfaces encore boisées du plateau donnent au paysage les apparences d'un front pionnier. L'ethnie dominante, Peul, pratique une agriculture diversifiée (céréales sèches et inondées, arachide) étroitement associée à un élevage extensif sédentaire.

Bilans de carbone

Les parcelles étudiées sont toutes situées sur plateau, à l'exception de deux cultures d'arachide placées sur haut de glacis. Les plans d'échantillonnage ont différé suivant l'hétérogénéité des variables et le travail nécessaire pour les mesurer. Toutes les mesures ont été faites en fin de saison des pluies, lorsque le stock de biomasse aérienne est maximal.

Biomasse ligneuse aérienne

La biomasse ligneuse a été estimée sur 19 jachères âgées de 1 à 25 ans. Dans chaque parcelle un inventaire dendrométrique a été réalisé sur trois placeaux de 900 m² chacun. Des tarifs de biomasse, élaborés pour 4 espèces (*Combretum geitonophyllum* Diels, *Combretum glutinosum* Perr., *Piliostigma thoningii* Miln.-Redh. et *Terminalia macroptera* G. et Perr.), ont été définis en mesurant le diamètre basal, le diamètre à 130 cm et la biomasse sur une vingtaine d'individus. Ces tarifs ont permis d'accéder à la biomasse sèche ligneuse sur pied. Sur 15 individus par espèce, des tarifs distincts ont été effectués sur les biomasses foliaire, raméale et caulinaires, et de la souche. Le taux de carbone de chacune de ces biomasses a été mesuré pour chaque espèce, afin de convertir en stocks de carbone les biomasses ligneuses aériennes déterminées dans chaque jachère. Sur 6 jachères âgées de 1 à 25 ans on a également pu distinguer la biomasse que le paysan brûlerait lors d'une potentielle défriche, de celle qu'il conserverait comme bois de chauffe ou d'œuvre. La biomasse brûlée regroupe les biomasses foliaire, raméale, et en partie caulinaires (tiges de moins de 4 cm de diamètre selon les pratiques locales de brûlis).

Biomasse herbacée, litière, racines et carbone total du sol

11 jachères âgées de 1 à 30 ans ont fait l'objet de mesures sur les autres compartiments organiques. Afin de tenir compte de l'hétérogénéité spatiale prononcée dans les jachères, les mesures ont été réalisées tous les mètres sur un transect de longueur 20 m et de largeur 0.5 m. Les mesures de carbone souterrain ont été effectuées jusqu'à une profondeur de 40 cm. Ce choix tient compte à la fois du temps de travail nécessaire à la prise des données, et d'observations répétées localement et dans la sous région, selon

lesquelles l'activité biologique se trouve en majorité au dessus de 50 cm de profondeur (Chopart, 1980 ; Diao, 1995 ; Tomlinson *et al.*, 1998)

La biomasse herbacée a été prélevée sur chaque placeau de longueur 1 m et de largeur 0,5 m. La litière, définie comme la fraction organique figurée de plus de 2 mm non adhérente au sol, a été ramassée également. Un prélèvement de sol avec une tarière à racines de diamètre 56 mm a été effectué au centre de chaque placeau, sur les horizons 0-10, 10-20, 20-30 et 30-40 cm. Chaque échantillon de terre a été lavé par élutriation hydropneumatique automatique et les racines récupérées sur tamis de 1 mm. Cette technique permet d'estimer rapidement et assez correctement la biomasse racinaire fine (diamètre des racines : inférieur à 2 mm). En revanche, la tarière ne permet pas de sectionner correctement les racines plus grosses, et les faibles volumes prélevés sont inadaptés, car la distribution des racines les plus épaisses est hétérogène. C'est pourquoi la biomasse de racines de diamètre supérieur à 2 mm a été mesurée par extraction du sol de tout le placeau, sur une profondeur de 40 cm. Le tri s'est fait in situ, manuellement. Au préalable, des prélèvements de sol sur les 4 horizons précités ont été effectués sur profil dans chaque placeau, en vue de déterminer leur teneur en carbone total et leur densité apparente (prise de cylindres en métal de volume 100 cm³).

Six parcelles d'arachide menées depuis plus de 10 ans en rotation bisannuelle avec une jachère courte ou du mil ont également été retenues. Sur chacune de ces parcelles semées avec un cultivar, 4 placeaux de 16 m² ont été choisis aléatoirement. Sur chaque placeau la biomasse aérienne (fanes, gousses et adventices) a été pesée et un échantillon prélevé pour détermination de l'humidité. A chaque coin du placeau les prélèvements de sol pour détermination de biomasse racinaire fine, de carbone total et de densité du sol ont été effectués suivant les mêmes méthodes que dans les jachères.

Au laboratoire, la biomasse de racines épaisses a été lavée sous eau ; puis elle a été séchée jusqu'à masse constante (environ 48 heures à 70°C), tout comme les biomasses aériennes, la litière et les racines fines élutriées. Les grosses racines ont été triées en trois classes de diamètre ([2-5], [5-10] et supérieur à 10 mm). Le sol a été séché 24 heures à 105°C et tamisé délicatement à 2 mm avant mesure de densité et détermination du carbone total. Celle-ci a été faite selon la méthode Anne (oxydation à chaud par bichromate de potassium), également utilisée pour déterminer le taux de carbone des végétaux (une analyse par compartiment et par parcelle).

Afin de tester un éventuel effet de la saison de prélèvement sur le statut organique des sols, des prélèvements sur l'horizon 0-10 cm ont également été effectués en fin de saison sèche, avant le flash de minéralisation habituellement observé lors des premières pluies (Myers *et al.*, 1994). Les parcelles concernées étaient : 2 cultures d'arachide, une jachère de 10 ans et une jachère de 15 ans. Sur chacun de 4 placeaux de 100 m², 16 prélèvements ont été faits, représentant environ 16 kg de sol. Le sol a été tamisé in situ à 2 mm. Un échantillon de sol tamisé a été récupéré pour chaque placeau, ainsi que le refus du tamis (méthode inspirée de Feller, 1981). Ce refus contient en effet la fraction organique du sol la plus labile.

Mesures de décomposition de racines

Des racines de *Combretum glutinosum* ont été récoltées, nettoyées, séchées (70°C, 1 à 3 jours suivant le diamètre) et pesées. Elles ont été rassemblées en classe de diamètre [0-2] mm, [2-5] mm et [5-10] mm. Elles ont été insérées dans des sachets en métal inoxydable. Le diamètre des racines de la classe [5-10] mm a été mesuré précisément afin de détecter une éventuelle corrélation avec le taux de décomposition. Les sachets ont été mis en terre en début de saison des pluies. Avant la saison des pluies de 1995, une jachère de 15 ans a été défrichée. Sur 100 points distants de 1 m les uns des autres, 3 sachets contenant entre 1 et 5 g de racines, chaque sachet correspondant à une classe de diamètre, ont été enterrés à 10 cm de profondeur. Durant deux ans, 20 sachets de chaque classe de diamètre ont été retirés du sol, tous les six mois (donc en début de saison sèche puis de saison des pluies). Les racines ont été séparées de la terre, séchées (70°C durant 1 à 3 jours), pesées. Elles sont ensuite calcinées et leur cendre est pesée, afin de calculer un pourcentage de masse initiale hors cendre et donc hors contamination minérale.

Traitements statistiques

Sauf indication contraire, les taux sont exprimés en g.kg⁻¹, et les stocks en t.ha⁻¹. Lorsqu'il s'agit de biomasse, les valeurs s'entendent par défaut en matière sèche. Afin de tenir compte de possibles variations de densité de sol liées aux traitements, le stock de carbone a aussi été exprimé en équivalent massique, c'est à dire pour une masse de sol – et non une profondeur – équivalente entre parcelles (Ellert et Bettany, 1995).

En raison des problèmes d'autocorrélation posés par les mesures répétées sur transect, le traitement statistique n'a porté que sur les moyennes de chacune des parcelles. Celles-ci ont alors été regroupées en quatre classes : cultures, jachères jeunes (1 à 3 ans) ; jachères d'âge moyen (4 à 11 ans) ; jachères âgées (plus de 11 ans). Le choix des limites des classes d'âge de jachère repose sur des critères d'évolution de physionomie de la végétation, corroborées par Donfack *et al.* (1995) au Nord-Cameroun. Les analyses statistiques ont été réalisées sur logiciel SAS. Lorsque les hypothèses de normalité des distributions et d'homoscédasticité étaient vérifiées, une analyse de variance a été effectuée directement sur les données (proc GLM). Dans le cas contraire, les variables ont été préalablement transformées par leurs rangs (Potvin et Roff, 1993). Pour des raisons similaires, les corrélations entre variables ont été estimées par le coefficient de Spearman.

Résultats

Dynamique du carbone durant la phase de jachère

Evolution générale des stocks de carbone

L'estimation des stocks de carbone organique dans les cultures et les jachères est présentée dans la figure 4.2-1. Elle indique une augmentation rapide du stock de carbone après l'abandon de la culture. Les cultures stockent 27,8 t de carbone à l'hectare, soit à peine plus de la moitié des stocks mesurés sur les jachères âgées (50 t.ha⁻¹ dès 10 ans). La différence est le fait de la végétation (5,6 t.ha⁻¹ en culture, contre 23,8 t.ha⁻¹ dans les jachères longues). La matière organique du sol montre des variations sensibles (22,2 à 28,0 t.ha⁻¹) entre classes de parcelles, mais pas d'évolution claire au cours du cycle culture-jachère si l'on exprime les stocks en équivalents massiques. Le taux de carbone sur 0-10 cm ne change pas significativement, mais il est plus élevé dans les jachères que dans les cultures. Sur 0-40 cm l'augmentation est significative par rapport aux cultures pour les jachères de moins de 11 ans. La biomasse aérienne ligneuse, principale contribution à la biomasse totale aérienne, montre des évolutions différentes suivant les compartiments (figure 4.2-2). La biomasse caulinnaire est multipliée par 5 en 25 ans et les biomasses de feuilles et de rameaux se stabilisent rapidement à 5 et 12 t.ha⁻¹ respectivement.

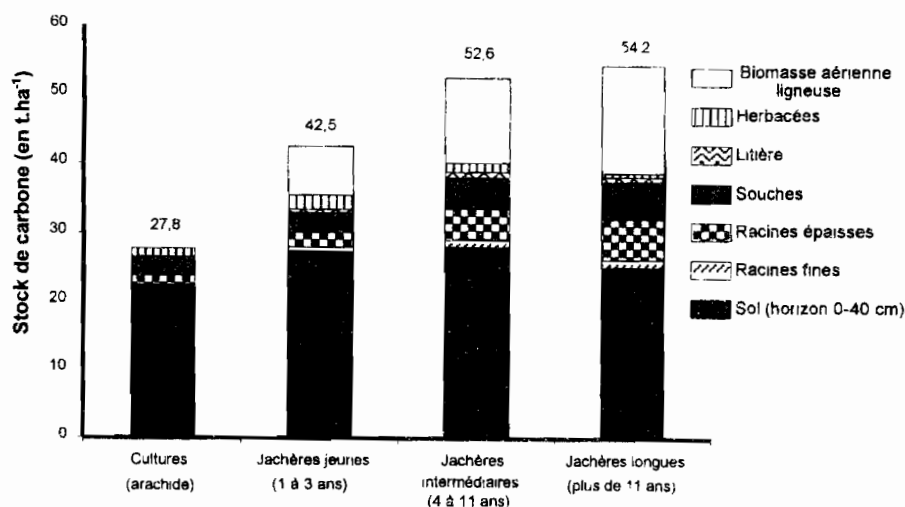


Figure 4.2-1 : Stockage du carbone durant le cycle culture-jachère (le chiffre au dessus de la barre est le stock de carbone total du système).

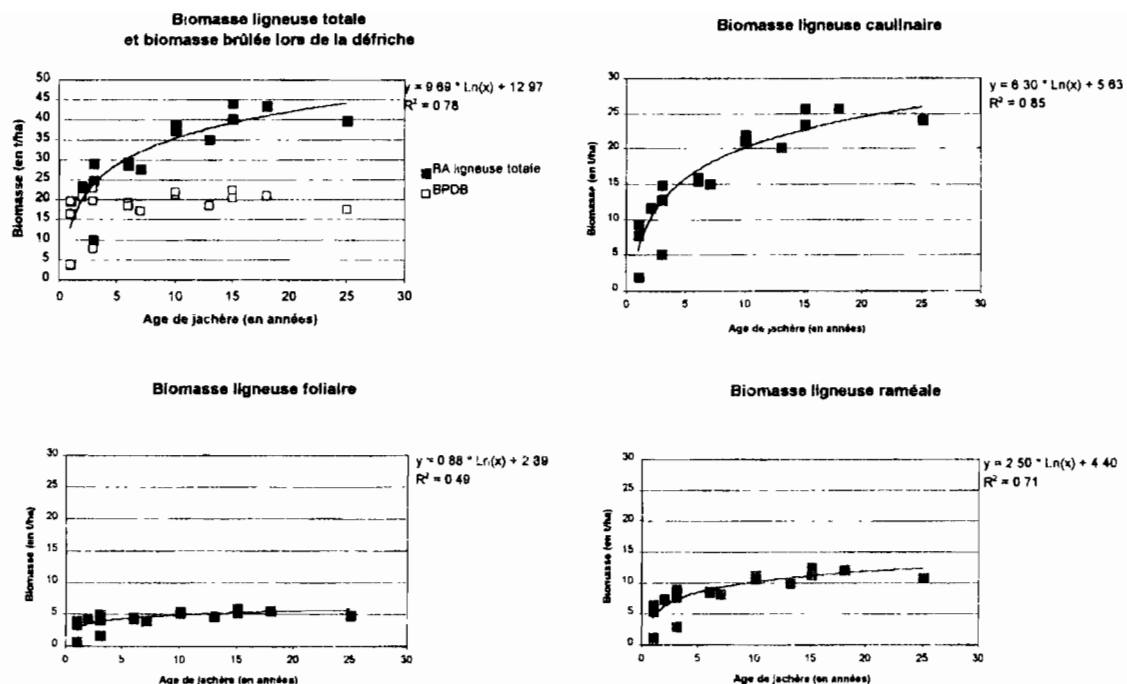


Figure 4.2-2 : Evolution des différents compartiments de la biomasse ligneuse aérienne selon l'âge de la jachère.

Evolution différentielle des compartiments organiques

Le tableau 4.2-1 indique que la biomasse racinaire est faiblement corrélée au taux de carbone en surface. Il n'existe en revanche aucun lien entre taux de carbone et contribution pondérale de la fraction [0-50]µm du sol. C'est pourquoi, dans les tests statistiques qui suivent sur le carbone du sol, la fraction granulométrique fine n'est pas utilisée comme covariable.

Les valeurs des biomasses mesurées dans les différents compartiments des 4 classes d'agro-écosystèmes évoluent diversement (tableau 4.2-2).

La biomasse aérienne ligneuse double de façon significative entre jeunes et vieilles jachères, passant de 18 à 41 t.ha-1. La biomasse racinaire fine est multipliée par trois durant les premières années de jachère et par 5 au bout de 10 ans d'abandon de la terre (3 t.ha-1, différences significatives). En revanche les jachères courtes n'augmentent pas significativement la biomasse de racines épaisses (lignoux essentiellement) ni la biomasse de souches, les cultures héritant sans doute du maintien des souches d'arbres issues de la précédente défriche. Mais après 4 ans de jachère, la biomasse de racines épaisses est multipliée par 4 ; celle de souches stagne. Au delà de 10 ans, le stock de grosses racines est quintuplé (17 t.ha-1) et la biomasse de souches (14 t.ha-1) a doublé.

La biomasse herbacée diminue fortement durant la jachère, passant de 5,8 à 1,8 t.ha-1 (la faiblesse des effectifs ne permet pas de déceler des différences significatives). Les cultures stockaient 3,5 t.ha-1 de biomasse aérienne (fanés et gousses d'arachide : 1,8 t.ha-1 ; adventices herbacées : 0,53 t.ha-1 ; adventices ligneux : 0,32 t.ha-1).

Le carbone du sol diffère significativement entre jachères et cultures sur l'horizon 0-10 cm (données en équivalent massique seulement). Sur l'horizon 0-40 cm, aucune tendance claire n'est décelable quant au stock de carbone. Les taux mesurés se situent entre 4,5 et 6,2 g.kg-1 sur 0-10 cm, entre 3,7 et 4,6 % sur 0-40 cm. Trente à trente cinq pour cents du carbone est stocké dans les 10 premiers centimètres du sol.

Tableau 4.2-1 : Coefficients de corrélation de Pearson sur trois variables mesurées dans l'horizon [0-10] cm de 7 jachères de 2 à 30 ans.

Fraction [0-50] μ m : pourcentage de la contribution massique de la fraction [0-50] du sol. () : nombre de mesures. * : p(Ho R = 0) < 5%

| | Tx C | | Frac. [0-50] | | B. r. f. |
|-------------------------|---------------|--|--------------|--|----------|
| Taux de carbone | 1 | | 1 | | |
| Fraction [0-50 μ m] | 0,103 (120) | | 1 | | |
| Biomasse racinaire fine | 0,182 (140) * | | 0,161 (120) | | 1 |

Tableau 4.2-2 : Valeurs des compartiments organiques des cultures et des jachères.

Stocks en t.ha-1 (excepté le carbone du sol, exprimé en tC ha-1) Taux en g kg-1 Anova et test de comparaison multiple SNK effectués sur les rangs des données. Probabilité que les moyennes des rangs soient égales : * < 5% ; ** < 1% ; *** < 0,1% Les moyennes des rangs portant la même lettre ne diffèrent pas significativement entre elles ($\alpha=5\%$)

| Compartiments | Culture | | | Jachère courte (1-3 ans) | | | Jachère de 4 à 11 ans | | | Jachère longue (plus de 11 ans) | | | F |
|----------------|--------------------|---|------|--------------------------|---|------|-----------------------|---|------|---------------------------------|---|------|----------------------|
| | Moyenne | n | es | Moyenne | n | es | Moyenne | n | es | Moyenne | n | es | |
| BA lig | | | | 18,36 _c | 7 | 3,33 | 32,42 _b | 5 | 2,39 | 40,66 _a | 5 | 1,64 | 24,51 _{***} |
| BPDB | | | | 16,02 _a | 7 | 2,70 | 19,70 _a | 5 | 0,87 | 20,03 _a | 5 | 0,89 | 0,37 |
| Herbac | 3,28 | 6 | 0,32 | 5,76 _a | 4 | 0,33 | 3,91 _a | 4 | 1,91 | 1,80 _a | 3 | 0,21 | 3,02 |
| Litière | | | | 1,51 _a | 4 | 0,33 | 2,70 _a | 4 | 0,56 | 2,04 _a | 3 | 0,30 | 1,4 |
| BRf | 0,62 _c | 6 | 0,05 | 1,55 _b | 4 | 0,14 | 2,94 _a | 4 | 0,62 | 3,26 _a | 3 | 0,13 | 25,17 _{***} |
| BRG | 3,38 _b | 6 | 0,36 | 5,82 _a | 4 | 1,07 | 12,69 _a | 3 | 4,33 | 16,97 _a | 2 | 2,92 | 10,43 _{**} |
| Souches | 3,38 _a | 3 | 3,22 | 5,82 _a | 7 | 1,47 | 12,69 _a | 6 | 1,83 | 16,97 _a | 5 | 1,18 | 2,64 |
| TxC [0-10] | 4,49 _a | 6 | 0,19 | 6,06 _a | 4 | 0,77 | 6,15 _a | 4 | 0,64 | 6,16 _a | 3 | 0,59 | 4,29 _* |
| StC [0-10] | 6,79 _a | 6 | 0,32 | 9,32 _a | 4 | 1,17 | 9,27 _a | 4 | 1,01 | 8,99 _a | 3 | 0,82 | 4,25 _* |
| StC mas [0-10] | 7,10 _b | 6 | 0,25 | 9,33 _{ab} | 4 | 1,23 | 10,14 _{ab} | 4 | 1,15 | 11,01 _a | 3 | 1,51 | 4,61 _* |
| TxC [0-40] | 3,72 _b | 6 | 0,11 | 4,50 _{ab} | 4 | 0,37 | 4,61 _a | 4 | 0,15 | 4,24 _{ab} | 3 | 0,24 | 4,72 _* |
| StC [0-40] | 22,23 _b | 6 | 0,69 | 27,35 _a | 4 | 2,21 | 28,01 _a | 4 | 0,83 | 24,97 _{ab} | 3 | 1,17 | 7,69 _{**} |
| StC mas [0-40] | 23,37 _a | 6 | 0,68 | 27,82 _a | 4 | 2,57 | 28,40 _a | 4 | 1,05 | 27,52 _a | 3 | 2,29 | 2,92 |

BA lig = biomasse aérienne ligneuse ; BPDB = biomasse potentielle disponible pour le brûlis ; Herbacées = biomasse herbacée (cultures : fane et gousses d'arachide, adventices herbacées et ligneux) ; BRf = biomasse racinaire fine ; BRG = biomasse de grosses racines ; TxC [0-10] = taux de carbone du sol, horizon 0-10 cm ; StC [0-10] = stock de carbone du sol, horizon 0-10 cm ; StC mas [0-10] = stock de carbone du sol en équivalent massique, horizon 0-10 cm ; TxC [0-40] = taux de carbone du sol, horizon 0-40 cm ; StC [0-40] = stock de carbone du sol, horizon 0-40 cm ; StC mas [0-40] = stock de carbone du sol en équivalent massique, horizon 0-40 cm.

Statut organique du sol en fin de saison sèche

Les résultats des analyses de carbone et d'azote des sols de deux cultures d'arachide et de deux jachères de 10 et 15 ans prélevés en fin de saison sèche ne montrent pas de tendance nette pour l'azote, bien que des différences significatives existent (tableau 4.2.3.). La jachère la plus ancienne a cependant le taux de carbone le plus élevé.

Tableau 4.2-3 : Statut organique du sol en fin de saison sèche dans différents agro-écosystèmes du cycle culture-jachère (taux en g.kg⁻¹) et résultats d'une analyse de variance.

Probabilité que les moyennes des rangs soient égales * < 5% , ** < 1% Les moyennes des rangs portant la même lettre ne diffèrent pas significativement entre elles (test SNK , a=5%) n=4

| Type | | TxC | | TxN | | C/N | |
|-----------------|------------|-------------|-----------|-------------|----------|--------------|----------|
| Arachide | Moyenne | 8,97 | b | 0,68 | ab | 13,35 | b |
| (rot : mil) | Erreur std | 0,85 | | 0,10 | | 0,60 | |
| Arachide | Moyenne | 7,49 | b | 0,55 | b | 13,55 | b |
| (rot : jachère) | Erreur std | 1,48 | | 0,10 | | 0,60 | |
| Jachère 12 ans | Moyenne | 8,73 | b | 0,61 | ab | 14,45 | b |
| | Erreur std | 0,73 | | 0,08 | | 0,68 | |
| Jachère 17 ans | Moyenne | 12,18 | a | 0,78 | a | 15,50 | a |
| | Erreur std | 1,99 | | 0,10 | | 0,50 | |
| F | | 8,65 | ** | 4,35 | * | 10,75 | * |

Défriche et évolution de quelques stocks organiques

Compartiments aériens ligneux

Le rapport de la biomasse potentielle disponible pour le brûlis ,ou BPDB, à la biomasse ligneuse totale, diminue rapidement de 1,0 à 0,5 en moins de 25 ans (figure 4.2-3). Cette décroissance suit une loi « puissance » qui appliquée aux mesures de biomasse totale permet d'estimer précisément la BPDB pour 15 parcelles de jachères jeunes à anciennes (figure 4.2-2). La BPDB se stabilise très rapidement à environ 20 t.ha-1.

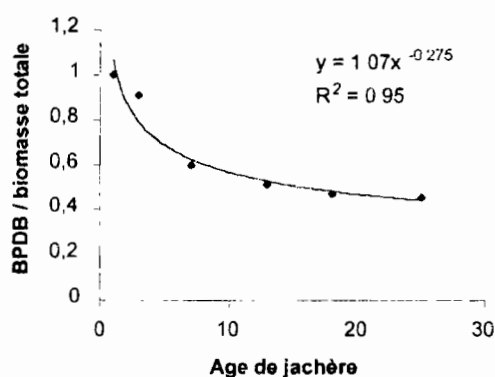


Figure 4.2-3 : Evolution du rapport de la biomasse potentielle disponible pour le brûlis (BPDB) à la biomasse aérienne ligneuse totale en fonction de la durée de la jachère.

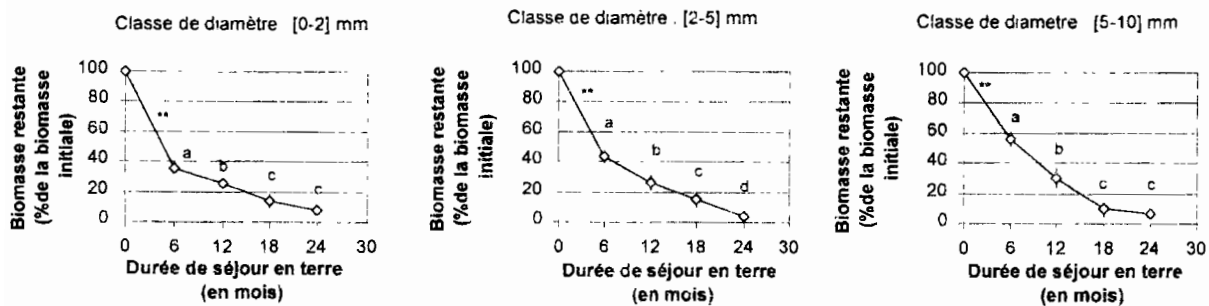
Dynamique racinaire : cas d'une défriche avec dessouchage

Quelle que soit la durée de présence en terre et le diamètre des racines, la masse initiale de racines et le pourcentage restant de cette masse initiale ne sont jamais corrélés significativement (tests effectués sur le coefficient de corrélation de Spearman – résultats non publiés). De même le pourcentage de masse initiale restante est, pour les racines de diamètre supérieur à 5 mm, indépendant du diamètre de la racine mise en sachet.

La décomposition des racines est très rapide, puisque plus de 90% de la biomasse de racines initialement placées en terre a disparu en moins de deux ans (figure 4.2-4). Le diamètre des racines

n'influence la cinétique de décomposition des racines que lors des 6 premiers mois, les racines les plus fines se décomposant les plus rapidement (tableau 4.2-3). La saisonnalité du climat ne se retrouve pas sur l'allure des courbes de décomposition.

Les cinétiques de décomposition, appliquées à des jachères de différents âges en tenant compte des stocks racinaires mesurés précédemment, permettent d'estimer les transferts de matière organique depuis le compartiment « racines » vers les compartiments « litière » et « MOS », dans le cas d'une mise en culture avec dessouchage de la jachère (figure 4.2-5). En cas de dessouchage, les restitutions de matière organique au sol sont très fortes durant la première année, variant de 5,2 à 10,9 t.ha⁻¹, dans les jachères jeunes et les jachère âgées respectivement. A l'issue des deux premières années, les apports ne diffèrent plus quantitativement.



. ** . P(Ho : taux de biomasse restante à 6 mois = 100) < 1% (test Z). Les moyennes ayant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (test SNK sur rang des données). Les barres verticales indiquent les erreurs-type.

Figure 4.2-4 : Décomposition de racines de *Combretum glutinosum* après défriche d'une jachère de 15 ans

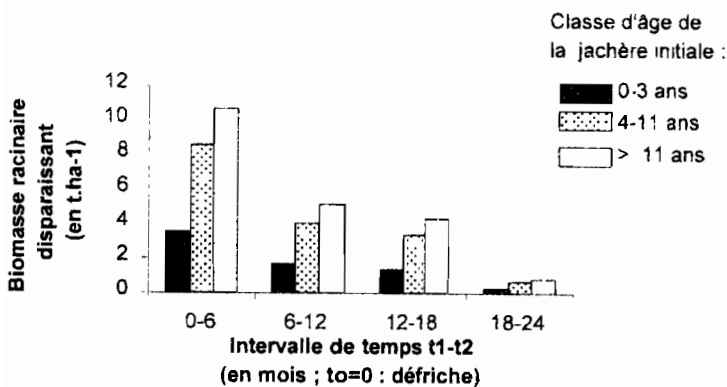


Figure 4.2-5 : Biomasse racinaire disparaissant après défriche selon trois classes d'âge de la jachère initiale.

Tableau 4.2-4 : Influence du facteur classe de diamètre sur la cinétique de décomposition des racines.

Résultats d'une analyse de variance effectuée sur les données transformées par leur rang. Probabilité que les moyennes soient égales ** < 1% Deux moyennes portant la même lettre ne diffèrent pas significativement ($\alpha=5\%$).

| Nb mois | Classe de diamètre (cm) | | | Anova F |
|---------|-------------------------|------|------|------------|
| | 0-2 | 2-5 | 5-10 | |
| 6 | 35,7 | 43,7 | 56,1 | 6,79 ** |
| | b | b | a | |
| 12 | 25,5 | 26,5 | 30,6 | 0 |
| | a | a | a | |
| 18 | 14,0 | 15,0 | 9,6 | 2,23 |
| | a | a | a | |
| 24 | 7,8 | 4,0 | 6,8 | 2,54 |
| | a | a | a | |

Discussion

Les compartiments organiques témoignent, durant le cycle de culture et de jachère, de dynamiques diverses. Ce qui a déjà été observé en zone plus humide (Kottosame et al., 1997) est confirmé ici : les réservoirs de carbone apparemment les plus sensibles aux différentes étapes de l'alternance culture-jachère sont biologiquement les plus actifs, tandis que le stock de carbone du sol reste stable. Durant la jachère la biomasse aérienne ligneuse et le stock de racines augmentent, au détriment de la biomasse herbacée, alors que les stocks de litière et de MOS stagnent. Swift et Anderson (1994) proposent les concepts de biote productif (ensemble des organismes végétaux et animaux produisant des ressources vivrières ou marchandes) et de biote de ressource (ensemble des organismes qui contribuent positivement à la productivité du système). Cette distinction peut être utilement reprise pour classer les différents rôles de la jachère émergeant de l'étude de son statut organique global.

Fonctions productrices de la jachère

Jachère et production ligneuse

Le bois est une ressource organique importante des jachères et des forêts en Afrique tropicale sèche. La productivité de ces formations est cependant difficile à estimer, tant sont nombreux les facteurs pouvant l'influencer : feu, pâturage, coupes sauvages. Catinot (1994) a retenu une production maximale (savanes gérées) de 2 à 3 t.ha-1.an-1 en zone soudanienne, en adoptant une densité conventionnelle du bois de 1t.m-3 pour le bois des forêts tropicales sèches (Singh, 1984). Ces chiffres s'accordent avec nos observations durant les dix premières années de jachère (4 t.ha-1.an-1 en moyenne). Traduisant une augmentation de la concurrence inter-arbres pour la lumière, la productivité fléchit par la suite à moins d'une tonne par hectare, valeur un peu inférieure à l'estimation de Singh (1984) sous la pluviométrie annuelle de la région.

Le passage fréquent des feux est sans doute un facteur limitant de la réinstallation d'une savane arborée, surtout durant les premières années de jachère (César, 1992). Kaïre (1996) a ainsi estimé à 7 à 8 t.ha-1 la biomasse ligneuse brûlée sur le terroir dans les jachères de moins de 4 ans, à 3 t.ha-1 dans les jachères les plus anciennes. En revanche, les coupes, qui concernent surtout les formations de plus de 6 ans et sont estimées à 2 t.ha-1, n'ont encore qu'un impact limité sur le développement de la végétation ligneuse. La récolte de bois mort, plus aisée que la coupe pour un usage énergétique, suffit aux besoins encore limités de la population.

Jachère et usage pastoral

La fermeture progressive du couvert ligneux induit une baisse rapide de la biomasse de la strate herbacée au delà de trois ans de jachère. Les biomasses mesurées dans les jeunes jachères (un peu moins de 6 t.ha-1) sont élevées en comparaison avec les résultats de Blanfort (1991) sur le même terroir, mais rejoignent ceux indiqués pour la zone soudanienne par Boudet (1975). Charreau et Nicou (1971) ont pu mesurer des biomasses herbacées de 2 à 10 t.ha-1 en climat plus sec du Sénégal. Au Burkina Faso,

Fournier (1982) enregistre des stocks de 3,5 à 9 t.ha⁻¹, valeurs convergentes avec celles de Lamotte et Bourlière (1978) en savane arbustive plus humide (7 t.ha⁻¹). Cette strate herbacée est avant tout pour l'agro-éleveur une source de fourrage. Delacharlerie (1994) a en effet montré que les ligneux intervenaient localement pour seulement 7 à 14% du régime, contre 75% aux herbacées naturelles. En saison sèche les jachères de moins de 10 ans, qui représentent plus de 15% du temps de parcours, contribuent à 80 à 90% du régime des bovins (Ickowicz *et al.*, 1998). Il semble cependant que les jachères les plus parcourues soient d'âge moyen et à couvert mixte (Ickowicz, 1997). En effet, les herbacées des jachères les plus jeunes ont une faible valeur fourragère (César et Coulibaly, 1993) ; de plus elles n'offrent guère de possibilité de complémentation azotée par le broutage de certaines espèces ligneuse en fin de saison sèche. Dans les jachères âgées les fourrages sont quantitativement très limités.

Fonctions d'entretien de la fertilité de l'agro-écosystème par la dynamique du carbone

Origine des apports de carbone au sol

Une grande part de la production de biomasse aérienne ne retourne pas au sol sous l'effet des prélèvements par les hommes et par les animaux, mais surtout en raison des feux incontrôlés qui traversent presque annuellement les jachères périphériques. Les apports de biomasse aérienne accumulée durant la jachère sont également très faibles lors de la défriche, puisque le bois est exporté par le paysan vers le village, et que les branchages, les feuilles et les herbes sont rassemblés et brûlés sur place. Le brûlis, qui est un gaspillage énergétique et minéral immense, se justifie ici par la rareté de la main d'œuvre et par son effet positif sur le pH du sol et la mobilisation rapide d'éléments minéraux.

Dans ces conditions, les apports de matière organique au sol se font principalement par les racines et dans une moindre mesure par la litière.

Dynamique racinaire dans le cycle culture-jachère

Les valeurs de biomasse racinaire mesurées sont cohérente avec celles d'autres travaux effectués en Afrique de l'Ouest. Chopart (1980) a déterminé des biomasses de racines fines sous arachide de 0,3 t.ha⁻¹, sous climat et sols plus favorables dans le centre du Sénégal. Peu d'études existent sur les systèmes racinaires de jachères. César et Coulibaly (1993) font part de stocks de racines fines respectivement de 2,6 et 5,3 t.ha⁻¹ sur jachères de 10 à 15 ans, respectivement dégradée et restaurée, dans un climat ivoirien comparable à celui de notre étude. En zone plus sèche du Sénégal Charreau et Nicou (1971) rapportent des valeurs de 0,7 à 7,7 t.ha⁻¹ (moyenne : 2 t.ha⁻¹) sur de jeunes jachères herbacées. Sous formations naturelles, Lamotte et Bourlière (1978) ont mesuré 23 t.ha⁻¹ en savane arbustive de climat subhumide ; plus au nord de la Côte d'Ivoire, Menaut et César (1979) indiquent des biomasse variant entre 3,5 et 27,0 t.ha⁻¹. Les biomasses maximales semblent atteintes en forêt tropicale sèche avec des stocks de 30 t.ha⁻¹ au Mexique (Castellanos *et al.*, 1991) et au Venezuela (Delaney *et al.*, 1997).

D'un point de vue dynamique, les systèmes racinaires, hétérotrophes vis à vis du carbone, reçoivent les photosynthétats des parties aériennes. Dans la rhizosphère, cette dynamique se caractérise par deux types de transferts de matière organique de la plante vers le sol. Il s'agit d'une part de l'exsudation de photosynthétats, qui peut représenter 10 à 40% des glucides produits par la plante (Perry *et al.*, 1989), d'autre part de la décomposition de la nécromasse racinaire. Ces apports, en particulier l'exsudation, sont difficiles à quantifier, surtout en saison des pluies. Les rares estimations indiquent des taux de renouvellement de 0,5 à 1,2 an⁻¹ en savane soudanienne (Menaut et César, 1979) et de 0,6 an⁻¹ en zone sahélienne (Grouzis, 1988). En Haute Casamance, Manlay (1994) a mesuré une chute 40 à 50% de la biomasse racinaire fine durant la seule saison sèche. Ce qui correspondrait, dans les jachères du terroir, à un apport annuel de 0,7 à 1,5 t.ha⁻¹. Le flux réel de carbone provenant des racines, qui tient compte du renouvellement des racines épaisses, de l'exsudation et des nécroses de saison des pluies, est certainement bien supérieur.

Les cinétiques de décomposition des racines de ligneux montrent que la biomasse fraîche, même de faible qualité, est rapidement décomposée et que l'activité de décomposition se poursuit amplement en saison sèche, en raison de la présence des termites. L'expérience indique que deux compartiments, l'un labile, l'autre réfractaire se distinguent dans le matériau racinaire initial. Dans les jachères du terroir, Courbois *et al.* (1998) ont obtenu des courbes de décomposition de litière similaires aux nôtres.

Influence de la jachère sur le statut organique du sol

De nombreux travaux ont montré de façon claire que la mise en culture de sols tropicaux occupés par des formations climaciques s'accompagne d'une chute drastique, parfois de moitié, du taux de carbone du sol (Fauck et Moureaux, 1969 ; Brams, 1971 ; Juo *et al.*, 1995). Cette observation est attribuée à l'arrêt des retours organiques au sol, à la modification des conditions pédo-climatiques et au travail du sol.

La réversibilité d'un tel phénomène par la pratique de la jachère en climat tropical sec et sur sol sableux est cependant loin de faire la même unanimité. Certains travaux font état d'une augmentation significative du taux de carbone du sol suite à plusieurs années de jachère (Greenland et Nye, 1959 ; Aina, 1979 ; Areola *et al.*, 1982 ; Feller, 1995 ; Tiessen *et al.*, 1998), tandis que d'autres n'observent aucune évolution significative (Manlay, 1994 ; Jaiyeoba, 1995 ; Juo *et al.*, 1995 ; Kottosame *et al.*, 1997 ; Bashkin et Binkley, 1998). Les résultats de cette étude ne laissent pas non plus supposer une réelle capacité de la jachère à stocker le carbone dans le sol, capacité d'ailleurs mise en doute par les synthèses de Nye et Greenland (1960), Pieri (1989) et van Wambeke (1991).

Plusieurs facteurs permettent d'expliquer ici la faible réponse des stocks de carbone du sol à la mise en jachère.

Jones et Wild (1975) et Feller (1995) ont montré que le taux d'argile, et dans une moindre mesure la pluviométrie (durée de la saison humide) étaient les deux meilleures variables naturelles prédictives du taux de carbone en milieu tropical. Sur les plateaux de Casamance, les forts taux de sables grossiers (40 à 50%) et la rareté des argiles (moins de 15%) ne permettent pas la protection de la matière organique du sol contre les attaques microbiennes et l'érosion (Feller et Beare, 1997). La durée limitée de croissance végétale (5 à 6 mois par an), l'ampleur des phénomènes de lessivage et d'érosion liés à la violence des pluies, ainsi que les conditions de température élevées peu favorables à l'humification (Moureau, 1967) sont d'autres déterminants abiotiques du faible taux de MOS. Les feux fréquents, qui constituent autant de transferts directs de carbone vers l'atmosphère, sont également incriminables, quoique leur effet sur les sols des jeunes jachères soit controversé (Masse *et al.*, 1997).

Le contrôle biologique de la MOS explique cependant tout autant la faible capacité de stockage du carbone du sol. La décomposition très rapide des racines de ligneux et de litière observée localement témoigne de l'extraordinaire potentiel de décomposition-minéralisation du milieu, expression d'une activité biologique intense.

La synthèse de Jones (1990) rappelle qu'en savane boisée africaine les termites sont généralement les principaux décomposeurs de la matière organique. Les vers de terre améliorent la disponibilité de la MOS aux micro-organismes en remaniant annuellement la presque totalité de la terre des premiers horizons (Lavelle, 1983). L'activité minéralisatrice de la microflore du sol pourrait être quatre fois plus importante en savane tropicale qu'en milieu tempéré (Jenkinson et Ayanaba, 1977). Sous l'effet de cette forte activité biologique, la matière organique des sols tropicaux est d'ailleurs plus dégradée que celle des sols tempérés (Grisi *et al.*, 1998).

Rôle dynamique du carbone dans la restauration de la fertilité par la pratique de la jachère

L'accumulation des éléments minéraux durant la phase de jachère est réalisée principalement dans la biomasse végétale vivante, et en particulier, dans le sol, au niveau des racines. Cette caractéristique fait des savanes des systèmes particulièrement conservateurs d'un point de vue minéral (Abbadie *et al.*, 1992 ; Myers *et al.*, 1994) et leur assure une forte productivité même sur des sols pauvres (Abbadie *et al.*, 1996). La matière organique végétale faisant l'objet d'une forte prédation lors de son retour à la litière, toute amélioration quantitative du stockage de carbone dans le sol passe par des pratiques visant à augmenter le stock racinaire, que Pieri (1989) qualifie de « clé de voûte » de l'agro-écosystème durable. Nous avons montré que la jachère naturelle répond bien à cette exigence.

Néanmoins, le stockage de la MOS, qui renvoie aux seules propriétés structurales du carbone, ne doit pas être l'unique but d'une gestion organique de la qualité du sol. La fertilité du sol n'est pas réductible à son statut minéral et hydrique, et à sa texture. Elle est largement dépendante de l'organisation biologique du sol, organisation pilotant certaines propriétés physiques du sol et la nutrition minérale de la plante (Chotte *et al.*, 1995).

En ceci un sol « durablement fertile » doit être appréhendé comme un écosystème. Le maintien de l'intégrité de ce système, ouvert, non isolé et en non équilibre thermodynamique, exige la consommation

d'un flux constant d'énergie (Muller, 1997), dont le carbone est le principal vecteur. La jachère semble bien être le siège d'un tel flux : elle bénéficie, par rapport à la culture, de restitutions de biomasse aérienne et racinaire au sol plus importantes, et d'une augmentation de l'exsudation racinaire illustrée par l'évolution de la biomasse racinaire fine. Par rapport à l'écosystème cultivé, la jachère modifie également la qualité des flux organiques, en diversifiant la nature et la localisation spatiale et temporelle des matériaux organiques. La diversification des chemins trophiques, ainsi que la modification des conditions pédoclimatiques micro-locales (température, arrêt du travail du sol), induisent l'établissement de nouvelles communautés de décomposeurs, comme en témoignent les travaux de Derouard et Lavelle, (1994) et Cadet (1998). Cette diversification permet une augmentation de la stabilité et de la viabilité de l'écosystème (Perry *et al.*, 1989).

Conclusion

La jachère est souvent considérée comme une phase de repos, de non activité. Dans les sols tropicaux sableux, cette idée paraît a priori confortée par l'inertie de la plupart des variables physico-chimiques du sol. L'examen de l'évolution des compartiments organiques avec l'âge de la jachère montre qu'il s'agit d'une conception erronée de la jachère. La jachère est un processus actif de régénération de la fertilité, reposant essentiellement sur des mécanismes biologiques.

Dans ces conditions, le statut organique utilisé comme indicateur du bon fonctionnement de l'écosystème doit être redéfini. La mesure du taux ou du stock de carbone total du sol est une simple photographie. En milieu tempéré, où les processus biologiques sont limités par la température, cette mesure a pu être utilisée comme indicateur de qualité du sol. En milieu tropical, où les processus biologiques sont sans doute prépondérants dans la pédogenèse, la mesure du taux de carbone total doit être complétée par :

- une caractérisation qualitative permettant de prédire la dynamique de la MOS. Cette caractérisation peut être faite par fractionnement granulométrique (Feller, 1995), mesure de la biomasse microbienne (Palm *et al.*, 1996) ou recherche d'éventuelles dynamiques saisonnières du taux de carbone
- la prise en compte du statut racinaire du sol, qui doit être considéré comme une composante du statut organique du sol. La biomasse racinaire peut représenter jusqu'à 30% du carbone stocké dans le sol de jachère, et elle est un indicateur précieux de stabilité et de viabilité de l'écosystème.
- la quantification des flux traversant le système sol, en mesurant les entrées (production de litière, estimation – plus délicate – de l'exsudation et du taux de renouvellement des racines) et les sorties (estimation indirectes par quantification des besoins des décomposeurs, mesures directes d'émissions de dioxyde de carbone ou CO₂ par cloche).

Une telle approche permettrait d'envisager le statut organique du sol comme un indicateur de fertilité de l'écosystème à court terme (flux de carbone) et de viabilité à moyen terme (stock de MOS).

Les nécessaires propositions d'amélioration, et de substitution à la jachère en Afrique de l'Ouest doivent tenir compte des multiples services qu'elle assure au paysan par ses productions. Mais les innovations devront également favoriser les phénomènes biologiques de reconstitution de la fertilité du sol : maintien des ligneux, gestion des feux, restitutions organiques, entretien des communautés biologiques telluriques. Il ressort également de l'étude que le bénéfice de cette remontée biologique peut être prolongé par quelques mesures simples : défrichement sans désouchage chaque fois que cela est possible, travail minimal du sol, mulching ...

Enfin, dans une optique de changement climatique global et de maîtrise des émissions de gaz à effet de serre tels que le méthane et le CO₂, les résultats présentés ici apportent quelques éléments pour l'utilisation de la jachère comme technique de piégeage du carbone en milieu tropical sec sur sol sableux. Il ne faut guère attendre de la jachère, du moins à court et moyen terme, pour augmenter les stocks de carbone du sol. Certes, une jachère de 10 ans permet de piéger dans la végétation quelque 25 t.ha⁻¹ de carbone supplémentaires par rapport à une culture d'arachide. Mais ce potentiel de fixation reste faible au regard de celui, au moins trois fois plus élevé, des forêts tropicales humides (Kottosame *et al.*, 1997) ; de plus, le contexte démographique n'est guère favorable à ce genre de préoccupation (Tiessen *et al.*, 1998).

Références citées

- ABBADIE L., LEPAGE M. ET MENAUT J.C., 1996 Paradoxes d'une savane africaine. Comment des sols pauvres entretiennent une végétation abondante. *La Recherche* 287, 36-38.
- ABBADIE L., MARIOTTI A. ET MENAUT J.C., 1992 Independence of savanna grasses from soil organic matter for their nitrogen supply. *Ecology* 73 (2), 608-613
- AINA P.O., 1979 Soil changes resulting from long-term management practices in Western Nigeria. *Soil Science Society of America Journal* 43, 173-177
- ANONYME, 1991 *Connaissance générale du milieu physique de la zone d'intervention du projet de foresterie rurale de Kolda. République du Sénégal/Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique, Agence Canadienne de Développement International*
- AREOLA O., AWETO A.O. ET GBADEGESIN A.S., 1982 Organic matter and soil fertility restoration in forest and savanna fallows in southwestern Nigeria. *GeoJournal* 6 (2), 183-192.
- ASADU C.L.A., DIELS J. ET VANLAUWE B., 1997 A comparison of the contributions of clay, silt, and organic matter to the effective CEC of soils of subSaharan Africa. *Soil Science* 162 (11), 785-794.
- BALDENSPERGER J., STAJMESSE J.P. ET TOBIAS C., 1967 Notice explicative de la carte pédologique du Sénégal au 1/200000 - Moyenne Casamance. ORSTOM, Dakar, 134 p.
- BASHKIN M.A. ET BINKLEY D., 1998 Changes in soil carbon following afforestation in Hawaii. *Ecology* 79 (3), 828-833.
- BLANFORD V., 1991 Phytosociologie et production de la végétation des parcours d'une petite région agropastorale de Moyenne-Casamance (Sénégal). Mémoire de DEA, INA-PG - Paris XI - Paris VI, Paris, 127 p
- BOUDET G., 1975 Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Ministère de la Coopération - IEMVT, Paris, 254 p.
- BRAMS E.A., 1971 Continuous cultivation of West African soils : organic matter diminution and effects of applied lime and phosphorus. *Plant and Soil* 35, 401-474.
- CADET P., 1998 Gestion écologique des nématodes phytoparasites tropicaux. *Cahiers Agricultures* 7, 187-194
- CASTELLANOS J., MAASS M. ET KUMMEROW J., 1991 Root biomass of a dry deciduous tropical forest in Mexico. *Plant and Soil* 131, 225-228
- CATINOT R., 1994 Aménager les savanes boisées africaines. *Bois et Forêts des Tropiques* 241, 53-69.
- CESAR J., 1992 La production biologique des savanes de Côte d'Ivoire et son utilisation par l'homme. Thèse de Doctorat, Université de Paris VI, Maison Alfort, 671 p.
- CESAR J. ET COULIBALY Z., 1993 Conséquence de l'accroissement démographique sur la qualité de la jachère dans le Nord de la Côte d'Ivoire dans C. Floret et G. Serpantié (eds.), La jachère en Afrique de l'Ouest. Atelier International, Montpellier, ORSTOM, pp 415-434
- CHARREAU C. ET NICOU R., 1971 L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques. *L'Agronomie Tropicale* 26 (5), 565-531
- CHOPART J.L., 1980 Etude au champ des systèmes racinaires des principales cultures pluviales au Sénégal (arachide, mil, sorgho, riz pluvial). Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 159 p.
- CHOTTE J.L., BLANCHART E. ET LAVELLE P., 1995 Gestion durable des terres en milieu tropical. Régulation biologique des processus de décomposition de la matière organique dans F. Ganry et B. Campbell (eds.), Sustainable land management in African semi-arid and subhumid regions. Proceedings of the SCOPE Workshop, Dakar, Senegal, CIRAD, pp. 89-97
- COURBOIS I., MASSE D., REVERSAT F. ET PONTANIER R., 1998 Dynamique de la décomposition des litières d'espèces ligneuses et herbacées sur les jachères naturelles et améliorées de deux terroirs du Sénégal. Action de la mésofaune dans "Raccourcissement du temps de jachère, biodiversité et développement durable en Afrique centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali). Rapport scientifique 1997". pp. 29-35. ORSTOM, Dakar
- DE RIDDER ET VAN KEULEN H., 1990 Some aspects of the role of organic matter in sustainable intensified arable farming systems in the West-African semi-arid-tropics (SAT). *Fertilizer Research* 26, 299-310
- DELACHARLERIE P.F., 1994 Contribution à l'étude de l'alimentation des bovins sur parcours naturel en Moyenne-Casamance (Sénégal) : composition botanique des régimes, rôle des fourrages ligneux. Première approche de la disponibilité fourragère ligneuse. Mémoire de DESS, ENVA, Maison Alfort, 91 p. p.
- DELANEY M., BROWN S., LUGO A.E., TORRESLEZAMA A. ET QUINTERO N.B., 1997 The distribution of organic carbon in major components of forests located in five life zones of Venezuela. *Journal of Tropical Ecology* 13 (Part 5), 697-708
- DEROUARD L. ET LAVELLE P., 1994 Variation de la macrofaune du sol au cours des différentes étapes de la jachère dans des systèmes agricoles au Sénégal dans "Raccourcissement du temps de jachère, biodiversité et développement durable en Afrique centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali). Rapport scientifique 1994". pp 47-60. ORSTOM, Dakar.
- DIAO O., 1995 Comportement des systèmes racinaires des ligneux durant le cycle culture-jachère en Afrique soudanienne. Etude sur un terroir de la région de Kolda, Haute-Casamance, Sénégal. Mémoire d'Ingénieur, FNCR, Bambey, 34 p.
- DONFACK P., FLORET C. ET PONTANIER R., 1995 Secondary succession in abandoned fields of dry tropical Northern Cameroon. *Journal of Vegetation Science* 6, 499-508.
- ELLERT B.H. ET BETTANY J.R., 1995 Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. *Canadian Journal of Soil Science* 75, 529-538
- FAUCK R. ET MOUREAUX C., 1969 Bilans de l'évolution des sols de Séfa (Casamance, Sénégal) après quinze années de culture continue. *L'Agronomie Tropicale* 24, 263-301.
- FELLER C., 1995 La matière organique dans les sols tropicaux à argile. I.1 Recherche de compartiments fonctionnels. Une approche granulométrique. Thèse d'Etat, Université Louis Pasteur, 393 p
- FELLER C. ET BEARE M.H., 1997 Physical control of soil organic matter dynamics in the Tropics. *Geoderma* 79, 69-116.
- FELLER C., GANRY F. ET CHEVAL M., 1981 Décomposition et humification des résidus végétaux dans un agro-système tropical. I. Influence d'une fertilisation azotée (urée) et d'un amendement organique (compost) sur la répartition du carbone et de l'azote dans différents compartiments d'un sol sableux. *L'Agronomie Tropicale* 36 (1), 9-17
- FLORET C., PONTANIER R. ET SERPANTIE G., 1993 La jachère en Afrique tropicale. UNESCO, Paris, 86 p
- FOURNIER A., 1982 Cycle saisonnier de la biomasse herbacée dans les savanes de Ouango-Fitini. *Annales de l'Université d'Abidjan, Série E* XV, 63-94.
- GREENLAND D.J. ET NYE P.H., 1959 Increases in the carbon and nitrogen content of tropical soils under natural fallows. *Journal of Soil Science* 10 (2), 284-299.
- GRISI B., GRACE C., BROOKES P.C., BENEDETTI A. ET DELLABATE M.T., 1998 Temperature effects on organic matter and microbial biomass dynamics in temperate and tropical soils. *Soil Biology & Biochemistry* 30 (10-11), 1309-1315.
- GROUZIS M., 1988 Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso). ORSTOM, Paris, 336 p

- HERRICK J E ET WANDER M M , 1998 Relationships between soil organic carbon and soil quality in cropped and rangeland soils: The importance of distribution, composition, and soil biological activity dans R Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett et B.A Stewart (eds.) "Soil Processes and the Carbon Cycle", pp. 405-425. CRC Press Inc, Boca Raton
- ICKOWICZ A , 1997 Spatial analysis of land use by cattle herds in a village of the sudanese zone in Senegal Application for grazing system improvement , XVIIIth International Grassland Congress, Winnipeg, Canada
- ICKOWICZ A., USENGUMUREMYI J., BADIANE A , RICHARD D., COLLEYE F. ET DUPRESSOIR D , 1998 Interactions entre la jachère et les systèmes d'alimentation des bovins en zone soudanienne du Sénégal. Quels choix techniques pour quelle dynamique de développement ? dans C. Floret (ed.), Jachère et systèmes agraires. Niamey, Niger, ORSTOM.
- JAIYEOBA I.A. , 1995 Changes in soil properties related to different land uses in part of the Nigerian semi-arid Savannah Soil Use and Management 11, 84-89.
- JENKINSON D S ET AYANABA A., 1977 Decomposition of carbon-14 labelled plant material under tropical conditions. Soil Science Society of America Journal 41, 912-915.
- JONES J.A. , 1990 Termites, soil fertility and carbon cycling in dry tropical Africa a hypothesis Journal of Tropical Ecology 6, 291-305
- JONES M.J. ET WILD A , 1975 Soils of the West African savanna. Technical Communications, Farnham Royal, 246 p.
- JOUVE P , 1993 Usages et fonctions de la jachère dans les systèmes de production d'Afrique tropicale et du Maghreb. Cahiers Agricultures 2 (5), 308-317.
- JUO A.S R , FRANZLUEBBERS K., DABIRI A. ET IKHILE B., 1995 Changes in soil properties during long-term fallow and continuous cultivation after forest clearing in Nigeria. Agriculture Ecosystems and Environment 56, 9-18.
- KAÏRE M , 1996 La production ligneuse des jachères et son utilisation par l'homme en zones soudano-sahélienne du Sénégal dans C. Floret (ed.), La jachère, lieu de production, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, ORSTOM. pp. 1-17.
- KOTTOSAME J., WOOMER P.L., APPOLINAIRE M. ET LOUIS Z., 1997 Carbon dynamics in slash-and-burn agriculture and land use alternatives of the humid forest zone in Cameroon. Agriculture Ecosystems & Environment 65 (3), 245-256.
- LAMOTTE M. ET BOURLIERE F., 1978 Problèmes d'écologie : structure et fonctionnement des écosystèmes terrestres Masson, Paris, 345 p.
- LAVELLE P , 1983 The soil fauna of tropical savannas II The earthworms dans F. Bourlière (ed.) "Tropical savannas", pp. 485-505. Elsevier Sc Pub. Comp., Amsterdam.
- MANLAY R , 1994 Jachère et gestion de la fertilité en Afrique de l'Ouest . suivi de quelques indicateurs agro-écologiques dans deux sites de Sénégal DEA, Université d'Aix-Marseille, 69 p + ann. p.
- MASSE D , DEMBELE F., LE FLOCH E. ET YOSSE H., 1997 Impact de la gestion des feux de brousse sur la qualité des sols des jachères de courtes durées dans les régions soudanaises du Mali dans G. Renard, A Neef, K Becker et M. von Oppen (eds.), Soil Fertility Management in West African Land Use Systems, Niamey, Niger, Margraf Verlag, pp 115-121
- MAZOYER M.A.R.I ET ROUDARD L., 1997 Histoire des agricultures du monde. Du néolithique à la crise contemporaine. Seuil, Paris, 534 p.
- MENAUT J C ET CESAR J., 1979 Structure and primary productivity of Lamto savannas Ecology 60, 1197-1210.
- MOUREAU C , 1967 Influence de la température et de l'humidité sur les activités biologiques de quelques sols ouest-africains. Cahiers ORSTOM, série Pédologie 5 (4), 393-420.
- MULLER F , 1997 State-of-the-art in ecosystem theory. Ecological Modelling 100 (1-3), 135-161.
- MYERS R J.K., PALM C.A., CUEVAS E , GUNATILLEKE I.U.N. ET BROSSARD M., 1994 The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand dans P.L. Woomeer et M.J. Swift (eds.) "The Biological Management of Tropical Soil Fertility", pp. 81-116. Wiley-Sace Publication.
- NYE P.H. ET GREENLAND D.J., 1960 The soil under shifting cultivation. Technical Communications, Farnham Royal, 156 p.
- PALM C.A., SWIFT M.J ET WOOMEER P.L , 1996 Soil biological dynamics in slash-and-burn agriculture. Agriculture Ecosystems & Environment 58 (1), 61-74.
- PELISSIER P., 1966 Les paysans du Sénégal. I es civilisations agraires du Cayor à la Casamance, St Yrieix. 939 p.
- PERRY D A , AMARANTHUS M.P., BORCHERS J.G., BORCHERS S.L. ET BRAINERD R E , 1989 Bootstrapping in ecosystems Bioscience 39 (4), 230-237
- PIERI C., 1989 Fertilté des terres de savanes. Ministère de la Coopération et CIRAD-IRAT, Paris, 444 p
- POTVIN C ET ROFF D.A , 1993 Distribution-free and robust statistical methods : viable alternatives to parametric statistics ? Ecology 74 (6), 1617-1628.
- RUTHENBERG H , 1976 Farming systems in the tropics. Clarendon Press. Oxford.
- SANCHEZ P.A , 1987 Soil productivity and sustainability in agroforestry systems dans H A. Steppler et P K.R. Nair (eds) "Agroforestry : a decade of development", pp 205-223. International Council for Research in Agroforestry, Nairobi
- SINGH K D., 1984 Etudes sur les volumes et la productivité des peuplements forestiers tropicaux. FAO, Rome, 88 p.
- SWIFT M.J. ET ANDERSON J.M , 1994 Biodiversity and ecosystem function in agricultural systems dans E.D. Schulze et H.A Mooney (eds) "Biodiversity and ecosystem function", pp. 15-41. Springer Verlag, Berlin
- TIESSEN H , FELLER C , SAMPAIO E.M.V ET GARIN P., 1998 Carbon sequestration and turnover in semi arid savannas and dry forests. Climatic Change 40, 105-117
- TOMLINSON H., TRAORE A. ET TEKLEHAIMANOT Z , 1998 An investigation of the root distribution of Parkia biglobosa in Burkina Faso, West Africa, using a logarithmic spiral trench. Forest Ecology and Management 107 (1-3), 173-182
- VAN WAMBEKE A., 1991 Soils of the tropics. Properties and appraisal. McGraw-Hill. Inc , New-York, 343 p.

**5 INVENTAIRE ET DIVERSITE DES MICRO-ORGANISMES
VEGETAUX (RHIZOBIUMS, MYCORHIZES) ANIMAUX
(NEMATODES) ET DE LA MESOFAUNE ET MACROFAUNE
INVERTEBREE DU SOL (VERS DE TERRE, TERMITES)**

5.1 JACHERE ET RHIZOBIUMS

Bernard DREYFUS¹, Etike FULELE-LAURENT¹, Philippe de LAJUDIE¹, Ibrahima NDOYE¹, Marc NEYRA¹, Ramatoulaye SAMBA¹, Abdoulaye SY¹, Samba SYLLA¹, Inamoud YATTARA²

¹Laboratoire de Microbiologie ORSTOM/ISRA/UCAD de Bel-Air, ²Laboratoire de Microbiologie ENSup/Fast/ISFRA de Bamako

5.1.1 Diversité des rhizobiums (M. Neyra, R. Samba, E. Fulele-Laurent, P. de Lajudie, I. Yattara, I. Ndoye, S. Sylla, B. Dreyfus)

Du fait de leur capacité à fixer l'azote atmosphérique en symbiose avec les bactéries de la famille des *Rhizobiaceae* (communément appelés rhizobiums), les légumineuses peuvent jouer un rôle important dans le maintien et l'amélioration de la fertilité des sols de jachère. Ce rôle peut être optimisé par l'inoculation des légumineuses avec des souches de rhizobiums sélectionnées pour leur infectivité (capacité à induire la formation de nodosités sur les racines et/ou les tiges des légumineuses associées) et leur efficacité (capacité fixatrice d'azote en symbiose).

Dans le cadre de ce projet, nos travaux avaient pour objectif d'étudier la diversité génotypique et symbiotique des rhizobiums associés aux légumineuses spontanées des zones de jachères, en essayant d'estimer l'impact éventuel de la réduction du temps de jachère sur cette diversité.

Analyse globale de la diversité de l'ensemble des rhizobiums isolés.

Différentes campagnes de prospection dans les trois pays (Sénégal, Mali et Cameroun) ont permis d'observer la présence de 58 espèces de légumineuses, herbacées, arbustives et arborescentes, appartenant à 18 genres différents.

Des nodules ont été récoltés *in situ* sur un nombre important de ces différentes espèces de légumineuses. L'isolement de souches de rhizobiums a été obtenu soit directement par étalement des nodules broyés sur milieu de culture gélosé, soit après obtention de nodules frais sur des plantes cultivées au laboratoire en milieu axénique et inoculées avec des broyages de nodules.

L'analyse globale des isolats obtenus par la comparaison des profils protéiques totaux en SDS-PAGE (de Lajudie *et al.*, 1995 ; Sylla *et al.*, 1997 ; Yattara *et al.*, 1996) a mis en évidence une grande diversité, et l'existence de nombreux groupes génomiques, souvent nouveaux, appartenant aux différents genres actuellement reconnus (*Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium* et *Sinorhizobium*).

Le spectre d'hôte (ensemble des espèces végétales avec lesquelles une souche de rhizobium 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'infectivité des isolats. Du fait du grand nombre d'isolats et de plantes testés, l'efficacité a été estimée par l'observation de la croissance et de la couleur des plantules, comparées à des témoins non inoculés. La majeure partie des isolats est capable de noduler l'ensemble des légumineuses testées (tableau 5.1-1). 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.

Des études plus approfondies ont été menées sur les souches bactériennes associées à différentes espèces végétales présentant un rôle potentiellement important pour les zones de jachère considérées, notamment *Acacia albida*, *A. senegal*, *Alysicarpus ovalifolius*, *A. glumaceus*, *Crotalaria* spp., *Dolichos lablab*, *Pterocarpus erinaceus*, *Tephrosia bracteolata*, *T. purpurea*, *Zornia glochidiata*. Seuls les résultats obtenus pour les rhizobiums isolés de crotalaires, pour lesquels les travaux sont actuellement les plus avancés, sont détaillés ci-dessous à titre d'exemple.

Exemple de diversité : les rhizobiums de *Crotalaria* spp.

Les *Crotalaria* sont des légumineuses de la sous-famille des *Papilionnoaceae*. Le genre *Crotalaria* comporte 550 espèces connues (regroupées en sections et sous-sections) dont 63 en Afrique de l'ouest (Allen et Allen, 1981). 33 espèces sont présentes au Sénégal (Berhaut, 1976), partout en période humide, mais plus spécialement au sud où la diversité des espèces est plus grande ; *Crotalaria retusa* est l'espèce la plus répandue et se rencontre en toute saison de l'année.

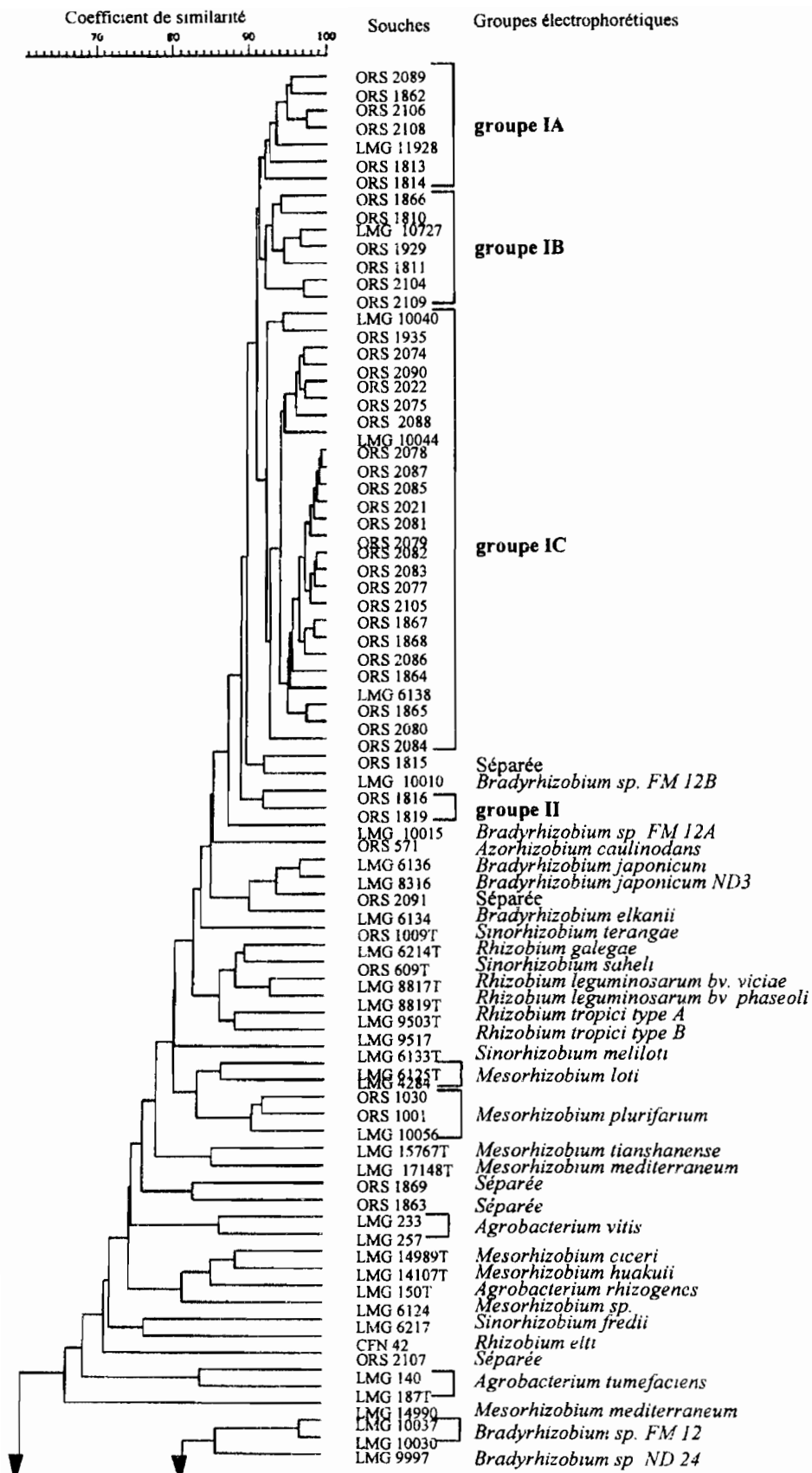
Différentes espèces de *Crotalaria* sont utilisées, essentiellement comme engrais vert, en association avec des plantes de culture ou préalablement enfouies dans le sol, mais également pour la fabrication de cordes, de filets de pêche, de sacs et de papier, pour l'alimentation humaine et animale, comme plantes ornementales ou encore pour leur effet insecticide. Les espèces les plus largement employées sont *C. ochroleuca* (Magingo, 1992) et *C. juncea* (Pandzou et Beunard, 1992 ; Mandimba, 1995 ; Beri *et al.*, 1989 ; Giller et Wilson, 1991) qui sont souvent associées au maïs ou au riz. Cependant, bien que prometteuses, les crotalaires sont apparemment peu utilisées au Sénégal, et nous ont parues particulièrement importantes à étudier du point de vue de leurs rhizobiums associés.

128 souches de rhizobium ont été isolés à partir de nodules récoltés sur 8 espèces de *Crotalaria* : *Crotalaria glaucoides* (25 isolats), *C. perrottetii* (30), *C. podocarpa* (28), *C. comosa* (12), *C. goreensis* (10), *C. hyssopifolia* (4), *C. lathyroides* (3), *C. retusa* (16), dans différentes zones de l'aire de répartition des espèces au Sénégal

Un premier criblage fait sur la base de la vitesse de croissance des souches (apparition de la première colonie) sur milieu Yeast Mannitol Agar (YMA) en boîtes de Pétri a montré que parmi les 128 souches, 83 étaient à croissance relativement rapide (apparition de colonies à 48 heures) et 45 à croissance "lente" (apparition de colonies après plus de 72 heures). L'estimation plus précise en milieu liquide du temps de génération de certaines de ces souches a confirmé l'existence de ces deux groupes.

Ce classement des souches de *Crotalaria* par analyse de leur vitesse de croissance a été renforcée par une approche faisant appel à différents niveaux d'étude (analyse dite "polyphasique") :

Les profils protéiques de 117 souches ont été analysés et comparés à ceux de 45 souches de référence, représentant les différentes espèces de *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium* et *Agrobacterium*, des *Bradyrhizobium* sp. du Brésil décrits par Moreira *et al.* (1993) et des *Bradyrhizobium* sp. isolés au Sénégal par Dupuy *et al.* (1994). Le regroupement des souches (figure 5.1-1) montre leur répartition en 5 groupes électrophorétiques à un coefficient de similarité de 0,9, valeur à laquelle les espèces de référence se différencient. Sept souches occupent des positions isolées. Les groupes I et II sont constitués uniquement de souches à croissance "lente" (*Bradyrhizobium* sp.). Le groupe I est constitué de 40 souches incluant la souche type de *Bradyrhizobium japonicum* (LMG 6138), 3 souches isolées au Brésil et une souche isolée au Sénégal par Dupuy *et al.* (1994). Le groupe II est constitué de 2 souches seulement. Les groupes III (8 souches), IV (3 souches) et V (61 souches) sont constitués uniquement de souches à croissance "rapide" et n'incluent aucune référence connue.



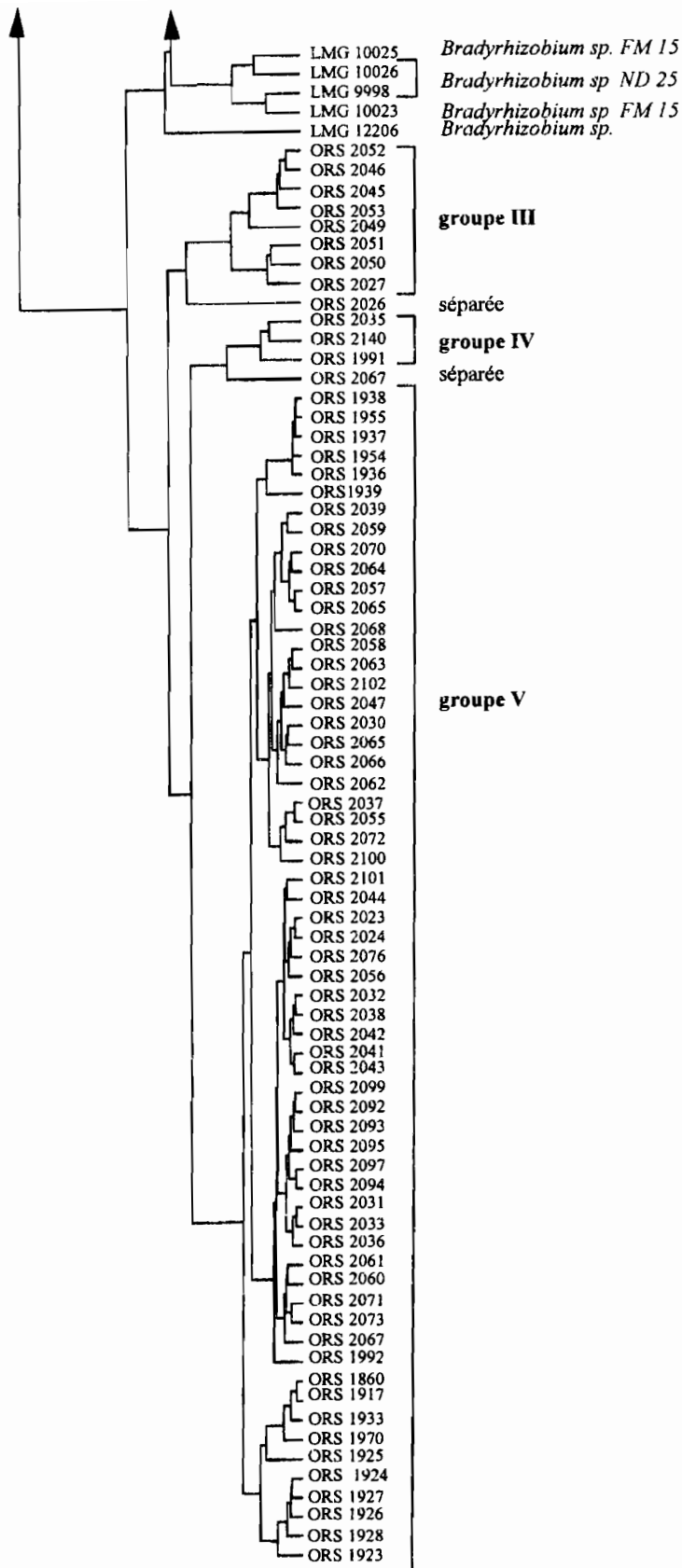


Figure 5.1-1 : Dendrogramme montrant les relations mises en évidence par analyse des profils protéiques totaux entre les souches isolées de nodules de *Crotalaria* et des souches de référence de *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Sinorhizobium* et *Agrobacterium*.

L'étude de la résistance naturelle de 118 souches (80 à croissance rapide et 38 à croissance lente) à quatre antibiotiques (gentamycine, kanamycine, streptomycine et tétracycline) n'a montré qu'une faible différence de comportement entre les groupes de souches.

Par contre l'étude par chromatographie sur couche mince des facteurs de nodulation produits par 4 souches à croissance "lente" et 6 à croissance "rapide", après induction par la génistéine, montrent deux types de profils différents : les souches à croissance "rapide" présentent presque toutes le même profil avec plusieurs spots de faible amplitude, tandis que les souches à croissance "lente" présentent un profil avec un spot majeur, à un coefficient de migration de 0,5 semblable à celui de la souche ORS122 (isolée d'*Acacia albida*), prise comme référence.

L'analyse par PCR/RFLP de l'espace intergénique (IGS) séparant la sous unité 16S de la sous unité 23S de l'opéron ribosomal a été appliquée à 20 isolats sélectionnés, comparés à 37 souches connues de *Rhizobium*, *Mesorhizobium*, *Sinorhizobium* et *Agrobacterium*. Toutes les souches étudiées ont montré un seul produit d'amplification, de taille variable selon que les souches étaient à croissance "lente" (environ 1000 pb) ou à croissance "rapide" (environ 800 pb). Les amplifiats ont été digérés avec 6 enzymes de restriction (*AluI*, *DdeI*, *HhaI*, *HinfI*, *MspI*, *RsaI*). Les profils de restriction ont montré une grande variabilité de l'IGS au sein des rhizobiums de *Crotalaria*. Ces profils ont été analysés selon la méthode de Nei et Li (1979). Une bonne corrélation est apparue entre les groupes obtenus par PCR-RFLP de l'IGS et ceux obtenus par SDS-PAGE. A un coefficient de 0,69, valeur à laquelle les souches de référence sont séparées par PCR-RFLP, les rhizobiums de *Crotalaria* se scindent en quatre groupes ; sept souches sont non-groupées. Trois groupes sont constitués uniquement de souches à croissance lente (l'un de ces groupes inclue *Bradyrhizobium japonicum*). Le quatrième groupe contient sept souches à croissance "rapide" (ORS1955, ORS1991, ORS1936, ORS1917, ORS1970, ORS1860, ORS1937). Ces souches de *Crotalaria* sont très éloignées des références, ne groupant avec elles qu'avec un coefficient de 0,23.

Par ailleurs vingt et une de ces souches ont été testées pour leur aptitude à noduler et à fixer l'azote en symbiose avec dix espèces du genre *Crotalaria* (*C. comosa*, *C. glaucoïdes*, *C. goreensis*, *C. hyssopifolia*, *C. lathyroïdes*, *C. ochroleuca*, *C. perrottetii*, *C. podocarpa*, *C. retusa*). Les résultats obtenus (tableau 5.1-2) montrent que les *Crotalaria* sont réparties en trois groupes de spécificité de nodulation.

- Le groupe I comporte les espèces *C. glaucoïdes*, *C. perrottetii*, *C. podocarpa* qui sont nodulées uniquement par des souches à croissance "rapide".
- Le groupe II comporte *C. goreensis* qui n'est nodulée que par certaines souches à croissance "lente".
- Le groupe III comportant les espèces *C. comosa*, *C. hyssopifolia*, *C. lathyroïdes*, *C. ochroleuca*, *C. retusa* nodulées par toutes les souches à croissance "lente" testées.

Les *Crotalaria spp.* du groupe I ne forment jamais de nodules effectifs (fixateurs d'azote) avec les souches de rhizobium nodulant les groupes II et III et vice-versa.

Les rhizobiums de *Crotalaria* présentent donc une grande diversité génotypique, phénotypique et symbiotique : certains sont proches de *Bradyrhizobium japonicum* ; d'autres par contre sont génétiquement très éloignés des différentes espèces de rhizobiums connues et forment des groupes génomiques nouveaux. Des études complémentaires sont en cours, notamment le séquençage de l'ADNr 16S et des hybridations ADN/ADN, qui sont les techniques de base de la taxonomie bactérienne, afin de préciser l'identité de ces groupes microbiens nouveaux. Aucune corrélation entre la position taxonomique des souches et leur origine géographique n'a cependant été observée. Enfin une forte spécificité de nodulation existe, et sera à prendre en compte pour d'éventuelles inoculations au champ.

Tableau 5.1-2 : Classification des espèces de *Crotalaria* selon le type de rhizobium associé

| Espèce | Type de rhizobium associé |
|---------------------------------|---------------------------|
| <i>Crotalaria barkae</i> | |
| <i>Crotalaria glaucoides</i> | |
| <i>Crotalaria perrottetii</i> | Croissance "rapide" |
| <i>Crotalaria podocarpa</i> | |
| <i>Crotalaria sphaerocarpa</i> | |
| <i>Crotalaria goreensis</i> | Croissance "lente" |
| <i>Crotalaria arenaria</i> | |
| <i>Crotalaria comosa</i> | |
| <i>Crotalaria cylindrocarpa</i> | Croissance "lente" |
| <i>Crotalaria hyssopifolia</i> | |
| <i>Crotalaria lathyroides</i> | |
| <i>Crotalaria ochroleuca</i> | |
| <i>Crotalaria pallida</i> | |
| <i>Crotalaria retusa</i> | |
| <i>Crotalaria senegalensis</i> | |

Conclusion

L'ensemble des travaux menés sur les rhizobiums isolés de nodules des autres légumineuses de jachère étudiées confirme l'existence d'une grande diversité parmi les rhizobiums, telle qu'elle a été observée pour les souches isolées de crotalaires. Cette diversité se manifeste aussi bien au niveau de la spécificité de nodulation qu'au niveau génomique, reflet possible de différences de capacité d'adaptation aux conditions environnementales. Cette diversité est à prendre en compte lors de la sélection de souches pour une éventuelle inoculation de légumineuses. A ce niveau, une ou plusieurs souches très efficaces ont pu être sélectionnées pour les principales espèces de légumineuses, et pourront servir d'inoculum pour des essais d'optimisation de la fixation d'azote.

Par contre il n'a pas été possible de mettre en évidence d'effet du raccourcissement du temps de jachère sur la diversité de ces rhizobiums. Du fait de l'ampleur de cette diversité, ainsi que du grand nombre d'espèces de légumineuses rencontrées, la seule approche qui était disponible lors de la réalisation de ces études (isolement de souches à partir des nodules, puis caractérisation génomique et symbiotique) s'est révélée inappropriée pour analyser un nombre suffisant de souches permettant de tester cette hypothèse. Par contre la caractérisation des différents groupes de rhizobium majoritairement présents permet d'envisager la recherche de zones génomiques spécifiques de chaque groupe, et, dans un proche avenir, l'utilisation de ces zones spécifiques pour le suivi des différentes populations (notamment par hybridation *in situ* avec des sondes moléculaires fluorescentes). Ces techniques moléculaires en cours de développement dans différents laboratoires, notamment le laboratoire de Microbiologie de Bel-Air au Sénégal, devraient permettre de préciser aussi bien le devenir de souches introduites par inoculation que l'impact des techniques de gestion des jachères sur le comportement des différentes populations de rhizobiums naturellement présentes dans les sols.

5.1.2 Fixation d'azote par des légumineuses des jachères (A. Sy, I. Ndoye, I. Yattara, B. Dreyfus)

Au Sénégal, 3 espèces locales de légumineuses (*Tephrosia purpurea*, *Alysicarpus ovalifolius* et *A. glumaceus*), particulièrement appréciées par les éleveurs pour leurs qualités fourragères et leur importante production de biomasse, ont été sélectionnées et utilisées en culture pure pendant 2 ans sur des parcelles en jachère depuis 5 ans (Sare Yorobana, Kolda). 2 traitements ont été appliqués : parcelles inoculées avec des souches présélectionnées pour leur efficacité à fixer l'azote et parcelles non inoculées.

Lors des 2 dernières années de culture, la culture pure de ces 3 légumineuses a permis de mettre en évidence l'effet important de l'inoculation sur la biomasse produite, et l'intensité de la nodulation. Après 3 mois au champ, *Tephrosia purpurea* présentait une biomasse produite inférieure à celle des témoins non inoculés, laissant supposer la présence de souches natives plus efficaces sur cette espèce que la souche inoculée. Par ailleurs, il n'y avait pas eu de différence visible dans la nodulation entre plants témoins et

plants inoculés, révélant ainsi la présence de populations natives de rhizobiums dans les sols. Les premiers résultats concernant l'évaluation de la teneur en azote du sol montrent que celle-ci peut passer du simple au triple après les 2 années successives de culture de *A. glumaceus*.

Dans des parcelles de jachère améliorée, l'inoculation d'*Acacia mangium* et d'*A. auriculiformis* avec une souche performante de *Bradyrhizobium*, et dans certains cas également une souche d'ectomycorhize, a un effet significatif sur la croissance des arbres par rapport aux parcelles dont les arbres n'ont pas été inoculés (Lesueur & Sougoufara, 1997). En revanche, Gueye *et al* (1994) font mention de plants d'*Acacia holosericea* inoculés avec une souche de rhizobium et une souche d'ectomycorhize, qui présentent, 5 mois après leur transplantation, une hauteur moyenne inférieure à celle de plants non inoculés (différence non significative). De même, Yattara (1996) au Mali n'observe pas, après 2-3 mois de transplantation, d'effet significatif de l'inoculation de souches efficaces de rhizobium sur la croissance, la production et le pourcentage de reprises des espèces de légumineuses plantées (*Acacia auriculiformis*, *A. senegal*, *A. albida*, *Stylosanthes hamata*, *Dolichos lablab*).

Il est important de noter que les résultats des deux dernières études mentionnées, obtenus après seulement quelques mois de plantation, ne peuvent, de fait, permettre de juger de l'effet de l'inoculation.

Au Mali, Yattara (1996) a comparé l'effet de l'inoculation à un apport d'engrais sur la croissance et la nutrition azotée du maïs en association avec le dolique. Il s'est avéré que l'inoculation a induit une biomasse légèrement supérieure à celle produite en culture pure et avec un apport d'engrais. L'association simple s'est caractérisée par une faible biomasse. Ainsi la production du maïs peut être améliorée par ce type d'association. La présence d'un système symbiotique favoriserait une activité rhizosphérique capable d'intervenir dans l'utilisation par le maïs des éléments minéraux du sol. L'apport de la symbiose pourrait consister à favoriser une minéralisation plus facile des éléments du sol d'où un enrichissement plus rapide de ce sol en azote fixé.

Références citées

- ALLEN O. N. and ALLEN E. K., 1981. The leguminosae : A source book of characteristics, uses and nodulation. The university of Wisconsin press, Madison. Mulongoy, M. Gueye and DSC Spencer eds, John Wiley & sons, pp. 451-454.
- BERI, V., O. P. MEELU, C. S. KHIND. 1989. Biomass production, N accumulation, symbiotic effectiveness and mineralisation of green manure in relation to yield of wetland rice. *Tropical Agriculture (Trinidad)*. 66 : 11-16
- De LAJUDIE P., SY A., NDOYE I., SYLLA S., NDIAYE A., JEDER H., YATTARA I., NEYRA M., DREYFUS B., LINDSTOM K. & GILLIS M., 1995. Characterization by comparative SDS-PAGE profiles of 300 rhizobia isolated from nodules of 40 tropical Leguminosae species of arid region of Africa. In Proceedings of the 10th International Congress on Nitrogen fixation. May 28 June 3. St. Petersburg-Pushkin, Russia.
- DUPUY, N., A. WILLEMS, B. POT, D. DEWETTINCK, I. VANDENBRUAENE, G. MAESTROJUAN, B. DREYFUS, K. KERSTERS, M. D. COLLINS, M. GILLIS. 1994. Phenotypic and genotypic characterization of bradyrhizobia nodulating the leguminous tree *Acacia albida* *Int. J. Syst. Bacteriol.* 44 : 461-473.
- GILLER, K. E., K. J. WILSON. 1991. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. ed C.A.B. International, Wallingford, UK. 164-196.
- GUEYE M., DUCOUSSO M., & KAÏRE M. 1994. Introduction d'*Acacia holosericea* dans une jachère. In « Raccourcissement du temps de jachère biodiversité et développement durable en Afrique Centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali) ». Rapport Scient. 1994, Comm. Des Communautés Europ. Contrat TSA-CT93 (DG 12), 119p.
- LESUEUR D., & SOUGOUFARA B., 1997. Influence du couvert végétal de la jachère améliorée à *Acacia australiens* sur la biodiversité des rhizobium locaux et introduits en relation avec la fixation symbiotique de l'azote. In : Rapport d'assistance technique 1997. Projet Amélioration et gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest. Fiche n° 99.
- MAGINGO, F. S. S. 1992. *Crotalaria ochroleuca* a promising biofertiliser for the small-scale African farmer. ABN Symposium on Biotechnology for rapid Development in Africa. Nairobi 17-21 February.
- MANDIMBA, G. R. 1995. Contribution of nodulated legumes on the growth of *Zea mays* L. under various cropping systems. *In Symbiosis* 19 : 213-222.
- MOREIRA, F. M. S., M. GILLIS, B. POT, K. KERSTERS, A. A. FRANCO. 1993. Characterization of rhizobia isolated from different divergence groups of tropical *Leguminosae* by comparative polyacrylamide gel electrophoresis of their total proteins. *Syst. Appl. Microbiol.* 16 : 135-146
- PANDZOU J., P. BEUNARD. 1992. Utilisation de *Sesbania rostrata* et *Crotalaria juncea* comme engrais vert sur le maïs. Biological Nitrogen Fixation and Sustainability of Tropical Agriculture. In Proceedings of the fourth International Conference of African Association for Biological Nitrogen Fixation. Ibadan, Nigeria, 24-28 septembre.
- SYLLA S. N., I. NDOYE, A.T. BA, B. DREYFUS. 1997. Spécificité de la symbiose chez *Pterocarpus erinaceus* et *P. lucens*. Bulletin de l'IFAN Ch. A. Diop, Dakar T. 49, sér. A, n°1 pp. 17-36.
- YATTARA I. I., P. DE LAJUDIE, M. NEYRA, C. DETREZ, Y. K. GASSAMA. 1996. Etude et caractérisation par SDS-PAGE et RAPD des *Rhizobium* (s. l.) de *Dolichos lablab* Linn, de *Vigna unguiculata* (L.) Walp et d'*Acacia albida* Del. provenant de trois zones agro-climatiques du Mali. 7ème Conférence de l'Association Africaine pour la Fixation Symbiotique de l'Azote. Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 2-7 septembre.

5.2 JACHERE ET MYCORHIZES

Daouda SIDIBE¹, Harouna YOSSI¹, Ngone FAYE², Robin DUPONNOIS², Amadou M. BÂ³

¹ IER Mali ; ² ORSTOM, Sénégal, ³ ISRA/DRPF, Sénégal

Introduction

L'activité microbienne doit être considérée comme une composante clé parmi celles qui confèrent la fertilité du sol i.e. la capacité d'un sol donné à supporter le développement et la nutrition des plantes (Barea, 1991). Il est largement reconnu que l'une des clés déterminantes de la capacité d'un système racinaire à acquérir les nutriments du sol est celle représentée par l'étendue avec laquelle il est symbiotiquement infecté par des champignons mycorhiziens appropriés. Les associations mycorhiziennes sont les voies normales par lesquelles la plupart des plantes réalisent l'absorption d'eau et d'éléments minéraux dans la nature (Oldeman, 1990 ; Munyanziza, 1994 ; Bâ & *al.*, 1996) (Sidibe & Yossi, 1997).

Gange (1990) a montré que la réduction de l'infection mycorhizienne entraîne une réduction de la diversité floristique dans les écosystèmes, révélant ainsi l'intérêt des mycorhizes arbusculaires (MA) pour le maintien et la promotion de la biodiversité.

Les champignons mycorhiziens arbusculaires étant des agents symbiotiques obligatoires, il n'est pas surprenant que le système culture-jachère influence leur population. Des diminutions de la colonisation des champignons MA et de la densité de leurs propagules ont été interprétées comme le résultat de la mise en jachère (Balck & Tinker, 1979 ; Kucey & Paul, 1983 ; Harinikumar & Bagyaraj, 1988) et corrélées avec la déficience des plantes en P et Zn (Thompson & *al.*, 1986 ; Thompson, 1987).

Quant au rôle des mycorhizes comme modificateurs de la fertilité du sol, l'un des indicateurs les plus précieux est l'estimation quantitative de l'étendue de l'hyphe externe évoluant dans le sol. Grâce à l'hyphe externe, les mycorhizes fonctionnent comme un supplément aux racines en augmentant le volume de sol qui serait normalement disponible pour l'extraction des éléments minéraux par les plantes (Struller, 1989). Les MA sont des agrégateurs efficaces du sol (Miller & Jastrow, 1992). Par conséquent, la gestion des champignons mycorhiziens peut être considérée comme une technique biologique pouvant servir pour l'amélioration de la structure du sol.

Les champignons responsables de la formation des mycorhizes à arbuscules et vésiculent appartiennent tous à la famille des endogonacées. Ces endogonacées parfois très abondantes dans le sol sont caractérisées par la présence de spores pouvant atteindre 50 à 400 microns (Durrieu, 1993). Etant donné que les spores sont d'importantes structures de dispersion et de résistance au stress, leur quantification est nécessaire pour comprendre la diversité et les dynamiques mycorhiziennes (David & *al.*, 1986 ; Sidibe & Yossi, 1997).

Effet de l'âge de la jachère sur le nombre de spores de champignons endomycorhiziens en zone soudanienne du Mali (D. Sidibe, H. Yossi)

Au Mali les sites de prélèvement sont situés dans des terroirs contrastés du point de vue de la pression anthropique et des conditions climatiques. Il s'agit des terroirs suivants :

N'Goukan : situé dans la zone agro-écologique du Moyen-Bani-Oriental (PIRT, 1986) dans le cercle de Koutiala dans la zone soudanienne Sud. Zone de culture cotonnière, la durée de la jachère y est en général assez courte.

Ouolodjedo : situé dans la zone agro-écologique du Moyen-Bani-occidental dans le cercle de Kati, zone de culture cotonnière, la durée de la jachère y est comprise entre 10 et 20 ans.

Lagassagou : situé dans la zone agro-écologique de la plaine du Gondo dans le cercle de Bankass, zone de culture céréalière, la durée de la jachère ne dépasse pas 5 ans.

Des prélèvements d'échantillons de sol ont été réalisés sur la couche 0-15 cm dans les champs et les jachères d'âges échelonnés (Tableau 5.2-1). Les prélèvements ont été faits en tenant compte de trois

situations dans les jachères à savoir: sous les arbres (Sa), sous les touffes (St), et zone sans végétation ligneuse (Tn). Un échantillon composite de 100 g a été constitué: 50 g pour l'extraction de spores et 50 g séchés à l'air libre en vue d'obtenir le poids sec du sol. Dans chaque situation un échantillon composite a été constitué sur la base de 3 prélèvements élémentaires.

Tableau 5.2-1. Plan d'échantillonnage du sol (0-15 ans) des champs et jachères pour l'extraction de spores de champignons mycorhiziens

| Sites | Culture | Age jachère | | | | | |
|------------|---------|-------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | | 3 ans | 5 ans | 10 ans | 17 ans | 20 ans | 35 ans |
| Ouélodjedo | + | | + | | + | | + |
| N'Goukan | + | | | + | | + | |
| Lagassagou | + | + | + | | | | |

Tableau 5.2-2. Nombre de spores par 100 g de sol sec en fonction de la durée de la jachère dans les trois terroirs villageois : Lagassagou, N'Goukan et Ouélodjédo

Tec = Tous échantillons confondus; Sa = Sous arbres; Tn = Terrain sans végétation ligneuse, St = sous touffe

| Type de parcelles | Lagassagou Tec | Ouolodiédo | | | N'Goukan | | |
|-------------------|-------------------|------------|----|----|----------|-----|-----|
| | | Sa | St | Tn | Sa | St | Tn |
| Culture | 78 | 20 | - | 14 | 10 | 0 | 42 |
| Jachère 3 ans | 102 | | | | | | |
| Jachère 5 ans | 110 | | | | | | |
| Jachère 6 ans | | | | | 120 | 394 | 256 |
| Jachère 10 ans | | 88 | - | 71 | | | |
| Jachère 17 ans | | | | | 372 | 190 | 240 |
| Jachère 20 ans | | 156 | - | 96 | | | |
| Jachère 35 ans | | | | | 258 | 672 | 388 |

Le nombre de spores s'exprime en fonction du poids de 100 g de sol sec.

Les spores ont été extraites en utilisant la technique de centrifugation au saccharose (Allen *et al.*, 1979 ; Sidibé, 1993) et comptées à la loupe binoculaire sur boîte de Petri.

Nous n'avons pas encore eu la possibilité d'effectuer des tests statistiques sur nos résultats. Il s'agit donc ici d'une première interprétation qui doit être confirmée par la suite.

A Lagassagou, le nombre de spores augmente en fonction de l'âge de la jachère. Plus la jachère vieillit, plus le nombre de spores augmente.

A Ouélodjedo, le nombre de spores augmente en fonction de l'âge de la jachère. Dans ce site la tendance est que le nombre de spores est plus élevé sous les arbres que sur les zones sans végétation ligneuse.

A N'Goukan, le nombre total de spores augmente aussi en fonction du vieillissement de la jachère. En revanche le nombre de spores en zone sans végétation ligneuse est plus élevé dans les champs que sous les arbres. Cela peut être dû à la présence des pieds de coton (*Gossypium barbadense*) au moment de l'échantillonnage. Le coton est une plante fortement mycorhizée (Dhillion, comm. pers.).

Une comparaison entre les trois sites montre que le nombre total de spores est plus élevé à N'Goukan, suivi de Ouélodjedo et Lagassagou. Par contre, le nombre moyen de spores est plus élevé à N'Goukan, suivi de Lagassagou et de Ouélodjédo (Tableau 5.2-3). L'importance des mycorhizes dans les écosystèmes naturels varie en fonction de leurs propriétés pédologiques, des pratiques culturales, des saisons et de l'activité des autres micro-organismes associés (Black et Tinker, 1979 ; Diem *et al.*, 1981 ; Requena *et al.*, 1996 ; Diop, 1996).

En revanche le nombre de spores est plus élevé dans les champs à Lagassagou puis à Ouélodjedo. Le plus petit nombre de spores dans les champs se trouve à N'Goukan. La raison est sans doute l'incompatibilité entre une bonne mycorrhization et une fertilisation élevée en phosphore et en azote.

Il semble que ce sont les doses de phosphore qui sont plus déterminantes dans l'établissement des mycorrhizes (Krishna et. Bagyaraj, 1982). De même les pesticides et certains agents fumigants employés en agriculture pour éliminer les micro-organismes indésirables, agissent sur la mycorrhization (Sieverding, 1991; Diop, 1996). Les résultats de notre étude confirment ce que disent ces auteurs, car c'est à Laguassagou que l'on trouve le plus grand nombre de spores dans les champs. L'utilisation d'engrais ou de pesticides y est quasi inexistante. Par contre à N'Goukan, le nombre de spores est très faible dans les champs et c'est dans ce terroir que l'agriculture est intensive avec une utilisation d'engrais, d'herbicides, d'insecticides, souvent très élevée.

Tableau 5.2-3. Comparaison du nombre moyen de spores pour 100g de sol dans les champs et jachères dans les trois terroirs villageois : Lagassagou, N'Goukan et Ouolodjédo

| Sites | Moyenne | Standard deviation | Nombre d'échantillons | Somme |
|------------|---------|--------------------|-----------------------|-------|
| Lagassagou | 97 | 17 | 9 | 290 |
| Ouolodjedo | 74 | 53 | 18 | 445 |
| N'Goukan | 245 | 195 | 36 | 2942 |

On note une influence positive de l'arbre et des touffes sur le nombre total de spores mycorrhiziennes. On note aussi que le nombre de spores est plus faible dans la zone ayant une forte pression anthropique. Dans les champs, le nombre de spores est plus bas dans la zone où l'agriculture est totalement mécanisée et l'utilisation d'engrais, d'herbicides et d'insecticides fortes.

Références citées

- BA. A. M., GUISSOU, T., DALPE, Y. 1996. Les glomales d'Acacia holosecea et d'Acacia mangium. Bois et Forêts des Tropiques 250 : 5-18.
- BAREA, J. M. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility Advances in Soil Science, Volume 15. Springer-Verlag ; NewYork Inc
- BLACK, R., TINKER, P. B. 1979. The development of endomycorrhizal root systems : Effect of agronomic factors and soil conditions on the development of vesicular arbuscular infection in barley and on the endophyte spore density. New Phytol. 83 : 401-413.
- DAVID, C. I., ALLEN, M. F. 1986. The effect of soil texture on extraction of vesicular arbuscular mycorrhizal fungal spores from the soil. Mycologia, 78(2) : 164-168.
- DIEM, H. G., GUEYE, I., GIANINAZZI-PEARSON, V., FORTIN, J.A. AND DOMMARGUES, Y.R. 1981 Ecology of mycorrhizae in the tropics: the semi-arid zone of Senegal. Acta oecologica Oecologia Plantarum. 2:53-52.
- DIOP, T. A. 1996. Les mycorrhizes à vésicules et arbuscules. Journal Faculté de Science (Dakar) BI (2).
- DURRIEU, G (1993) Ecologie des champignons. Collection d'Ecologie 23, Masson, Paris
- HARINIKUMAR, K.M , BAGYARAJ, D.J 1988. Effect of crop rotation on native vesicular arbuscular mycorrhizal propagules in the soil. Plant Soil 110:77-80
- KUCEY, R. M. N AND PAUL, E.A. 1983 Vesicular-arbuscular mycorrhizal spore populations in various Saskatchewan soils and the effect of inoculation with Glomus mosseae on faba bean growth in greenhouse and field trials Can. Journal of. Soil Science 63 : 87-95
- KRISHNA K. R. AND BAGYARAJ D. J. 1982. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza and soluble phosphate on *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench *Plant and Soil*. 64 : 209-13
- MILLER, R.M., JASTROW, J. D. 1992. The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. In 'Mycorrhizae in Sustainable Agriculture' Bethlenfalvay, G J. and Linderman, R.G. (ed.). American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- MUNYANZIZA, E. 1994. Miombo trees and mycorrhizae: Ecological strategies, a basis for afforestation. Ph. D thesis ; CIP-Data, Koninklijke Bibliotheek, La Haye, Pays-Bas.
- OLDEMAN, R. A. A. 1990. Forest : Elements of Sylvology. Springer-Verlag, Heidelberg. 624 pp.
- PIRT, 1986 Zonage agro-écologique du Mali Tome 1 Institut National de la Recherche zootechnique, Forestière et Hydrobiologique, Sotuba, Mali.
- REQUENA, N , JEFRIES, P., BAREA, J. M. 1996. Assessment of natural mycorrhizal potential in a desertified semi arid ecosystem. Applied and Environmental Microbiology. 62. 842-847
- SIEVERDING, E. 1991 Vesicular-arbuscular Mycorrhiza management in tropical ecosystems Technical cooperation, Eschborn : Germany
- STRULLU, D.G. 1989. Les mycorrhizes des arbres et plantes cultivées. Technique et Documentation- Lavoisier, Paris.
- THOMPSON, J. P., CLEWET, T. J., FISKE, M. L. AND LISTER, P.E. 1986 Mycorrhiza research. Role of vesicular-arbuscular mycorrhiza (VAM) in fallow disorder. p 35-46. Queensland Wheat Res. Inst Biennial Rep for 1982-1984. Queensland Dep. of Primary Industries, Toowoomba, Australia
- THOMPSON, J.P. 1987 Decline of vesicular-arbuscular mycorrhizae in long fallow disorder of field crops and its expression in phosphorus deficiency of sunflower. Australian Journal of Agricultural Research 38 . 847-867

Influence du temps de jachère sur le développement des populations de champignons endomycorhiziens au Sénégal (N. Faye, R. Duponnois & A. M. Bâ).

Au Sénégal, l'étude des potentiels infectieux mycorrhizogènes de différents sols de jachère est étudié à Thyssé Kaymor

Le dénombrement des spores a été réalisé au niveau de 3 transects tracés dans des parcelles de jachère d'âges différents et anthropisées (Tableau 5.2.-4). L'extraction des spores a été effectuée sur 16 échantillons de sol par transect en utilisant la technique de Gerdemann & Nicholson (1963), technique combinant la décantation partielle et le tamisage humide du surnageant.

Tableau 5.2-4: Transects où ont été réalisés les extraction de spores.

| Intitulé transect | Age jachère | Nbre d'échantillons |
|-------------------|-------------|---------------------|
| P1T1 | 3 | 16 |
| P3T5 | 9 | 16 |
| P4T8 | 19 | 16 |

Tous les échantillons de sol ont révélés la présence de 4 grands types de spores :

- Type blanc : les spores sont de couleur blanc crème à jaune pâle. Elles sont de forme sphérique avec un diamètre inférieur à 400 µm. Ce type de spores peut être attribué à *Scutellospora verrucosa*
- Type noir : Les spores sont de couleur noire, sphérique avec un diamètre inférieur à 0,5 mm. Une cellule sporogène est présente à la base de la spore. Ce type de spores peut être attribué à *Scutellospora* sp. (aff. *gregaria*).
- Type brun petit. Les spores sont de couleur marron à marron foncé, sphériques avec un diamètre d'environ 100 µm. Ce type de spores a été attribué au genre *Glomus*.
- Autres types. Ce groupe contient toutes les spores qui n'ont pu être déterminées.

Les observations indiquent que le genre *Glomus* est le plus représenté dans les sols des 3 parcelles étudiées 93% en moyenne de la population totale de spores (Tableau 5.2.-5). Le nombre de spores ne varie pas significativement entre les différents transects. Cette importante représentation du genre *Glomus* corrobore les résultats obtenus au Cameroun (Musoko et al., 1994), au Sénégal (Diop et al., 1994), au Nigeria (Redhead, 1977) et au Burkina Faso (Bâ et al., 1996).

Tableau 5.2-5: Nombre de spores de champignons endomycorhiziens dans les différentes parcelles par unité de sol (100 g)

*: les valeurs d'une même colonne suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes d'après l'analyse de variance à un facteur contrôlé (P<0,05).

| Age jachère | Type blanc | Type noir | <i>Glomus</i> spp. | Autres types | Spores tot. |
|-------------|------------|-----------|--------------------|--------------|-------------|
| 3 ans | 12,3 a* | 21,7 a | 366 a | 7 a | 407 a |
| 9 ans | 9,8 a | 15,7 b | 337 a | 1,5 b | 364 a |
| 19 ans | 1,6 b | 5,6 c | 312 a | 1 b | 320 a |

Les 2 autres types déterminés sont représentés par le genre *Scutellospora* qui représente environ 6% de la population totale. Contrairement au genre *Glomus*, le nombre de spores est corrélé négativement avec l'âge de la jachère (Tableau 5.2.-6). Le même phénomène est observé avec toutes les autres spores non déterminées.

Tableau 5.2-6 : Régressions entre l'âge de la jachère et le nombre de spores par unité de sol. **: significatif au seuil de 1%. (-): régression négative.

| Type Blanc | Type noir | Glomus spp. | Autres types | Spores tot. |
|------------|-----------|-------------|--------------|-------------|
| - ** | - ** | 0 | - ** | 0 |

Conclusion

Les résultats obtenus au Sénégal ne vérifient pas ceux obtenus par Sidibé & Yossi (1997) au Mali où une influence positive de l'âge de la jachère sur le nombre total de spores mycorhiziennes par unité de sol a été observée.

Toutefois ces résultats ne donnent pas d'informations sur l'efficience de ces différents groupes au niveau de leur impact sur la croissance de la plante culture qui suit la jachère (Ex : mil). Cet aspect est actuellement en cours d'étude en mesurant les potentiels mycorhiziens de parcelles de jachère d'âges différents.

Au Mali également Dhillion (1997) a montré que l'âge de la jachère est positivement corrélé avec le nombre d'activités fonctionnelles microbiennes. Il n'a pas été noté de différences significatives au niveau des indices de diversité fonctionnelle (richesse, équitabilité, diversité) entre champs cultivés et jachères de un an alors que le sol des jachères de 3 ans est significativement différent de celui de la plus jeune et de la plus vieille jachères, avec des valeurs intermédiaires. Il a relevé que certains groupes de constituants expliquent bien les types de changements observés dans le sol, comme les acides aminés qui séparent bien les sites dans une ACP. En outre, plusieurs éléments nutritifs inorganiques du sol, la matière organique, la biomasse microbienne en carbone, la longueur des hyphes, le nombre de spores mycorhiziennes, l'activité enzymatique, et la densité des espèces pérennes (ligneuses et herbacées), ont des relations (liaisons) positives avec l'augmentation de l'âge de la jachère. L'auteur attribue ces relations à des différences de disponibilité des ressources le long de la chronoséquence de la jachère. Les données recueillies laissent à penser que plusieurs propriétés du sol, biotiques en particulier, sont rehaussées avec l'âge de la jachère via plusieurs mécanismes possibles déclenchés par l'installation d'espèces pérennes et les interactions des intrants, probablement via les racines, avec le biota et les éléments nutritifs du sol.

Références citées

- BA, A.M., DALPE, Y & GUISSOU, T. 1996. Les Glomales d'Acacia holosericea et d'Acacia mangium. Bois et Forêts des Tropiques, 250: 5-17
- DIOP, T., GUEYE, M., DREYFUS, B., PLENCHETTE, C. & STRULLU, D.G. 1994. Indigenous arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Acacia albida* Del. in different areas of Senegal. Appl. Env. Microbiol., 60: 3433-3436.
- DHILLION S.S. 1997. Fallow age influences plant functional groups, microbial functional abilities and soil properties. in H Insam and A. Ranggiers (eds). Microbial communities versus functional diversity in terrestrial community. Springer Verlag
- GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. Br. Mycol. Soc., 46: 235-244
- MUSOKO, M., LAST, F.T. & MASON, P.A. 1994. Populations of spores of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in undisturbed soils of secondary semideciduous moist tropical forest in Cameroon. For. Ecol. Manag., 63: 359-377.
- REDHEAD, J.F. 1977. Endotrophic mycorrhizas in Nigeria. species of the endogonaceae and their distribution. Trans. Br. Mycol. Soc., 69: 275-280.
- SIDIBE, D.K. & YOSSE, H. 1997. Effet de l'âge de la jachère sur le nombre de spores de champignons endomycorhiziens en zone soudanaise du Mali 7 p..

5.3 JACHERE ET MICRO-ORGANISMES DES CYCLES N ET C

Jean-Luc CHOTTE¹, Joël FARDOUX¹, Alexia SCHWARTZMAN², Christine CHASTRUSSE¹, Robin DUPONNOIS¹, Marc NEYRA¹, Lucille JOCTEUR MONROZIER²

1. ORSTOM, Sénégal, 2. Laboratoire d'Ecologie Microbienne du Sol, Université Claude Bernard Lyon I, France.

Introduction

Les micro-organismes du sol jouent un rôle essentiel dans les processus de décomposition de la matière organique et la minéralisation de l'azote, principal élément nutritif pour les végétaux. L'impact des facteurs du milieu sur l'activité des microorganismes a été très largement documenté. Des études ont porté sur les effets de la température et du pH sur la croissance bactérienne (Dommergues et Mangenot, 1970), l'influence du potentiel de l'eau sur la physiologie des microorganismes (Griffin, 1981) ou les processus de décomposition de la matière organique (Sommers *et al.*, 1981), l'influence de la porosité sur la minéralisation de l'azote (Linn and Doran, 1984), les effets des colloïdes minéraux sur la décomposition des composés organiques (Martin and Haider, 1986) ou l'écologie des microorganismes (Stotzky, 1986).

Les études ont été conduites dans différents systèmes à jachère des communautés villageoises de Sonkorong (département de Nioro du Rip) et de Saré Yorobana (département de Kolda). Il s'agit de préciser l'impact de l'âge et des modes de gestion des jachères sur l'abondance des microorganismes et la diversité des principaux groupes microbiens impliqués dans les processus de transformation de la matière organique.

La biomasse microbienne totale (J. Fardoux et J. L. Chotte)

Il s'agit, dans ce travail de comparer les niveaux de biomasse microbienne sous jachère et sous cultures et d'évaluer l'impact de ces pratiques paysannes sur leurs variations saisonnières.

Matériel et méthodes

L'étude de la biomasse microbienne totale a été réalisée dans des jachères âgées de 18 ans (Saré Yorobana) et de 19 ans (Sonkorong), anthropisées ou mises en défens (Sonkorong). Pour chaque site, une parcelle témoin sous cultures est étudiée (Tableau 5.3-1). Le sol est de type ferrugineux tropical lessivé.

Tableau 5.3-1 : Situations retenues pour l'étude de la biomasse microbienne totale

| Site | Parcelle | Transect | Nom | Traitement | Culture abandonnée en | Age de la Jachère en 1996 | en défens depuis |
|---------------|------------|----------|---------|------------|-----------------------|---------------------------|------------------|
| Sonkorong | P4 | T7A | J19A.So | Anthropisé | 1977 | 19 ans | |
| Sonkorong | P4 | T9D | J19D.So | en défens | 1977 | 19 ans | 1988 |
| Sonkorong | Près de P4 | T14 | C.So | Culture | | | |
| Saré Yorobana | P5 | T5 | J18.Sy | | 1978 | 18 ans | |
| Saré Yorobana | | T7 | C.Sy | Culture | | | |

Le plan d'échantillonnage est strictement identique à celui adopté dans l'étude des peuplements de nématodes phytoparasites. Pour les situations en jachère (J19A.So, J19D.So et J18.Sy), 16 prélèvements espacés de 1,50m sont réalisés dans l'horizon 0-10 cm le long d'un transect identique à chaque date d'échantillonnage. Pour les situations cultivées, 10 prélèvements sont effectués au hasard dans la parcelle. Les prélèvements de sol ont été réalisés toutes les 3 semaines entre mars et novembre 1996, c'est à dire en fin de saison sèche, au cours de l'hivernage et en début de saison sèche.

La biomasse microbienne a été mesurée par la méthode de fumigation-extraction (Amato et Ladd, 1988) sur des échantillons de sol frais. Les résultats sont exprimés en $\mu\text{g C g}^{-1}$ sol. Pour comparer les situations entre elles et ainsi estimer les effets du mode de gestion des terres sur la biomasse microbienne, l'humidité des sols est exprimée en pourcentage de la capacité de rétention mesurée (pF 2,2) en condition de laboratoire. Les résultats de biomasse C ($\mu\text{gC g}^{-1}$ sol) sont ensuite présentées en fonction de ces valeurs regroupées selon les classes suivantes :

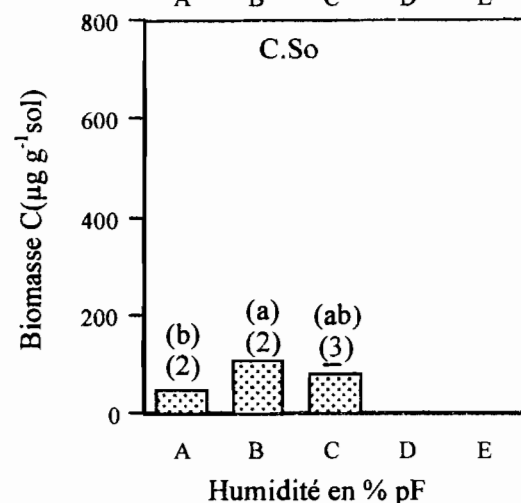
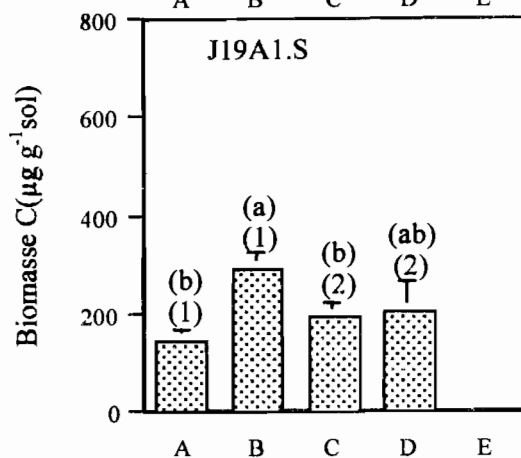
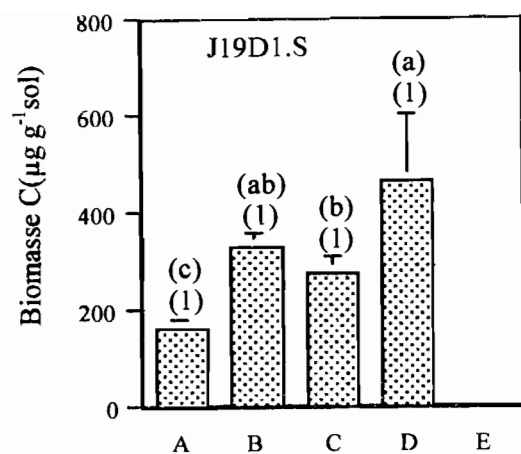
- Humidité pondérale en % de la capacité de rétention < 50%,
- 50% < < 100%,
- 100% < < 150%
- 150% < < 200%,
- > 200%.

Résultats

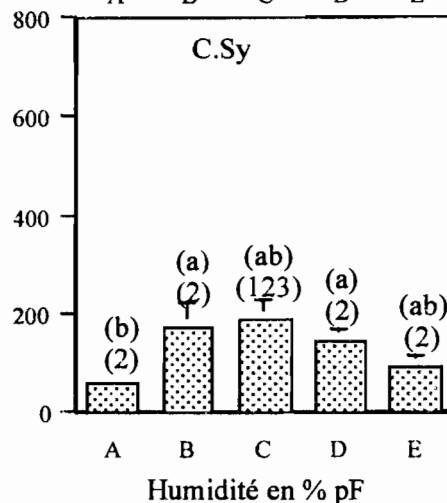
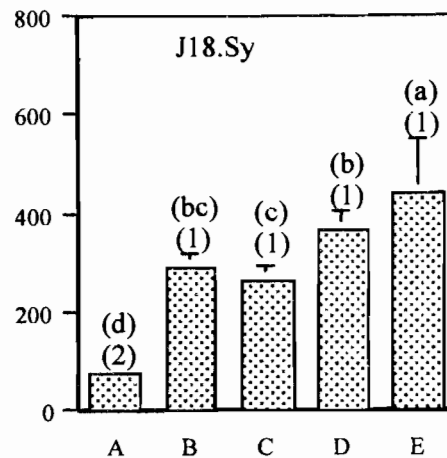
A l'exception de la situation C.Sy, les valeurs les plus élevées de biomasse C ont été mesurées pour des valeurs d'humidité du sol comprises entre 50% et 100% de la capacité de rétention (Figure 5.3.-1). A ce potentiel, la biomasse C des situations en jachère est plus élevée que celle des situations sous culture. Pour la situation J18.Sy, la valeur la plus élevée de biomasse C est obtenue pour des humidités du sol supérieures à 200%. Comme pour cette situation, la biomasse C augmente avec l'humidité du sol dans la situation J18D.So, alors que pour les sols sous cultures (C.Sy et C.So) et la jachère de 19 ans anthropisée (J19A.So) le phénomène inverse est observé. Dans ces situations, la saturation en eau de la porosité totale, en créant des conditions anaérobies, provoque la disparition des microorganismes. A l'opposé sous jachère, la biomasse microbienne tend à augmenter avec l'humidité. Ces conditions anaérobies ne sont donc pas atteintes dans ces sols probablement en raison d'une macroporosité importante créée par les macroorganismes et les racines. L'augmentation de l'humidité des sols de ces situations (J18.Sy et J19D.So) se traduit par la colonisation de nouveaux sites devenus accessibles aux microorganismes. Les résidus végétaux, abondants dans ces situations sous jachère et localisés dans la macroporosité, pourraient représenter ces nouveaux sites.

Conclusion

Les résultats de la campagne de mesure de la biomasse microbienne, réalisée dans diverses situations de jachère au Sénégal, indiquent que la biomasse C des situations sous jachère est supérieure à celle des situations sous culture et que la réponse des micro-organismes aux variations saisonnières d'humidité des sols semble être influencée par les caractéristiques physiques des sols et l'abondance des résidus végétaux. En effet, pour les sols sous cultures, l'augmentation de l'humidité du sol se traduit par une diminution de la biomasse microbienne. La saturation en eau de la porosité totale, en créant des conditions anaérobies, provoque la disparition des micro-organismes. En revanche, sous jachère, la biomasse microbienne tend à augmenter avec l'humidité. Ces conditions anaérobies ne sont donc pas atteintes dans ces sols, probablement en raison d'une macroporosité importante créée par les micro-organismes et les racines. L'augmentation de l'humidité des sols des situations se traduit par la colonisation de nouveaux sites devenus accessibles aux micro-organismes. Les résidus végétaux, abondants dans ces situations sous jachères et localisés dans la macroporosité, pourraient représenter ces nouveaux sites.



T erreur
 pour chaque situation, une
 différente indique une
 significative entre les classes
 Fisher, p <
 pour chaque classe, un chiffre
 indique une différence singificative
 les situations (PLSD Fisher, p <



- A : < 50%
- B : 50% Š < 100%,
- C : 100% Š < 150%,
- D : 150% Š < 200%,
- E : □ 200%.

Figure 5.3-1 : Biomasse microbienne (µgCg-1sol) dans les différentes situations selon le taux de saturation en H2O exprimé en pourcentage de l'humidité à, pF2,2

Les bactéries diazotrophes (A. Schwartzman, L. Jocteur Monrozier et J. L. Chotte)

L'objectif de ce volet est de mesurer dans deux jachères, respectivement âgée de 3 et 19 ans, l'activité potentielle de fixation non symbiotique de l'azote et de comparer, pour ces deux situations la distribution des bactéries diazotrophes dans les différents habitats microbiens des sols.

Matériel et méthodes

Les situations étudiées sont les jachères de 3 et 19 ans en défens de Sonkorong (J19D.So et J3D.So).

Un échantillon de sol (horizon 0-10 cm) non perturbé a été prélevé en mars 96 et conservé en l'état à l'obscurité en chambre froide. Le sol est fractionné selon la méthode décrite par Chotte *et al.* (1994). Cette méthode permet d'isoler 5 fractions : les résidus végétaux libres, les fractions > 2000 µm, 50-2000 µm, 2-50 µm constituées de particules minérales et organiques (figurées ou humifiées) agrégées et enfin la fraction des argiles dispersées 0-2 µm.

Les bactéries fixatrices libres d'azote du genre *Azospirillum* sont isolées sur milieu solide Nfb RC. La mesure de l'activité potentielle de fixation de l'azote est réalisée selon la méthode de l'ARA (Activité Réductrice d'Acétylène). Ces caractérisations sont effectuées sur les fractions conservées à l'état frais. Les souches bactériennes constituant la collection d'*Azospirillum spp* sont hybridées avec des sondes radiomarquées pour l'étude de leur diversité. Les sondes utilisées ont été décrites par Kabir *et al* (1994). Les sondes utilisées ont pour cible l'ARN ribosomal 16S. Ce sont des oligonucléotides, au nombre de trois : Al, Ai et Aba, respectivement spécifiques d'*A. lipoferum*, *A. irakense* et *A. brasilense/A. amazonense*. Le protocole d'hybridation des colonies est celui décrit par Sambrook *et al* (1989). Les témoins positifs et négatifs proviennent de la collection du laboratoire d'Ecologie microbienne du sol (Lyon, France).

Résultats

Distribution pondérale des fractions

La fraction pondéralement la plus abondante est la fraction 50-2000 µm (Figure 5.3-2). Dans la jachère récente protégée (J3D.So) cette fraction représente environ 70% du poids du sol total. Cette proportion est significativement plus faible dans la jachère ancienne (J19D.So = 46%). Pour ces deux situations, la fraction 50-2000 µm obtenue lors de l'analyse mécanique représente respectivement 64% (Jr.D) et 55% (Ja.D) du poids du sol total. Les argiles dispersées (0-2 µm) sont les plus abondantes dans la situation J3D.So (11% du poids du sol total) que dans la situation J19D.So (2% du poids du sol total). Cette quantité est respectivement équivalente et significativement inférieure aux argiles granulométriques obtenues lors de l'analyse mécanique dans chaque situation. Contrairement aux autres fractions, les fractions 2-50 µm et > 2000 µm sont les plus abondantes dans la jachère ancienne protégée. Elles représentent, en pourcentage du poids du sol total, respectivement 23% dans J19D.So et 12% dans J3D.So ; 29% dans J19D.So et 7% dans J3D.So. Il est important de remarquer qu'il n'existe pas de graviers > 2000 µm dans les sols. La fraction > 2000 µm est donc constituée d'agrégats.

Distribution des bactéries libres fixatrices d'azote

Le nombre totale de bactéries libres fixatrices d'azote dans les deux situations J3D.So et J19D.So n'est significativement pas différent. Il est respectivement égale à $9,14 \cdot 10^6$ et $40,8 \cdot 10^6$, soit 30% et 60% de la totalité des bactéries cultivables sur milieu TSA. La comparaison entre ces situations de la distribution des microorganismes libres fixateurs dans les différentes fractions n'est pas significative (Figure 5.3-3). Les bactéries associées aux résidus végétaux libres représentent moins de 1% de l'ensemble de bactéries fixatrices. Celles dispersées avec les argiles correspondent à plus de 50% (respectivement 60% et 70%).

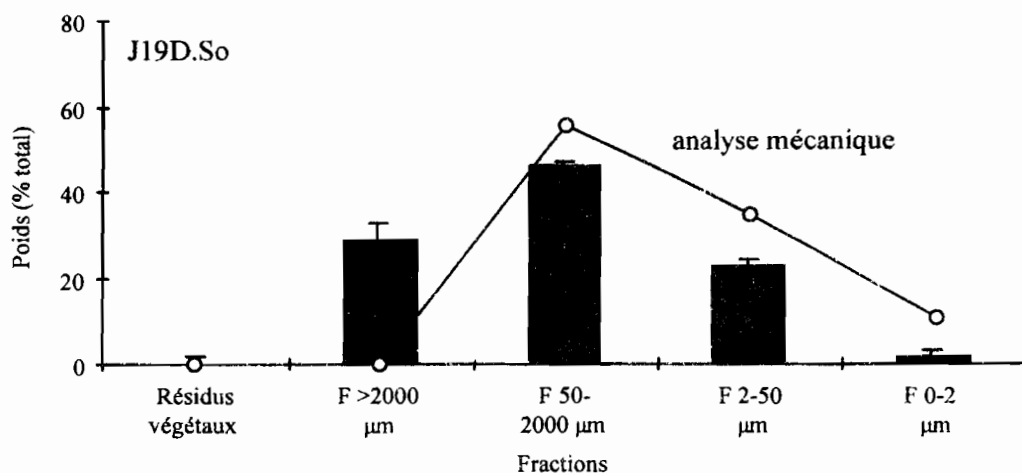
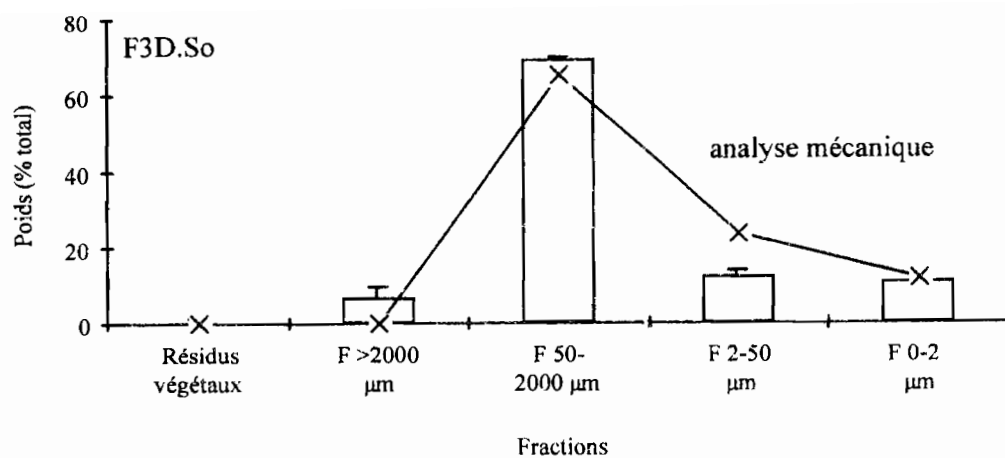


Figure 5.3-2 : Distribution pondérale des fractions

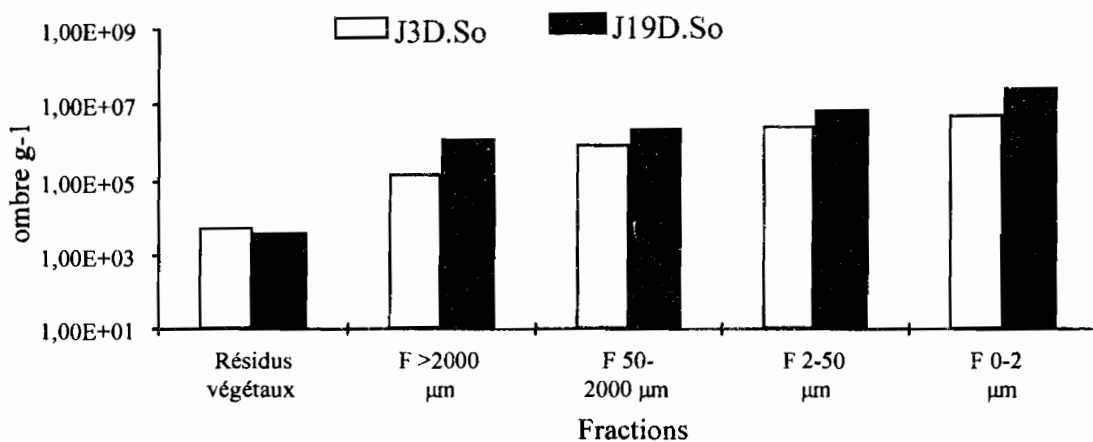


Figure 5.3-3 : Distribution des bactéries libres fixatrices d'azote dans les différentes fractions granulométriques.

Fixation potentielle libre d'azote : contribution des bactéries des différentes fractions

La fixation potentielle libre d'azote s'élève respectivement à 0,8 kg N ha⁻¹ et 6 kg N ha⁻¹ dans la jachère de 3 ans et celle de 19 ans (Figure 5.3-4). La mesure des activités potentielles dans chaque fraction révèle que l'augmentation de l'activité de fixation libre entre la jachère de 3 ans et celle de 19 ans est principalement due aux bactéries localisées dans les fractions > 2000 µm et 50-2000 µm. En effet 45% et 40% du gain de fixation est respectivement enregistré dans les fractions > 2000 µm et 50-2000 µm.

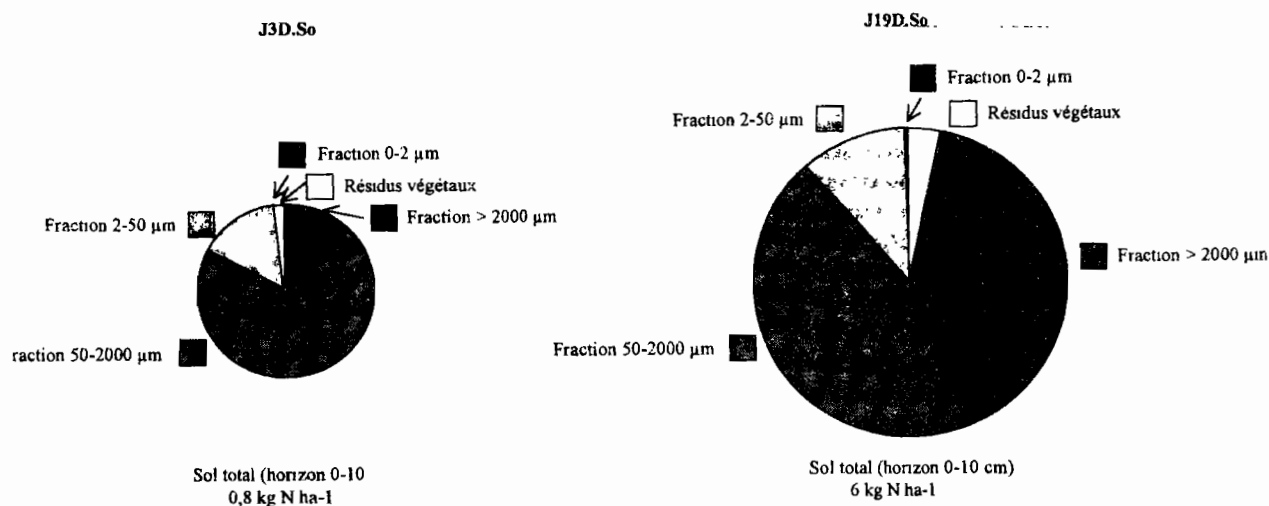


Figure 5.3-4 : Activité potentielle de fixation de l'azote (% de l'activité du sol total) des différentes fractions granulométriques

Distribution des bactéries du genre *Azospirillum*

Le nombre total de bactéries du genre *Azospirillum*, calculé à partir de la somme des fractions, est respectivement égale à $1,14 \cdot 10^5$ et $1,42 \cdot 10^5$ pour J3D.So et S19D.So. Elles représentent respectivement 1% et 0,3% des bactéries fixatrices totales. Ces bactéries sont légèrement plus abondantes dans le sol de la jachère la plus âgée. Cependant cette différence n'est pas significative. De la même façon, la distribution de ces bactéries dans les différentes fractions du sol J3D.So n'est significativement pas différente de celle enregistrée pour J19D.So (Figure 5.3.-5). Les résidus végétaux sont la fraction la plus faiblement colonisée. Ils abritent moins de 20 bactéries par g de sol, soit moins de 1% des bactéries totales. La fraction la plus riche est la fraction des argiles dispersées qui concentrent plus de 80% du nombre total de bactéries. Les bactéries associées aux autres fractions représentent de 1% à 10% de la population totale.

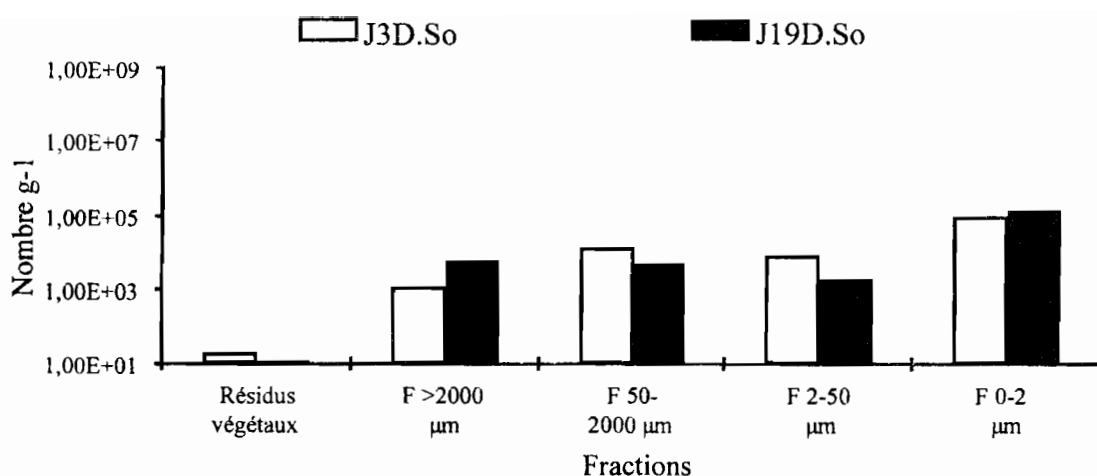


Figure 5.3-5 : Distribution des bactéries du genre *Azospirillum* dans les différentes fractions granulométriques

Diversité des *Azospirillum* sp

L'identification porte sur 16 des 20 isolats. Les isolats issus du sol sous jachère ancienne (J19D.So) et de ses fractions répondent majoritairement à la sonde Aba, ceci dans toutes les fractions sauf dans la fraction 0-2 µm. La dominance d'*A. brasilense/amazonense* est très claire. Il faut noter la très faible proportion d'*A. irakense*. Dans le sol sous jachère plus récente (J3D.So), les isolats répondent aux trois sondes dans la plupart des fractions, indiquant une plus grande diversité des souches.

La jachère ancienne provoque, en modifiant l'environnement, la sélection d'un type d'espèce génomique et la disparition d'un autre. Kabir *et al* (1994) ont obtenu des résultats semblables en comparant deux sols sous cultures de riz, où la diversité spécifique d'*Azospirillum* est réduite, à un sol nu où la diversité est élevée. Les auteurs ont attribué cette sélection à l'influence de la plante.

Conclusion

L'effet de l'âge de la jachère sur l'organisation du sol est illustré par l'apparition de macro-agrégats > 2000 µm qui sont pondéralement près de deux fois plus abondants que dans la jachère de 3 ans. L'importance de l'organisation du sol sur les activités des microorganismes telluriques est confirmée dans ce travail. En effet, les résultats obtenus indiquent que le gain de fixation libre d'azote enregistré dans la jachère la plus ancienne est en grande partie dû aux bactéries associées à ces macro-agrégats. Elles trouvent dans ces habitats microbiens les conditions physico-chimiques favorables à leur activité. L'étude de la diversité génotypique d'une partie de ces bactéries (*Azospirillum*) montre une diminution de la diversité dans la jachère la plus ancienne.

Les bactéries cellulolytiques (C. Chastrusse, J.L. Chotte, J. Fardoux, R. Duponnois, M. Neyra)

Introduction

Les organismes cibles de ce travail sont les cellulolytiques. Il s'agit de préciser leur localisation et leur diversité dans un sol en jachère (J19D.So).

Matériel et méthodes

Le mode d'échantillonnage, de conservation et de fractionnement du sol sont identiques à ceux adoptés pour l'étude des bactéries diazotrophes.

La carbone et l'azote organique du sol total et des fractions ont été mesurées selon la méthode Walkey and Black et la méthode Kjeldhal. Les dosages sont effectués en colorimétrie en flux continu (Technicon II).

Les bactéries cellulolytiques sont isolées sur un milieu de base Nfb modifié (d'après Day and Döbereiner 1976) comportant un antifongique, la cycloheximide. La seule source de carbone apporté à ce milieu est de la cellulose raffinée à 5 % selon la méthode de Thomas-Bauzon *et al.* (1990 et 1995). Au bout de 10 jours, les Unités bactériennes Formant des Colonies (CFU) sont dénombrées à la loupe binoculaire, en faisant la distinction entre les colonies filamenteuses et non filamenteuses. L'activité cellulolytique des souches est révélée par coloration au rouge Congo (2,5%). La diversité des bactéries cellulolytiques a été réalisée sur les souches isolées du milieu sélectif Nfb à cellulose raffinée. Elle a été effectuée par la méthode RFLP sur l'ADN codant pour l'ARN16S, après amplification par PCR. Cette caractérisation a porté uniquement sur les bactéries filamenteuses.

Résultats

Distribution du carbone et de l'azote organiques dans les différentes fractions (Figure 5.3-6)

La teneur en C et N organique du sol non fractionné est respectivement égale à 9,34 mgC g⁻¹ sol et 0,64 mgN g⁻¹ (C/N = 14). La distribution pondérale des fractions est équivalente à celle obtenue lors de l'étude des bactéries diazotrophes.

Les composés organiques qui contribue le plus au stock de C du sol sont ceux associés à la fraction 50-2000 µm. En effet, cette fraction concentre près de 40% du C du sol non fractionné. La valeur du C/N des composés organiques associés à cette fraction est égale à celle des résidus végétaux (23). Le C des micro-agrégats 2-50 µm et des macro-agrégats > 2000 µm représente respectivement 22% et 15% du C du sol total. Les résidus végétaux contribuent pour 15% au C du sol. Les composés organiques dispersés avec les argiles représentent 8% du C du sol total.

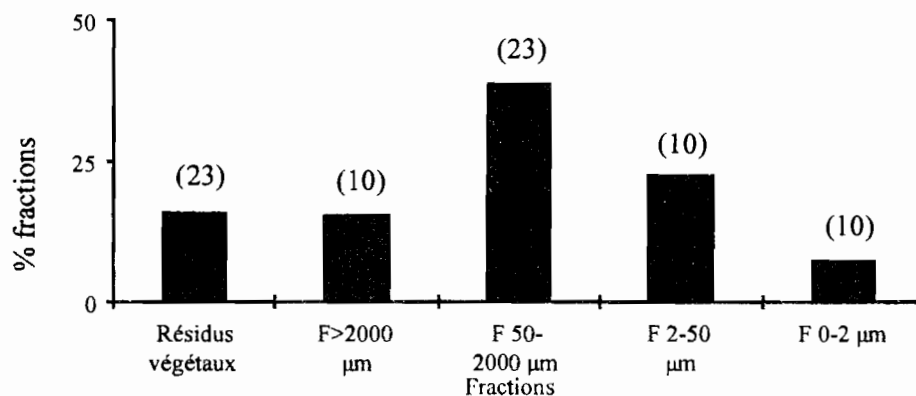


Figure 5.3-6 : Distribution du carbone (% de la somme des fractions) dans les différentes fractions granulométriques. (entre aprranthèses les valeurs C/N)

Distribution des bactéries cellulolytiques

Les bactéries cellulolytiques non filamenteuses (Nfil) sont plus abondantes que les filamenteuses (Fil). Dans le sols non fractionné, leur nombre est respectivement égale à 7,94 10⁶CFU g⁻¹ sol et 0,93 10⁶ CFU g⁻¹ sol. Le nombre de colonies de bactéries non filamenteuses des différentes fractions varie entre 0,18 10⁶ CFU g⁻¹ sol (F 0-2 µm) et 4,67 10⁶ CFU g⁻¹ sol (F 2-50 µm) (Figure 5.3.-7). Les microorganismes de cette fraction représentent près de 60% des cellulolytiques non filamenteux totaux. La distribution des bactéries cellulolytiques filamenteuses est plus homogène. Leur nombre varie entre 7 10⁵ CFU g⁻¹ sol (Résidus végétaux) et 25 10⁵ CFU g⁻¹ sol (F 2-50 µm). Près de 60% des bactéries filamenteuses se distribuent également dans les fractions 50-2000 µm et 2-50 µm.

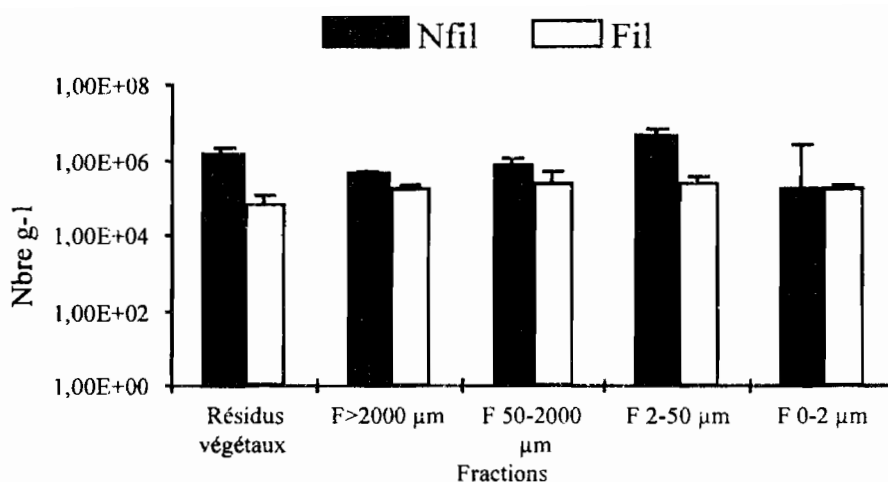


Figure 5.3-7 : Distribution des bactéries cellulolytiques non filamenteuses (Nfil) et filamenteuses (Fil) dans les différentes fractions du osl de la jachère de 19 ans (J19D.So).

Diversité des bactéries cellulolytiques

L'analyse de la diversité a porté sur des souches isolées de chaque fractions de sol. La rareté des colonies de bactéries associées aux résidus végétaux a rendu impossible cette étude sur cette fraction. Par ailleurs, seules les bactéries filamenteuses ont été retenues; dans la mesure où nous n'avons visualisé quasiment aucune plage de lyse chez les bactéries Nfil. La digestion par les enzymes Hae III et Msp I a révélé respectivement 13 et 6 profils génotypiques différents sur les 44 souches analysées. Ces profils sont souvent proches, les différences ne portant que sur un nombre restreint de fragments. Certains de ces profils sont dominants. Avec Hae III, 3 des 13 profils regroupent plus de 50% des souches. Avec Msp I, l'homogénéité est encore plus forte. Dans ce cas, près de 90% des souches présentent le même profil.

Dans ce sol de jachère âgée de 19 ans, la classe d'agrégat la plus favorable aux micro-organismes cellulolytiques semble être la classe 2-50 µm. En effet, ces micro-agrégats sont riches en carbone et azote organiques et en bactéries cellulolytiques.

Les études de diversité génotypiques sont à élargir et à approfondir. Cependant, les premiers résultats montrent une faible diversité génotypique chez les bactéries cellulolytiques filamenteuses.

Conclusions

L'examen de l'ensemble de ces résultats permet de tirer les conclusions suivantes quant aux effets des jachères sur les micro-organismes des cycles C et N. Ces effets sont :

- des effets directs : par apport de substrat carboné dans le système sol-végétation qui stimule le développement des microorganismes. Parmi ces substrats, les plus importants sont les résidus végétaux et les composés solubles impliqués dans les processus d'agrégation,
- des effets indirects : en modifiant les conditions physico-chimiques des sols et tout particulièrement l'organisation des particules minérales et organiques. Dans les jachères anciennes la présence de macro-agrégats > 2000 µm sont pour les micro-organismes du sol de nouveaux sites dans lesquels ils trouvent les conditions favorables à leur activité.

La poursuite de ce travail sera de préciser la nature de ces effets sur les activités et la diversité des micro-organismes et de suivre l'évolution des relations sol-micro-organismes lors de la mise en culture de ces situations. L'objectif est de définir le (s) mode(s) de gestion des jachères qui favorisent les activités microbiennes de transformation des ressources organiques et de libération de l'azote dans des rotations jachère-culture où la durée des jachères est en constante diminution.

Références citées

- AMATO, M., LADD J. N., 1988 Essay for microbial biomass based on ninhydrin - reactive nitrogen in extracts of fumigation soils. *Soil Biol. and Biochem.* 20 : 107-114
- CHOTTE J. L., VILLEMEN G., GUILLORE P., JOCTEUR MONROZIER L. 1994. Morphological aspects of microorganism habitats in a vertisol In *Soil Micromorphology: Studies in Management and Genesis*, A J. Ringrose-Voase and G S Humphreys (Eds)., Proc. IX Int. Working Meeting on Soil Micromorphology, Townsville, Australia, July 1992 Developments in Soil Science 22, Elsevier, Amsterdam, pp-395-403.
- DAY J. M., DÖBEREINER J. 1976. Physiological aspects of N₂-fixation by a *Spirillum* from *Digitaria* roots. *Soil. Biol. Biochem.* 8: 45-50
- DOMMERMES Y., F. MANGENOT., 1970 *Écologie microbienne du sol* Masson et Cie (ed.), Paris. 796 p.
- GRIFFIN D.M., 1981. Water potential as a selective factors in the microbial ecology of soils. In. J.F. Parr, Gardner W.R. and Elliott L.F. (eds). *Water Potential Relations in Soil Microbiology*, SSSA Special Publication N° 9, Madison: pp 141-151.
- KABIR MD. M., CHOTTE J.L., RAHMAN M., BALLY R., JOCTEUR MONROZIER L. 1994. Distribution of soil fractions and location of soil bacteria in a vertisol under cultivation and perennial grass. *Plant and Soil* 163: 243-255.
- LINN D.M., DORAN J.W., 1984 Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and nontilled soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 1267-1272.
- MARTIN J. P., HAIDER K., 1986. Influence of mineral colloids on turnover rates of soil organic carbon In: P.M. Huang and M. Schnitzer (eds), *Interactions of Soil Minerals and Natural Organics and Microbes*, SSSA Special Publication N° 17: pp. 283-304.
- SAMBROOK J., FRITSH E.F., MANIATIS T.E. 1989 *Molecular cloning-a laboratory manual* Cold Spring Harbor Laboratory. Cold Spring Harbor, New York. USA.
- SOMMER L. E., GILMOUR C.M., WILDUNG R.E., BECKS S.M., 1981. The effects of water potential on decomposition processes in soil. In: *Water Potential Relations in Soil Microbiology*, J.F. Parr, Gardner W.R. and Elliott L.F. (eds), SSSA Special Publication N° 9, Madison. pp. 97-117.
- STOTZKY G., 1986 Influence of soil mineral colloids on metabolic processes. growth, adhesion, and ecology of microbes and viruses In. P.M. Huang and M. Schnitzer (eds). *Interactions of Soil Minerals and Natural Organics and Microbes*, SSSA Special Publication N° 17: pp 305-428
- THOMAS-BAUZON D., E. KIFFER, G. JANIN, TOUTAIN F., 1995. Méthodologie de recherche de bactéries cellulolytiques diazotrophes appliquée aux meules de *Sphaeroterms sphaerothorax* C. R. Acad. Sci. Paris. Sciences de la vie, *Écologie* 318:699-707
- THOMAS-BAUZON D., E. KIFFER, G. PIZELLE, PETITDEMANGE E. 1990 Fixation d'azote et cellulolyse : activités nitrogénase et/ou cellulose d'organismes fixateurs d'azote et/ou cellulolytiques. Nancy : Presses universitaires

5.4 JACHERES ET NEMATODES

Patrice CADET, Emmanuelle PATE
ORSTOM, BP 1386 – Dakar Sénégal

Introduction

La lutte contre les ravageurs des cultures est un moyen d'augmenter la production agricole ; on estime entre 20 à 40% les pertes agricoles causées par l'ensemble des déprédateurs, dont le quart est imputable aux nématodes (Pate, 1997).

Le peuplement nématologique est, par sa diversité spécifique et trophique, son abondance et sa répartition ubiquiste, un matériel biologique adéquat pour la description de l'état du milieu. Les conditions édaphiques, la flore et les relations entre nématodes apparaissent comme les principaux facteurs déterminant l'abondance et la répartition spécifiques de la nématofaune. L'âge des jachères, la pression anthropique et les variations saisonnières ont une influence directe sur la végétation et donc, à priori, un effet indirect sur les peuplements de nématodes phytoparasites (Pate & al., 1995).

Les études ont été réalisées dans les systèmes de culture à jachères au Sénégal, précisément dans les terroirs des villages de Sonkorong (600-700 mm de pluie moyenne annuelle) et Saré Yorobana (1000 mm de pluie moyenne annuelle). L'évolution du peuplement nématologique au cours de la jachère est étudiée à la fois de manière synchronique (sur des jachères d'âges différents) et diachronique (plusieurs fois dans le temps sur même parcelle) (Pate, 1997).

Structure primaire et évolution du peuplement nématologique au cours de l'année

La composition spécifique (tableaux 5.4-1 et 5.4-2) des communautés nématologiques montre de fortes similitudes entre les deux sites étudiés; les espèces communes sont non seulement nombreuses mais elles appartiennent aussi aux espèces souvent les plus répandues.

A âge égal de jachère, les peuplements de nématodes se composent d'un nombre voisin d'espèces que ce soit à Sonkorong ou à Saré Yorobana. Néanmoins la richesse spécifique calculée à l'échelle du transect est plus élevée à Saré Yorobana (Pate, 1997).

Le peuplement annuel moyen de nématodes est estimé à 22 260 individus/dm³ de sol. Il est composé de :

- 75% de nématodes saprophages
- 10% de nématodes phytoparasites mineurs
- 15% de nématodes phytoparasites majeurs (Pate & al., 1995).

Les fluctuations saisonnières des peuplements de nématodes existent, mais elles sont principalement quantitatives, puisque globalement l'ensemble des nématodes du sol répond à la pluviométrie et à la disponibilité des ressources (Figure 5.4-1).

Au début de l'hivernage (juillet), l'arrivée des pluies, et donc le retour à des conditions normales de développement pour les plantes et les nématodes, provoque paradoxalement une diminution du nombre de nématodes phytoparasites. Ce résultat peut s'expliquer dans la mesure où, après leur réhydratation, les nématodes doivent utiliser les réserves énergétiques qui leur restent après la période anhydrobiotique pour atteindre les racines des plantes à partir desquelles ils vont reconstituer ces réserves. Or, au début de la saison humide, les racines sont peu nombreuses car les graines et les plantes commencent simultanément à germer. Un certain nombre de nématodes ont pu épuiser leurs réserves avant d'avoir atteint une racine. Les espèces et genres présents en toute saison et dans toutes les situations (*S. cavenessi*, *H. dihystra*, *T. gladiolatus*, *Filenchus* et *Ditylenchus*) sont ceux qui sont vraisemblablement capables de se mettre sous forme anhydrobiotique à l'état adulte lorsque les pluies cessent. Dans ce cas, le retour à l'état actif par réhydratation à l'occasion de la première pluie, 8 mois plus tard, leur permet de pondre immédiatement. Ces espèces représentent au moins 60% du peuplement de nématodes phytoparasites. Les espèces qui survivent, par exemple, sous forme d'œuf, produisent des juvéniles, qui doivent d'abord atteindre l'âge

adulte avant de se multiplier et constituer des populations suffisamment abondantes pour être détectées dans les prélèvements. Ce pourrait être le cas de *Longidorus* et d'*Ecphiadophora* (Pate & al., 1995).

Tableau 5.4-1 : Abondance moyenne, calculée pour 250 cm³ de sol, des groupes trophiques et des taxa nématologiques dans les jachères naturelles et la forêt de Sonkorong, et abondance relative à l'effectif total (A. relative) et à celui du groupe trophique correspondant (A.R. groupe) (Pate, 1997).

| Groupes trophiques et taxa | Abondance | | A. relative (%) | | A.R. groupe (%) | |
|-------------------------------------|-----------|--------|-----------------|------|-----------------|--------|
| Nématodes libres | 5297 | 5297 | 76,5 | 76,5 | | |
| Phytoparasites mineurs | 670 | 419 | 9,7 | 6,0 | 100 | 62,6 |
| <i>Filenchus</i> | | 204 | | 2,9 | | 30,4 |
| <i>Ditylenchus</i> | 952 | 47 | | 0,8 | 100 | 7,0 |
| <i>Aphelenchus</i> | | 218 | 13,8 | 3,1 | | 22,9 |
| Phytoparasites majeurs | | 209 | | 3,0 | | 21,9 |
| <i>Scutellonema cavenessi</i> | | 179 | | 2,6 | | 18,8 |
| <i>Helicotylenchus dihystrera</i> | | 108 | | 1,6 | | 11,4 |
| <i>Tylenchorhynchus gladiolatus</i> | | 107 | | 1,6 | | 11,3 |
| <i>Pratylenchus pseudopratensis</i> | | 74 | | 1,1 | | 7,8 |
| <i>Tylenchorhynchus mashoodi</i> | | 40 | | 0,6 | | 4,2 |
| <i>Gracilus parvula</i> | | 6 | | 0,08 | | 0,6 |
| <i>Trichotylenchus falciformis</i> | 6918 | 4 | | 0,06 | | 0,5 |
| <i>Tylenchorhynchus avaricus</i> | | 3 | 100 | 0,04 | | 0,3 |
| <i>Xiphinema spp.</i> | | 2 | | 0,03 | | 0,2 |
| <i>Tylenchorhynchus ventralis</i> | | 1 | | 0,01 | | 0,1 |
| <i>Apahasmatylenchus variabilis</i> | | 0,12 | | - | | 0,01 |
| <i>Criconemella curvata</i> | | 0,07 | | - | | 0,007 |
| <i>Rotylenchulus spp.</i> | | 0,003 | | - | | 0,003 |
| <i>Longidorus spp.</i> | | 0,003 | | - | | 0,003 |
| <i>Triversus annulatus</i> | | 0,0003 | | - | | 0,0003 |
| <i>Hemicycliophora belemnis</i> | | 6918 | | 100 | | |
| <i>Tylenchorhynchus sulcatus</i> | | | | | | |
| Total | | | | | | |

Quels que soient l'âge et/ou l'état de la parcelle, l'accroissement progressif de la taille moyenne du peuplement de nématodes phytoparasites mineurs au cours de l'hivernage (juillet-octobre) est à mettre en rapport avec l'abondance des racines qui résulte du développement de la végétation pendant cette période.

La diminution du nombre moyen de nématodes après l'hivernage (novembre) correspond à l'arrêt progressif de l'activité physiologique des plantes qui ont accompli leur cycle végétatif. Les racines ne sont plus propices à la multiplication des parasites. La raréfaction des pluies conduit également les nématodes à entreprendre leur processus d'acquisition des diverses formes de résistance. De ce fait, leur nombre moyen diminue dans le sol. Il est possible que certains individus ne parviennent pas à acquérir cet état en temps opportun et meurent (Pate & al., 1995).

La structure spécifique des peuplements de nématodes phytoparasites varie selon l'âge et l'état des parcelles (Figure 5.4-2). Pour un âge de jachère donné, les espèces qui sont le plus fréquentes sont, très souvent, les plus abondantes (Cadet & Ndiaye, 1994).

Si la diminution globale des effectifs de nématodes phytoparasites n'est pas observée au cours de la succession, la jachère apparaît néanmoins comme un moyen de lutte : le peuplement pathogène qui sévit dans les cultures est modifié au cours du vieillissement de la jachère et la pression parasitaire diminue. Après plus de 10 années de jachère à Sonkorong et 6-7 ans à Saré Yorobana, les espèces *Scutellonema cavenessi* et *Tylenchorhynchus gladiolatus*, abondantes dans les champs cultivés et classiquement reconnues comme pathogènes dans la région, sont progressivement remplacées par *Criconemella curvata*, *Tylenchorhynchus mashoodi*, *Longidorus sp.*, *Aphasmatylenchus variabilis* et *Pratylenchus pseudopratensis* dont le pouvoir pathogène n'est pas établi dans la région. Ensuite, le genre *Helicotylenchus* et les espèces *Gracilacus parvula* et *Xiphinema spp.* succèdent aux précédentes, mais sont incapables de se maintenir en populations abondantes dans les conditions d'un champ cultivé. Ces deux dernières espèces, le groupe des *Filenchus* ainsi que *Helicotylenchus dihystrera* et *H. africanus* à Saré Yorobana sont abondants dans les peuplements des jachères anciennes (12-20 ans) et de la forêt.

La réapparition de *S. cavenessi* et *T. gladiolatus* dans les stades terminaux de jachère traduit probablement l'existence, en fin de succession, d'un fractionnement spatial des écosystèmes, évoqué plus haut, et la coexistence de communautés à préférences écologiques variables : une jachère trop longue n'est pas efficace pour le contrôle principaux nématodes inféodés aux cultures de la région. (Pate, 1997).

Quant à la mise en défens de jachère de longue durée, elle conduit à accroître la taille du peuplement nématologique par rapport à une jachère anthropisée du même âge (Cadet & Ndiaye, 1994) et à accentuer le changement de la structure spécifique du peuplement : disparition de *T. mashoodi*, diminution des proportions de *Protylenchus* et *T. gladiolatus*, ce qui constitue une situation très favorable (Figure 5.4-3).

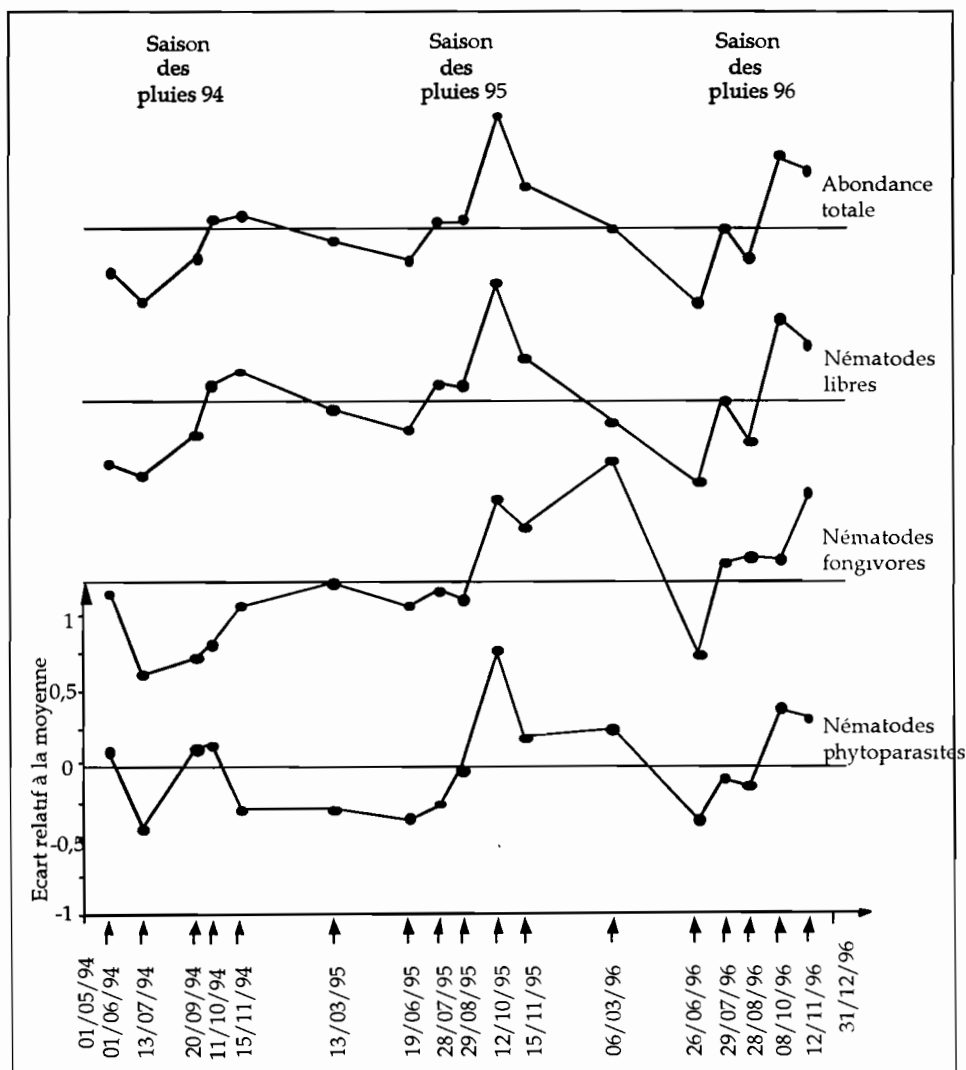


Figure 5.4-1 : Fluctuations saisonnières des différents groupes trophiques de nématodes

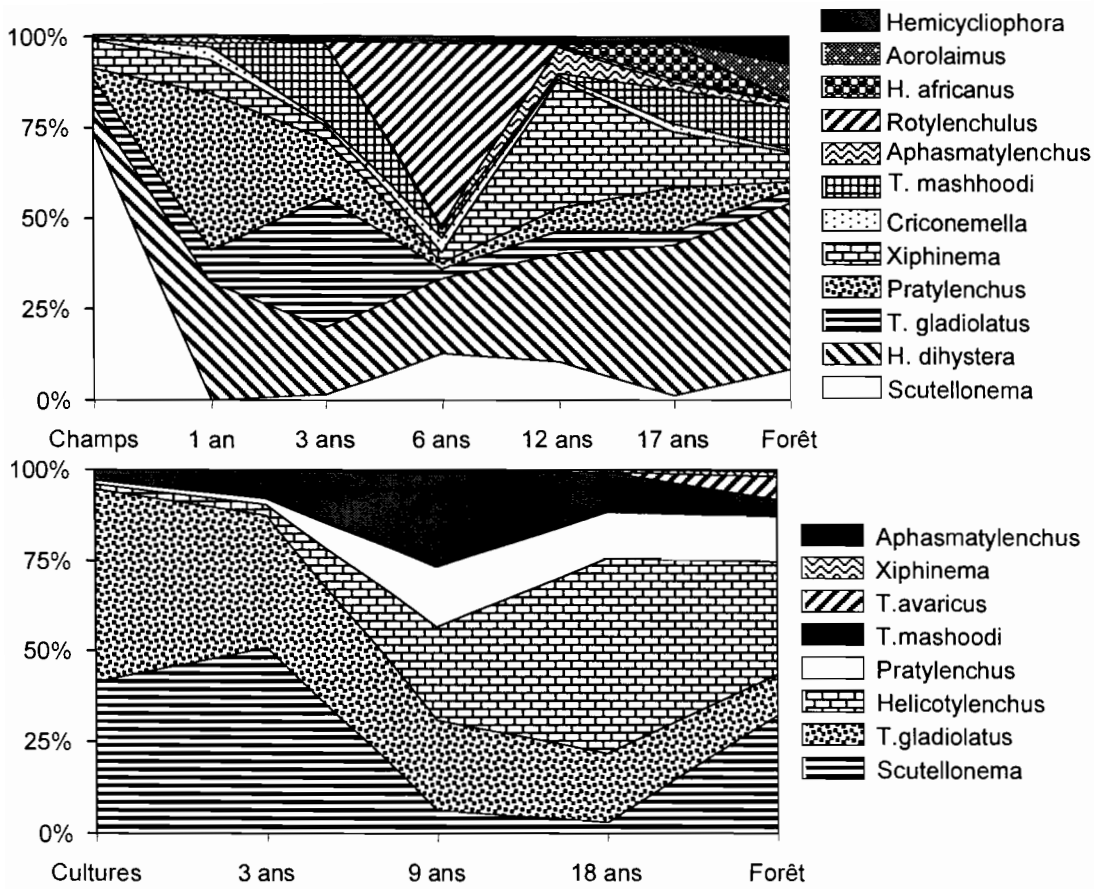


Figure 5.4–2 : Modélisation de l'évolution de la structure des peuplements de phytonématodes majeurs en fonction du temps de jachère à Sare Yorobana

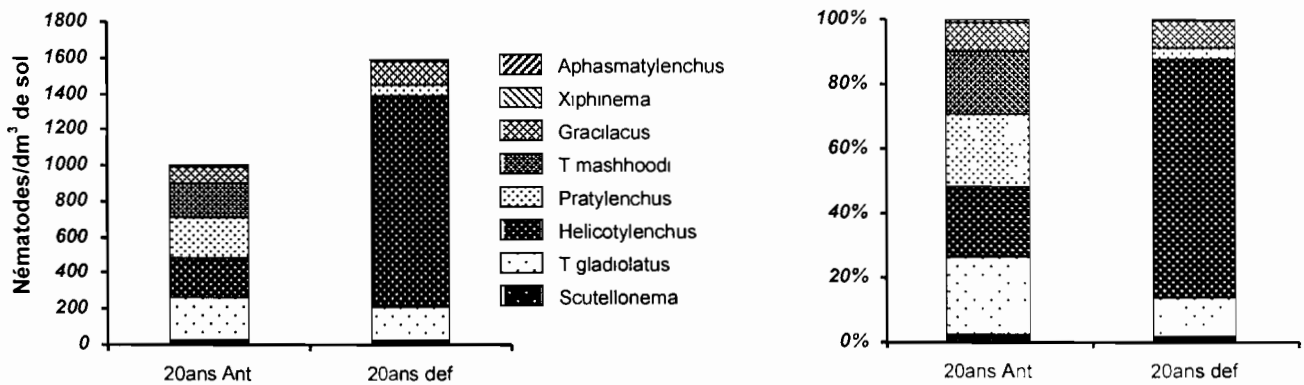


Figure 5.4 –3 : Influence de la mise en défens d'une jachère ancienne sur la densité et sur la structure du peuplement de nématodes phytoparasites majeurs.

Conclusion : les nématodes comme indicateurs du fonctionnement et de l'état des écosystèmes (Pate, 1997)

Les nématodes du sol sont de bons descripteurs du fonctionnement des écosystèmes : les indices nématologiques sont plus fiables que ceux décrivant la végétation herbacée et plus précis que les mesures faites sur les ligneux, en particulier lorsque la couverture arbustive est réduite. L'abondance et la structure trophique des peuplements reflètent l'évolution quantitative et qualitative des ressources au cours de la jachère. Les ressources devenant limitantes, la compétition favorise alors le développement d'espèces plus spécialisées et/ou présentant des adaptations au milieu. La mise en place de ce réseau d'interactions et de régulations biotiques, indiquée par la diversité croissante des peuplements, permet l'exploitation plus efficace des ressources. La colonisation d'espèces est un phénomène lent qui compense finalement la diversité des communautés et contribue, selon l'hypothèse de la "redondance du rôle des espèces", à la stabilité de l'écosystème et de son fonctionnement. Au cours de la jachère, la qualité et la diversité des communautés se substituent à la quantité : le contrôle physique des écosystèmes juvéniles, fortement soumis aux fluctuations du milieu, fait place alors au contrôle biologique des systèmes matures.

Outre le stade de maturité de l'écosystème, les peuplements de nématodes reflètent aussi les conséquences de l'exploitation des ressources végétales de la jachère (pâturage, coupe de bois), les différences de gestion et d'occupation des terres et les conditions édaphiques particulières. Lorsque ces facteurs correspondent à une pression anthropique accrue ou à une perturbation, ils ralentissent, voire bloquent, les mécanismes de succession et de régénération. Ainsi, la comparaison des peuplements de nématodes des deux sites montre qu'à Sonkorong, après la phase de culture, le développement de la couverture ligneuse est limité, l'abondance des nématodes phytoparasites plus élevée et la régénération de l'écosystème est plus lente qu'à Saré Yorobana. La différence de productivité (pluviométrie) entre les écosystèmes de Saré Yorobana et de Sonkorong est à l'origine de ces variations. Cependant, la restauration du milieu est accélérée à Sonkorong lorsque l'exploitation de la végétation des jachères, et notamment des arbres, est supprimée.

Les conditions de milieu, l'évolution de la circulation de l'énergie et du fonctionnement de l'écosystème, l'importance des relations biotiques déterminent mieux les variations observées dans les peuplements de nématodes au cours de la jachère, que l'effet ponctuel et spécifique de la végétation. Le caractère ectoparasite des nématodes étudiés explique en partie ce résultat.

La disparition des jachères contribuera nécessairement à une perte de biodiversité nématologique entraînant l'accroissement de la pression parasitaire sur les cultures pratiquées. Ceci constitue une justification supplémentaire à la recherche d'alternative à la jachère naturelle, susceptible d'en maintenir les bienfaits sur l'environnement.

Références citées

- CADET, P. & NDIAYE, 1994. Diversité des nématodes. In " Raccourcissement du temps de jachère biodiversité et développement durable en Afrique Centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali) ". Rapport Scient. 1994, Comm. des Communautés Europ. Contrat TSA-CT93 (DG 12), p. 40-47.
- PATE, E. 1997. Analyse spatio-temporelle des peuplements de nématodes du sol dans les systèmes de cultures à jachère au Sénégal. Université Claude Bernard-Lyon 1. Thèse de 3ème cycle, 175 p.
- PATE, E., N'DIAYE, N., GAUDIN, R. & CADET, P. 1995. Caractérisation et évolution des peuplements de nématodes en fonction de l'âge de la jachère au cours de la saison des pluies. In " Raccourcissement du temps de jachère biodiversité et développement durable en Afrique Centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali) " Rapport Scient. 1995, Comm. des Communautés Europ. Contrat TSA-CT93 (DG 12), p. 21-31.

5.5 JACHERE ET MESO ET MACROFAUNE INVERTEBREE DU SOL

5.5.1 Introduction

De nombreux travaux sur les macro et micro faune des sols tropicaux ont montré que celles-ci participent activement à la pédogenèse et au maintien des propriétés édaphiques à travers leurs 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 les plus gros arthropodes de la litière (myriapodes, coléoptères). » (Derouard & Lavelle, 1994).

L'impact de la macrofaune peut se mesurer à 3 niveaux : la structure physique du sol, la matière organique et la croissance des végétaux (Derouard & Lavelle, 1994).

5.5.2 Présentation de la méso et macrofaune invertébrée et de son rôle dans les sols tropicaux

Classiquement la faune du sol est divisée en trois catégories basés sur un critère de taille: microfaune <0,2 mm, mésofaune comprise entre 0,2 et 2 mm et macrofaune >2 mm. Dans cette étude, c'est principalement la macrofaune du sol qui est étudiée, bien que certains groupes de la mésofaune soient également échantillonnés (acariens, collembolés).

L'impact de la macrofaune sur la fertilité des sols (définie comme leur aptitude à supporter une production soutenue de plantes d'intérêt agricole ; Stork et Eggleton, 1992) peut se mesurer sur trois types de paramètres: la structure physique du sol, la matière organique du sol et la croissance des végétaux.

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 (Lavelle *et al.*, 1996). Dans les régions tropicales, les déjections de vers de terre endogés participent fortement à la macroagrégation du sol. 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.

Les vers de terre interviennent aussi sur les cycles de la matière organique et des nutriments par 3 mécanismes: (1) en augmentant la minéralisation et l'humification dans leur tube digestif ; (2) en influençant la microflore libre du sol; (3) en protégeant la matière organique dans leurs déjections.

Enfin, l'activité des vers de terre peut influencer la croissance des plantes de façon directe ou indirecte par : (1) une amélioration des propriétés physiques du sol permettant un meilleur développement racinaire; (2) des phases intenses de libération de nutriments ; (3) par le transport de germes fixateurs d'azote ou de spores mycorhiziennes symbiotiques dans le tube digestif des vers.

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 construisent 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 invertébrés

- les arachnides, prédateurs actifs;
- les larves de diptères, au comportement voisin des coléoptères.

5.5.3 Evolution de la macrofaune du sol au cours d'un hivernage dans des jachères d'âges différents au Sénégal.

Laurent DEROUARD¹, Cécile VILLENAVE¹, Patrick LAVELLE², Dominique MASSE¹

¹ ORSTOM, Sénégal ; ² ORSTOM-LEST, France.

De nombreux travaux sur la faune des sols ont montré que celle-ci participe activement à la pédogenèse 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 mais aussi par l'élaboration de structures physiques comme les galeries et les agrégats (revue dans Beare *et al.*, 1997). En milieu tropical, ce sont les vers de terre et les termites qui jouent un rôle important (Lavelle *et al.*, 1998), et à un degré moindre les fourmis et les 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.

Sites étudiés et méthode d'échantillonnage

Caractéristiques des sites étudiés

Sur une grappe de jachères d'âges différents, six parcelles ont été choisies sur le terroir de Saré Yorobana (Kolda, Haute Casamance). Elles ont été établies sur le même type de sol ferrugineux tropical. La végétation est à dominance de *Combretum spp.* et de *Terminalia macroptera* sur l'ensemble des parcelles étudiées. Les parcelles sont des jachères de 1, 2, 3, 13, 18 et 31 ans d'abandon après culture. Les prélèvements sont effectués au cours de l'hivernage 1996 à trois période : juillet (début d'hivernage), août et octobre (fin de la saison des pluies).

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. 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 dans l'alcool 75. Les animaux conservés ainsi 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 invertébrés sont alors déterminés et classés en plus de 25 groupes taxonomiques regroupés en 9 groupes: termites, chilopodes, diplopodes, fourmis, vers de terre, coléoptères, arachnide, diptères et autres (tableau 5.5 -1). Pour chaque groupe, la densité et la biomasse sont évalués.

Tableau 5.5-1 : Les 9 classes d'invertébrés du sol rencontrés sur les différentes parcelles au Sénégal

| Groupes | Taxons, familles ou espèces entrant dans le groupe défini |
|--------------|--|
| Arachnides | acaréens, aranéides, solifuges, pseudoscorpions |
| Isoptères | termites |
| Hyménoptères | fourmis |
| Coléoptères | larves ou adultes de coléoptères |
| Vers | vers de terre jeunes et adultes |
| Chilopodes | scolopendres, chilopodes géophiles |
| Diplopodes | lules, polydesmes |
| Diptères | larves de diptères |
| Autres | Diploures, Thysanoures, Dermaptères, Hemiptères, Ortoptères, larves de Lepidoptères, larves et nymphes indéterminées |

Résultats

Analyse factorielle des correspondances

L'analyse factorielle des correspondances du tableau faunistique permet de déterminer les principaux groupes d'invertébrés qui discriminent les parcelles échantillonnées, soit en fonction de l'âge de la jachère soit en fonction de la date d'échantillonnage (Figure 5.5-1).

Dans le plan factoriel défini par les facteurs 1 et 2 qui décrivent 79% de la variabilité totale, la date d'échantillonnage au cours de la saison des pluies a plus d'influence que l'âge de la jachère pour expliquer la position des points (figure 4.5. -1). Pour les valeurs positives de l'axe 1, on trouve les relevés réalisés en octobre soit à la fin de la saison des pluies. Les positions des relevés s'expliquent par celle des variables projetées dans le même plan factoriel. La densité d'hyménoptères pour les relevés d'octobre est plus élevée que les densités mesurées en juillet et août; de même, les coléoptères sont également plus abondants à cette période quelque soit la parcelle de jachère considérée. Par ailleurs les prélèvements de juillet se distinguent de ceux du mois d'août sur l'axe 2: les parcelles échantillonnées en juillet se situent principalement du côté des valeurs positives alors que les parcelles échantillonnées en août se trouvent du côté des valeurs négatives. Ces différences proviennent de la plus faible densité de vers de terre dans les relevés de juillet et parallèlement la plus forte abondance des invertébrés du sol appartenant au groupe "Autre" à cette même période. Cette analyse met en évidence des différences de composition relative de la macrofaune du sol en fonction de la date d'échantillonnage au cours de l'hivernage. Par contre elle ne montre aucune différence de composition de la faune du sol en fonction de l'âge de la jachère.

Biomasses et densités totales.

Les densités totales de macroinvertébrés sont comprises entre 400 et 2100 m⁻² (si l'on excepte la parcelle de 1 an en juillet). Il n'existe pas de grande différence entre les densités moyennes trouvées aux trois dates d'échantillonnage: 840, 1060, 930 ind m⁻² respectivement en moyenne pour juillet, août et octobre (Figure 5.5. -2). On observe les plus faibles densités totales pour les parcelles jeunes (1 ou 2 ans) et anciennes (18, 31 ans).

Les biomasses totales de faune du sol sont comprises entre 7g m⁻² et 40 g m⁻² quelque soit la période d'échantillonnage. Les groupes qui représentent la part la plus importante de la biomasse sont les vers de terre (en moyenne 47%), les coléoptères (17%) et les diplopodes (15%). Pour ces trois groupes, les plus fortes biomasses sont mesurées en août, au milieu de la saison des pluies. Les biomasses de vers de terre les plus importantes sont trouvées, quelle que soit la date d'échantillonnage dans les parcelles jeunes et d'âge intermédiaires (1, 2 et 13 ans).

Composition de la macrofaune invertébrée du sol, densité des différents groupes présents

Dans la majorité des parcelles échantillonnées, le groupe dominant en abondance la faune du sol est constitué des termites. En effet, en juillet et en août, les isoptères représentent toujours au moins 40% du peuplement de macroinvertébrés du sol avec des densités variant de 200 à 1600 individu par m⁻² (à l'exception de la parcelle de 1 an en juillet). Les termites sont plus abondantes à ces deux dates dans les jachères d'âges intermédiaires (3, 13, 18 ans) que dans les autres jachères. Leur densité diminue dans la plupart des jachères lors de l'échantillonnage d'octobre (figure 5.5-3).

Les fourmis sont également bien représentées: entre 5 et 30% du peuplement en juillet et août et entre 20 et 60% en octobre. Les densités de fourmis augmentent fortement, dans toutes les parcelles, en octobre où elles varient entre 200 et 525 m⁻². Ce groupe est particulièrement abondant, quelle que soit la période d'échantillonnage dans les parcelles de 2 et 3 ans alors que leur densité est plus faible dans les parcelles de 18 et 31 ans.

Les autres groupes importants en terme de densité dans les écosystèmes de jachère de Kolda sont les coléoptères, les vers de terre et les myriapodes (principalement les diplopodes); cependant, chacun de ces groupes représente généralement moins de 20% des effectifs totaux des relevés dans chaque parcelle.

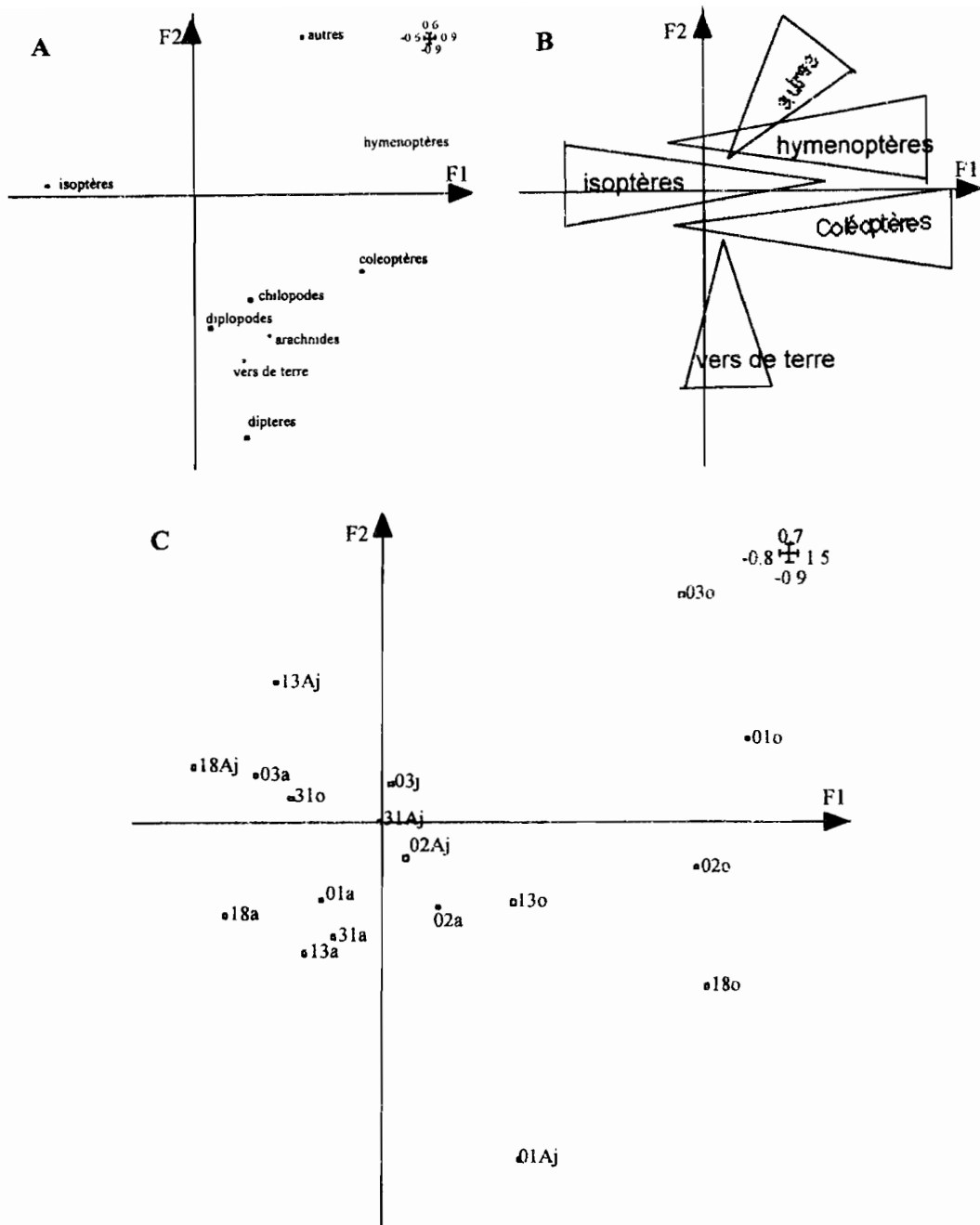


Figure 5.5 –1 : Etude des caractéristiques de la macrofaune invertébrée des sols (densités) des jachères d'âges différents au cours de l'hivernage 1996 (A. carte factorielle des variables correspondants aux groupes faunistiques; B: représentation des tendances faunistiques; C: représentation dans le plan factoriel F1x2, des points de prélèvements: 01, 02, 03, 13, 18, 31: âge de la jachère en années; j, a, o: date de prélèvement, respectivement juillet, août, octobre).

L'abondance des coléoptères semble indépendante de l'âge de la parcelle de jachère; par contre leur densité augmente au cours de l'hivernage avec des densités moyenne de 50, 80, 120 m⁻² respectivement en juillet, août et octobre.

Les effectifs de vers de terre sont élevés en août par rapport aux deux autres dates de prélèvement. Les densités sont les plus fortes dans les parcelles de 2 et 13 ans (maximum: 110 g m⁻²) et les plus faibles, quelle que soit la date, dans la parcelle de 3 ans (minimum 10 g m⁻²). Il est possible que les faibles densités de vers de terre observées dans la parcelle de trois ans soit liées aux caractéristiques de cette parcelle, soumise à un piétinement important tout au long de l'année (parcelle d'essai). Les densités de vers dans les parcelles de 1, 18 et 31 ans sont intermédiaires.

La période d'échantillonnage ne semble pas avoir d'influence forte sur les densités de diplopodes; ces invertébrés semblent être plus abondants dans les jachères anciennes (13 ans).

Les différences d'abondance pour les autres groupes (Chilopodes, Diptères, Arachnides) sont difficiles à relier à une variation saisonnière ou à l'âge de la jachère; les effectifs sont trop faibles et trop variables.

Le groupe constitué par les autres macroinvertébrés représente entre 1 et 20% du nombre total des invertébrés du sol (moyenne 7%); il est particulièrement important dans les jachères âgées (13, 18, 31 ans) en juillet mais l'abondance des ces macroinvertébrés divers devient plus élevée en août et octobre dans les jeunes jachères (1, 2, 3 ans).

Répartition des macroinvertébrés du sol en fonction de la profondeur

En début et en fin de saison des pluies (juillet et octobre) une grande part des invertébrés du sol est localisée dans les strates 10-20 cm et 20-30 cm; il est probable que durant ces périodes assez sèches, les densités d'invertébrés localisés plus profondément dans le sol ne soient pas négligeables bien que la faune n'ai pas été échantillonnée au delà de 30 cm.

Seulement au milieu de la saison des pluie (août) la plus grande proportion d'animaux est retrouvée dans la strate 0-10 cm; cependant les effectifs présents dans les strates plus profondes demeurent importants représentant en moyenne (quelque soit la jachère considérée) 27% dans la strate 10-20 cm et 24% dans la strate 20-30 du peuplement de macroinvertébrés.

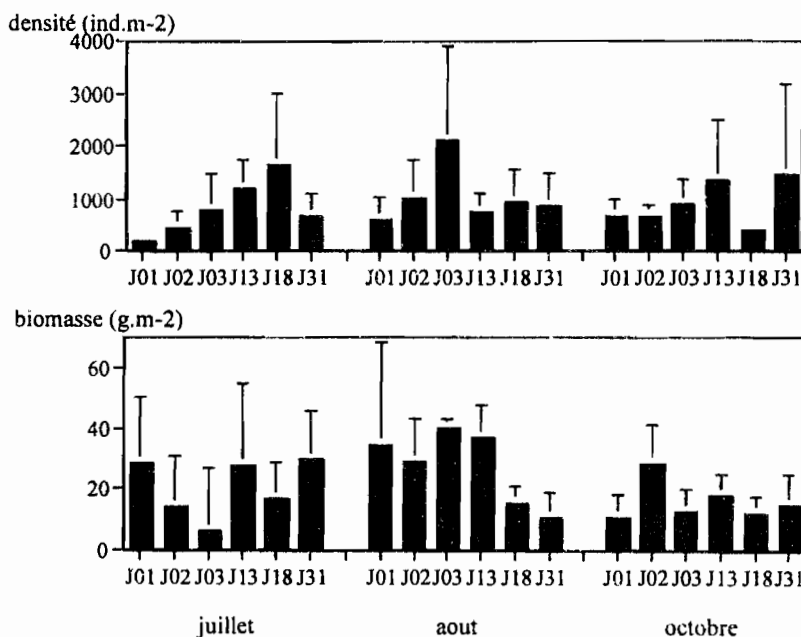


Figure 5.5-2 : Densité (Ind m⁻²) et biomasse (g m⁻²) totales de la macrofaune du sol dans les 6 parcelles de jachères échantillonnées (J01, J02, J03, J13, J18, J31: âge de la jachère en années) aux trois dates de prélèvement. Les barres d'erreur représentent les erreurs standard.

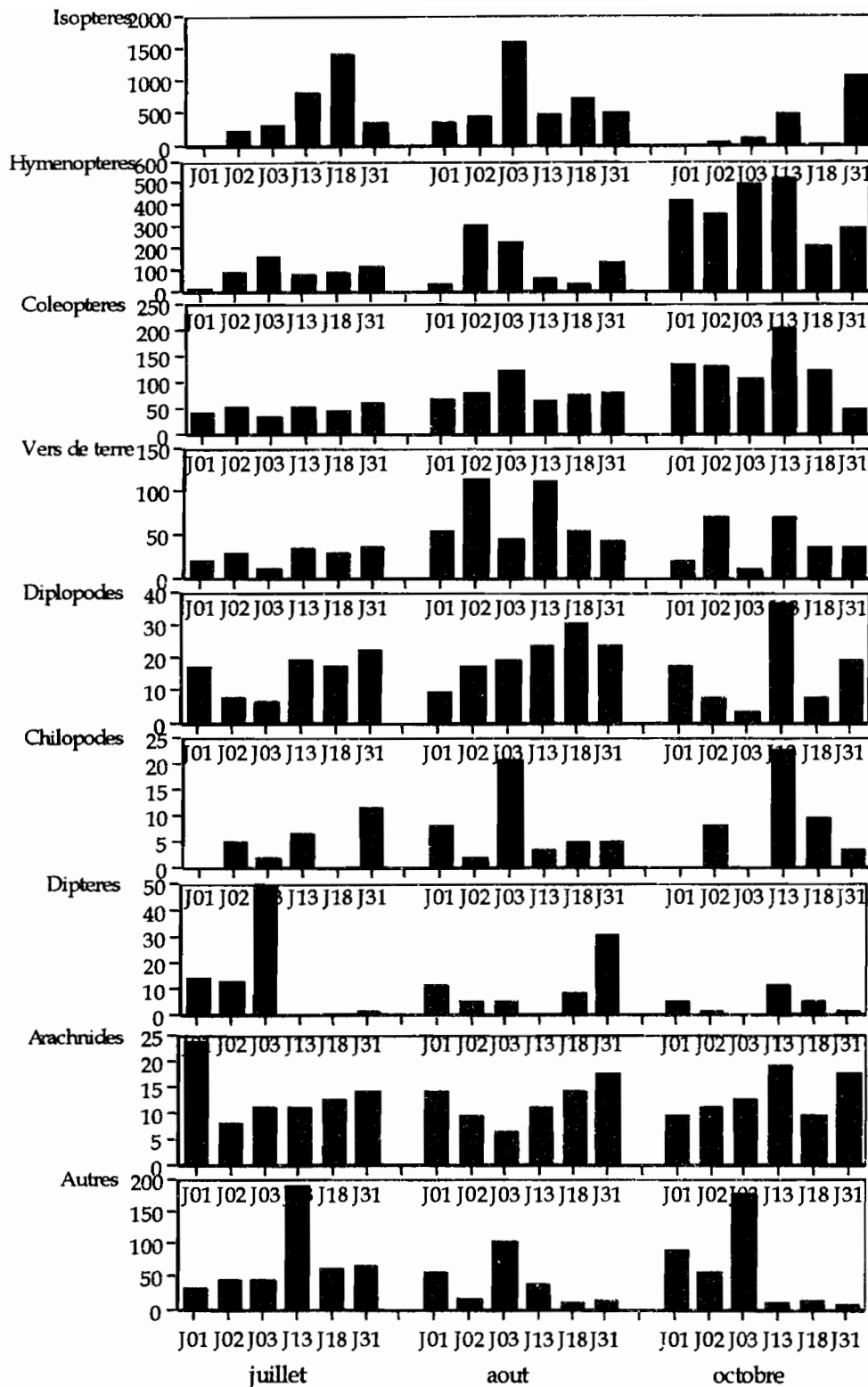


Figure 5.5-3 : Densité (Ind m⁻²) des différents groupes de macroinvertébrés du sol dans les 6 parcelles de jachères échantillonnées (J01, J02, J03, J13, J18, J31: âge de la jachère en années) aux trois dates de prélèvement.

Discussion

L'abondance et la structure des peuplements de la faune du sol peut varier de façon importante en fonction des conditions climatiques, du sol et de la végétation. Les densités (500 à 2000 ind. m⁻²) et les biomasses (10 à 40 g m⁻²) de macro-invertébrés trouvées dans les jachères de Kolda en Haute Casamance Sénégalaise sont relativement importantes compte tenu des conditions climatiques existantes: période sèche d'une durée supérieure à 6 mois; pluviométrie annuelle: 1000 mm. Elles sont du même ordre de grandeur que celles trouvées de différents agro-écosystèmes tropicaux de zones plus humides (Collins, 1980; Dangerfield, 1990; Gilot *et al.*, 1994); ces biomasses sont cependant plus élevées que celle trouvées dans le Nord-Cameroun où les précipitations sont plus faibles (environ 750 mm) (Duboisset, paragraphe 5.5.4.). Les invertébrés sont bien repartis dans les trente premiers centimètres et non principalement localisés dans les 10 premiers cm comme c'est le cas dans de nombreux écosystèmes.

Dans une région donnée, la végétation des écosystèmes naturels est souvent le facteur déterminant de la composition de la pédofaune car elle conditionne le type de ressources disponibles pour les macroinvertébrés: la macrofaune des écosystèmes forestiers étant dominée par des organismes se développant en utilisant la litière végétale (épigés) alors que dans les zones herbacées, la macrofaune est dominée par les espèces endogées qui puisent leur énergie de la matière organique du sol. Par ailleurs, il a été montré que l'exploitation du milieu avait une forte influence sur la structure des peuplements de macroinvertébrés du sol aussi bien en milieu tempéré qu'en milieu tropical. Ainsi la faune du sol dans les milieux agricoles à fort apport d'intrants est généralement réduite par rapport aux écosystèmes naturels (Lavelle et Pashanasi, 1989; Dangerfield, 1990). De même les biomasses de la macrofaune du sol sont généralement plus importantes dans les milieux herbacés que sous forêt.

Dans l'étude menée au cours de l'hivernage 1996 dans 6 jachères âgées de 1 à 31 ans, il apparaît que la structure des peuplements de macroinvertébrés du sol est peu différente entre les jachères étudiées; les groupes dominants sont les mêmes quelle que soit l'âge de la jachère. Cependant les densités et les biomasses les plus élevées sont trouvées pour les jachères d'âge intermédiaires, les jachères d'1 an, 2 ans et de 31 ans ayant des densités, plus particulièrement en isoptères et en hyménoptères sensiblement plus faibles que les autres parcelles. Dans ces jachères, la végétation évolue au cours du temps, la densité de tiges ligneuses augmente ainsi que la richesse spécifique des ligneux et des herbacées. Cependant, l'évolution de la composition spécifique herbacée de la jachère est interrompue à partir d'environ 12 années de jachère (Pate, 1997). A partir de cet âge, les jachères présentent des formations ligneuses voisines et un couvert herbacé moins dense. De la même manière, il a été montré que lorsque qu'une plantation d'Hévéa vieillit, les macroinvertébrés du sol deviennent moins abondants, mais plus encore que l'abondance des macroorganismes c'est la répartition dans groupes trophiques qui se modifie au cours du temps aussi bien pour les vers de terre que pour les termites (Gilot *et al.*, 1994). Une telle étude sur les groupes trophiques pourrait révéler des évolutions significatives au cours du temps de la macrofaune du sol.

L'évolution saisonnière de la macrofaune durant l'hivernage fait apparaître des différences entre les valeurs de densités et de biomasses totales. Au milieu de la saison des pluies, les biomasses sont plus élevées liées à une activité biologique plus importante du fait d'une augmentation des sources de nourritures (végétation et activité microbiologique importantes) et d'habitat (sol meuble et humide); ce sont les vers de terre qui dominent alors le peuplement en biomasse représentant entre 30 et 70% du peuplement en biomasse. Les vers de terre sont relativement abondants dans jeunes jachères or les vitesses de colonisation de ces invertébrés sont plus lentes que un an ou deux, il semble donc que ces organismes aient toujours été présents dans les agrosystèmes précédant la période de jachère agrosystèmes dans les systèmes de cultures. Il apparaît que les différents groupes majeurs ont une activité décalée au cours du temps ; les vers de terre sont principalement actifs (plus forte abondance et plus forte biomasse) au coeur de la saison des pluies ; les termites, abondantes au début et au milieu de la saison des pluies, cèdent le pas aux fourmis à la fin de la saison des pluies ; ces deux groupes doivent conserver une forte activité durant la saison sèche contrairement aux vers de terre qui vont rentrer en quiescence.

Cette étude montre que les caractéristiques de la macrofaune du sol sont liées aux conditions saisonnières notamment pédohydriques. Il est donc délicat de comparer des parcelles situées dans d'autres régions sans tenir compte de l'époque de prélèvement en plus de la situation géographique. Les

comparaisons diachrones et synchrones restent cependant valables sur un terroir ou une région subissant les mêmes conditions climatiques.

Références citées

- ANDERSON, J. M. & INGRAM, J. S. I. E. (1993) *Tropical soil Biology and fertility. A handbook of methods* C.A.B: Oxford, 221 pp.
- BEARE, M. H., REDDY, M. V., TIAN, G & SRIVASTAVA, S. C (1997). Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: The role of decomposer biota *Applied Soil Ecology* 6, 87-108.
- COLLINS, M. (1980). The distribution of soil macrofauna on the west ridge of Gunung (Mount) Mulu, Sarawak. *Oecologia* 44, 263-275.
- DANGERFIELD, J. M (1990). Abundance, biomass and diversity of soil macrofauna in savanna woodland and associated managed habitats. *Pedobiologia* 34, 141-150.
- DEROUARD I. & LAVELLE P. 1994. Variation de la macrofaune du sol au cours des différentes étapes de la jachère dans des systèmes agricoles au Sénégal. In « Raccourcissement du temps de jachère biodiversité et développement durable en Afrique Centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali) ». Rapport Scient 1994, Comm. Des Communautés Europ. Contrat TSA-CT93 (DG 12), p 47-60
- FELLER C., LAVELLE P., ALBRECHT A. & NICOLARDOT B 1993. La jachère et le fonctionnement des sols tropicaux : rôle de l'activité biologique et des matières organiques. Quelques éléments de réflexion. In : Floret (C. & Serpantié (G.). *La Jachère en Afrique de l'Ouest*, 15-32. Collection Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris.
- GILOT C, LAVELLE P, BLANCHART E, KOUASSI P & GUILLAUME G (1994). Biological activity of soils in Hevea stands of different ages in Côte d'Ivoire. *Acta Zoologica Fennica* 196, 186-189
- LAVELLE, P., BLANCHART, E., MARTIN, A., SPAIN, A. V. & MARTIN, S. (1992) Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. *Myths and science of soils of the tropics* 157-185.
- LAVELLE, P., DANGERFIELD, M., FRAGOSO, C., ESCHENBRENNER, V, LOPEZ-HERNANDEZ, D., PASHANASI, B. & BRUSSAARD, L. (1994) The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: S., M. J. & Woome, P. (Eds) *Tropical soil biology and fertility* Wiley-Sayce, J.: New York,
- LAVELLE, P. & PASHANASI, B. (1989) Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia* 33, 283-291.
- LAVELLE, P., PASHANASI, B., CHARPENTIER, F., GILOT, C., ROSSI, J P, DEROUARD, L, ANDRE, J, PONGE, J F & BERNIER, N (1998) Large-scale effects of earthworms on soil organic matter and nutrient dynamics. In: *Earthworm Ecology* . Edwards, C. A. (Eds) : Columbus Ohio,
- LEE K E & WOOD T G (1971) *Termites and Soils*. Academic Press: London, pp.
- PATE, E., 1997. Analyse spacio-temporelle des peuplements de nématodes du sol dans les systèmes de culture à jachères, au Sénégal. Thèse de Doctorat
- STORK, N. E. & EGGLETON, P. (1992). Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment*

5.5.4 Diversité de la macrofaune invertébrée du sol en fonction de la durée et du mode de gestion de la jachère au nord Cameroun.

Arnaud DUBOISSET

ORSTOM, Cameroun

Objectifs de l'étude

Cette étude a pour objectif la caractérisation de l'évolution de la composition de la macrofaune invertébrée au cours du cycle culture/jachère au nord Cameroun. Cette caractérisation doit permettre une meilleure compréhension des phénomènes se manifestant au cours de la jachère.

Sites et méthodologie

Contrairement au Sénégal, où les études ont eu lieu sur sol ferrugineux, les sites étudiées sont localisés presque exclusivement sur vertisol. C'est sur ce sol qu'on observe, en effet, les modifications les plus rapides du rôle et de l'importance des jachères dans la région quelques uns cependant sont sur sol ferrugineux. Quatre parcelles ont été étudiées, au milieu de la saison des pluies, par des observations diachrones de 95 à 98 (les résultats de 97 et 98 ne sont pas traités ici). Les autres sont inventoriées en mode synchrone en milieu de saison des pluies (août) et en début de saison sèche (mi-octobre / novembre). Cette étude a été effectuée directement en milieu paysan, excepté sur 4 parcelles sur lesquelles ont été testés l'effet du feu et de la protection contre le pâturage. On ne présente ici des résultats relevés sur 18 parcelles. La méthode d'inventaire utilisée (TSBF) est la même qu'au Sénégal (Anderson & Ingram, 1993), à l'exception du nombre d'unités taxonomiques et de groupes étudiées. Dans notre cas, on différencie 45 unités taxonomiques regroupées en 7 groupes : termites, vers de terre, coléoptères, aranéides, myriapodes et « autres » (Tableau 5.5.2.). Cette méthode a montré ses limites concernant l'évaluation de densités des populations de fourmis et de termites. L'analyse des caractéristiques statistiques de ces populations, selon les principes de Taylor (1984), montre sans ambiguïté la répartition spatiale agrégée des populations. Les conclusions concernant fourmis et termites doivent donc rester au stade d'hypothèses nécessitant confirmation.

L'étude en mode synchrone a permis permettra tout d'abord de dégager une typologie de la faune du sol. Le suivi diachrone des 4 parcelles a permis de confirmer certaines hypothèses. Les résultats seront analysée d'abord sous l'angle de la « diversité » puis groupe par groupe. Enfin, seule la biomasse totale de la faune des parcelles étudiées sera présentée.

L'inventaire est basée sur la méthode préconisée par TSBF (Anderson et Ingram, 1993)

A partir des valeurs de densités, deux indices de diversité sont calculés : le nombre moyen d'unités taxonomiques différents et l'indice de Shannon réel et maximum (I et I_{max}). Le premier représente la richesse spécifique faunique de la parcelle considérée, il est obtenu en calculant la moyenne pour chaque parcelle du nombre d'unités taxonomiques différentes observées par point de prélèvement. Le deuxième synthétise à la fois la richesse faunique et l'homogénéité de la distribution (Cancela Da Fonseca, 1969).

Résultats

Les parcelles cultivées

Il s'agit de culture de plus de 10 ans dont le sol est considéré non dégradé par les propriétaires. Deux parcelles Ca et Cb sont sur vertisol à Gazad (800 mm d'eau/an), tandis que Cc appartient à une zone plus aride située dans le nord du pays (Kolofata : 550 mm d'eau/an). Une seule parcelle est inventoriée sur sol ferrugineux : Cd.

La faune des sols cultivés se caractérisent globalement par une richesse spécifique faible (très nette dans le groupe « autres ») et une biodiversité médiocre (tableau 5.5.3.) Les rapports d'équitabilité (H/H_{max}), peu élevés, soulignent l'hétérogénéité de la distribution de la faune de sol, mise en évidence plus loin. Toutes ces tendances semblent être indépendante de la période de prélèvement. Ces parcelles présentent, par ailleurs, des densités moyenne à peu élevées ($< 1200 \text{ ind.m}^2$) et des biomasses faibles (en

excluant la concentration du myriapode *Habrodesmus duboscqui* dans un prélèvement de Ca). Malgré l'homogénéité de ces résultats, on remarque une influence nette du type de sol et du lieu d'échantillonnage. Les vertisols se distinguent ainsi par une meilleure richesse spécifique, une plus grande diversité et des densités globalement supérieures (excepté le cas des fourmis et des myriapodes) par rapport aux sols ferrugineux. Par ailleurs, le site le plus aride Cc est caractérisé par une richesse et par une biodiversité finale, toutes les deux, plus faibles : l'importance de la pluviosité moyenne annuelle joue de toute évidence un rôle non négligeable sur la faune du sol.

Tableau 5.5.2. la composition des groupes taxonomiques utilisées pour la présentation synthétique des résultats

| Groupes taxonomiques | Unités taxonomiques |
|-----------------------|---|
| TERMITES | Termites (Macrotermes, Odontotermes, Microtermes, Trinervitermes) |
| FOURMIS | Fourmis |
| VERS DE TERRE | Vers de terre |
| COLEOPTERES | Coléoptères |
| LARVES DE COLEOPTERES | Larves de coléoptères |
| ARACHNIDES | Aranéides, acariens, pseudoscorpions, scorpions |
| DIPTERES | Diptères |
| MYRIAPODES | Diplopedes tulidae, Diplopedes polydesmes, chilopodes géophiles |
| AUTRES | Collemboles symphiles, collemboles arthropléones, Nématodes, Diploures japyx, Diploures campodea, Thysanoures, Nymphes indéterminés, Dermaptère, Hémiptères, Orthoptères, Crustacé, larves de Diptères, Larves de coléoptère scarabadeide, Larves de coléoptère staphylinide, Larves de coléoptère autre, Larves vermiformes, indéterminés. |

Diversité, densité et biomasse totale

La faune des sols cultivés se caractérisent globalement par une richesse spécifique faible (très nette dans le groupe « autres ») et une biodiversité médiocre (tableau 5.5.3.) Les rapports d'équitabilité (H/H max.), peu élevés, soulignent l'hétérogénéité de la distribution de la faune de sol, mise en évidence plus loin. Toutes ces tendances semblent être indépendante de la période de prélèvement. Ces parcelles présentent, par ailleurs, des densités moyenne à peu élevées (< 1200 ind.m²) et des biomasses faibles (en excluant la concentration du myriapode *Habrodesmus duboscqui* dans un prélèvement de Ca). Malgré l'homogénéité de ces résultats, on remarque une influence nette du type de sol et du lieu d'échantillonnage. Les vertisols se distinguent ainsi par une meilleure richesse spécifique, une plus grande diversité et des densités globalement supérieures (excepté le cas des fourmis et des myriapodes) par rapport aux sols ferrugineux. Par ailleurs, le site le plus aride Cc est caractérisé par une richesse et par une biodiversité finale, toutes les deux, plus faibles : l'importance de la pluviosité moyenne annuelle joue de toute évidence un rôle non négligeable sur la faune du sol.

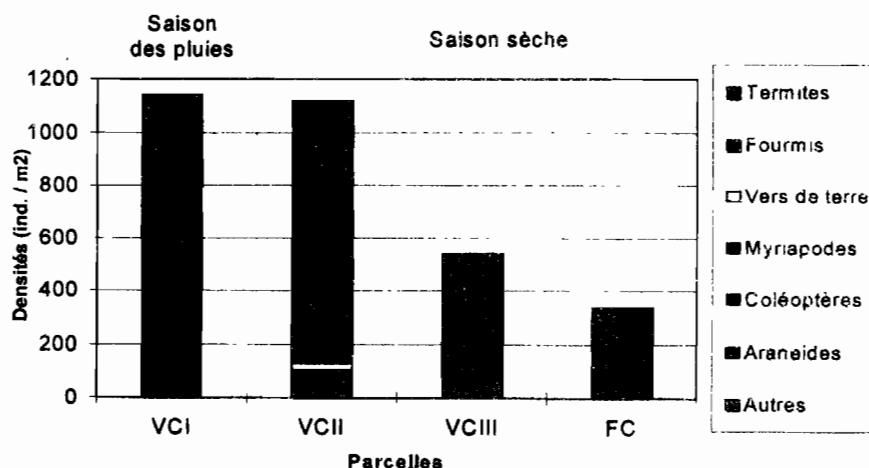


Figure 5.5.4 : la distribution de la macrofaune des sols cultivées

Tableau 553 : la richesse spécifique, la diversité et la biomasse de la macrofaune édaphique sur vertisol et sol ferrugineux

| | Vertisol | | | | | | | | | | | Ferrugineux | | | | Culture Cd | |
|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|---------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|--------------|--------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| | Cultures | | | Jeunes jachères | | | | Vieilles jachères | | | | Jachères protégées | | | | | |
| | S des pluies | Saison sèche | | Saison des pluies | | | Saison sèche | Saison des pluies | | | | Saison sèche | | | | | |
| | | C _a | C _b | C _c (550 mm) | J1a | J1b | | J2 | J3 | J7 | J8 | J15 | J16 | De | J5 b | | J5 nb |
| Richesse sp | 5.9 (2.9) | 6 (3.8) | 3.9 (1.9) | 7.3 (2.9) | 13.1 (3.8) | 12.4 (3.9) | 4.5 (1.3) | 8.4 (2.7) | 10.3 (3.6) | 5.8 (2.4) | 3.4 (1.6) | 4.4 (3.0) | 8.10 (2.3) | 7.5 (3.2) | 11.9 (4.5) | 13.1 (3.3) | 2.9 (1.4) |
| H de Shannon | 1.98 | 1.96 | 1.64 | 3.0 | 3.2 | 3.1 | 1.1 | 2.7 | 3.4 | 3.7 | 2.0 | 2.0 | 2.9 | 3.5 | 2.9 | 3.1 | 1.8 |
| H / H max | 0.45 | 0.42 | 0.40 | 0.65 | 0.62 | 0.6 | 0.26 | 0.59 | 0.66 | 0.82 | 0.56 | 0.48 | 0.62 | 0.71 | 0.6 | 0.63 | 0.5 |
| Biomasse (en \bar{f}/m^2) | 6.82 (12.6) | 1.7 (2.1) | 2.1 (1.8) | 2.6 (6.8) | 4.2 (3.0) | 6.8 (8.5) | 1.0 (0.9) | 3.1 (2.8) | 5.5 (5.9) | 3.6 (2.6) | 3.7 (4.7) | 4.0 (3.9) | 4.3 (3.8) | 7.6 (11.5) | 4.7 (4.2) | 13.2 (9.0) | 2.1 (1.8) |

Richesse sp. : richesse spécifique,

H. de Shanon : indice de Shanon

H. / H. max. = équitabilité

b . brûlé

nb : non brûlé

Composition de la macrofaune du sol

La faune édaphique des cultures présente une distribution très hétérogène, en raison des fortes densités en termites observées dans les vertisols (> 65 %) et de la prédominance des termites et des fourmis dans les sols ferrugineux (95 %). Les cultures se distinguent, aussi, par des densités médiocres en vers de terre, coléoptères, aranéides et « autres » (< 80 ind. / m²). Ce dernier groupe s'avère peu diversifié avec toutefois la présence non négligeable dans les parcelles Ca et Cb de larves de diptères et de larves de coléoptères *staphylinidae* ou *scarabeidae* (≈ 30 ind./ m²). Malgré ces caractéristiques communes, on ne remarque pas les mêmes populations de termites dans les différentes cultures : le genre *Microtermes* domine dans Ca, *Trinervitermes* dans Cb et *Odontotermes* dans Cc. La date de prélèvement n'apparaît pas comme un des facteurs déterminant la composition faunique des cultures tandis que la nature du sol l'influence sans ambiguïté. Les vertisols présentent des densités bien supérieures en termites, aranéides et coléoptères. Les sols ferrugineux se distinguent, eux, par des densités en larves d'insectes très faibles : 4.8 ind / m² (diptères et coléoptères).

Enfin, une plus faible pluviométrie annuelle exerce une influence dépressive sur les densités de termites, de coléoptères (*Carabidae* et *Staphylinidae*) et de vers de terre. Elle se traduit aussi une richesse taxonomique particulièrement faible dans le groupe « autres » avec une forte proportion en collembolés (66 %) et une densité faible pour toutes les larves d'insectes.

Les jeunes jachères :

Les parcelles étudiées ont toutes été prélevées sur vertisol à Gazad, en saison des pluies pour J1a, J1b et J2 ou en début de saison sèche pour J3. La numérotation des parcelles correspond au nombre d'année de mise en jachère : J1a : jachère d'un an, J2 de deux ans...

Diversité, densité et biomasse totale

En saison des pluies, la macrofaune des sols des jeunes jachères se caractérise par une richesse spécifique élevée, une densité totale moyenne, une distribution relativement homogène (équitabilité de 0.6) et une biomasse importante (tableau 5.5.3.). Elles présentent donc des caractéristiques bien différentes des cultures.

Ces différences semblent s'estomper en début de saison sèche (parcelle J3) avec une nette diminution de la biodiversité et de la biomasse.

Composition de la macrofaune du sol

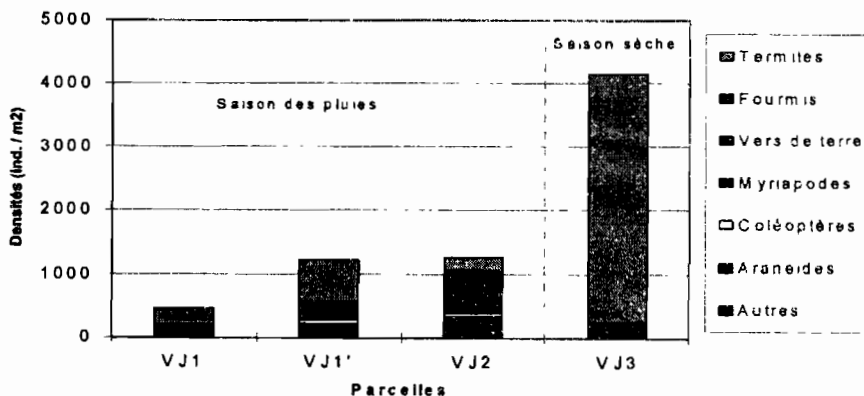


Figure 5.5-5 : la distribution de la macrofaune édaphique dans les jeunes jachères sur vertisol

En saison des pluies, les jeunes jachères se distinguent des cultures par des densités plus faibles en termites composés en majorité du genre *Microtermes* et par des densités supérieures pour tous les autres

groupes à l'exception des fourmis et des myriapodes, apparemment non influencés par la mise en jachère. Le groupe « autres » s'avère particulièrement riche (16 à 21 unités taxonomiques différentes) avec notamment la présence de nombreuses larves de coléoptères mais aussi d'acariens, de nématodes, de diploures japyx, de thysanoures, de crustacés, d'hémiptères et d'homoptères. La très forte densité de fourmis dans la parcelle J₂ s'explique par la présence d'un nid de *Messor sp.* situé dans un seul de nos prélèvements : sans celui-ci la densité serait de 40 ind./m²! Certaines unités taxonomiques présentes dans les jeunes jachères sont d'ailleurs totalement absentes dans les cultures en saison des pluies : les nématodes, les diploures japyx, les thysanoures et les hémiptères. Toutefois, d'importantes variations de composition faunique semble exister en début de mise en jachère. Ainsi, la parcelle J1a présente, à la fois une richesse spécifique et une biomasse très faibles en comparaison des deux autres jachères. Elle se distingue aussi par des densités inférieures dans tout les groupes. Elle montre en particulier une densité en termites exceptionnellement faible (250 ind./m²) avec, néanmoins, pour les autres groupes des densités supérieures aux parcelles cultivés. On peut supposer que la faune initiale des jeunes jachères et l'évolution de composition de cette faune différent suivant les particularités du site et l'historique de la parcelle. Ces différences peuvent aussi être imputées aux fortes variations climatiques interannuelles (Letouzey, 1968) influant directement sur l'environnement pédoclimatique très contrasté des vertisols (Seiny-Boukar, 1990).

En saison sèche, on observe un accroissement de l'importance des termites avec des densités supérieures à 3800 ind./m² (*Microtermes* et *Trinervitermes*) et, parallèlement, une importante diminution des autres groupes en densités et diversité. On peut noter les densités très faibles, proches de celles observées dans les cultures, en vers de terre, en myriapodes, en coléoptères et dans le groupe « autres ». Ce dernier groupe s'avère peu riche : il présente seulement 9 unités taxonomiques sur 25 possibles. Finalement, la macrofaune édaphique des jeunes jachères en saison sèche paraît similaire sur beaucoup de points à celle des parcelles cultivées. Il est cependant difficile de tirer des conclusions à partir des résultats concernant une seule parcelle : des inventaires complémentaires doivent vérifier ces hypothèses. On peut malgré tout raisonnablement supposer que les différences de peuplement entre jeunes jachères et culture s'estompent en début de saison sèche.

Les vieilles jachères :

Les parcelles J₇, J₈ et J₁₅ ont été prélevées en saison des pluies. J₁₆ et De ont été étudiée en tout début de saison sèche en raison d'une surcharge de travail dans le calendrier d'échantillonnage. Les 4 premières parcelles sont des jachères, la dernière correspond à une jachère de 15 ans en défriche. Elles appartiennent toutes au même site sur vertisol (Gazad: 800 mm d'eau/an).

Diversité, densité et biomasse totale

En saison des pluies, la macrofaune du sol des vieilles jachères (de plus de 5 ans) ne se différencie pas de celle des jeunes jachères (tableau 5.5.3). Elles se caractérisent par une richesse spécifique élevée, une composition homogène et une biomasse élevée. L'arrivée de la saison sèche supprime toutes différences entre jachères et cultures. Quelle que soit l'utilisation du sol, ces parcelles se caractérisent par une macrofaune très peu diversifiée et une composition très hétérogène. Par contre, ces parcelles se distinguent par une biomasse totale assez importante, proche de celle des jeunes jachères mesurée en saison des pluies.

Composition de la macrofaune du sol

Les vieilles jachères sont caractérisées, en saison des pluies, par des densités en termites peu élevées, légèrement inférieures aux cultures. Tous les autres groupes, à l'exception des fourmis, présentent des densités supérieures à celles observées dans les cultures. Le groupe « autres » se distingue par une diversité spécifique élevée avec des densités remarquables en acariens, nématodes, thysanoures, hémiptères, orthoptères et larves de coléoptères. Au regard des résultats concernant la plus vieille jachère, on peut supposer qu'une baisse de la biodiversité apparaît après une dizaine d'années de jachère, par simplification des peuplements et prédominance des espèces climaciques. Le genre *Microtermes* est le plus présent, excepté dans J₇ où tout les genres sont bien représentés (y compris *Macrotermes*). On constate donc peu de différence entre les caractéristiques des jeunes jachères (présentées au chapitre

précédent) et celles des jachères de plus de 5 ans. Toutefois, on remarque que la parcelle la plus vieille (J_{15}) présente une densité en termites très faible (12 ind./m^2) et une diversité spécifique inférieure aux 2 parcelles plus jeunes (J_7 et J_8). Il serait trop audacieux de conclure ici à une baisse de la biodiversité après une longue durée de jachère : il est nécessaire de confirmer ceci par l'inventaire d'autres jachères âgées. Néanmoins, il a déjà été montré qu'un écosystème ancien, subissant peu de perturbations anthropiques, voit sa biodiversité végétale et animale diminuer après un certain nombre d'années.

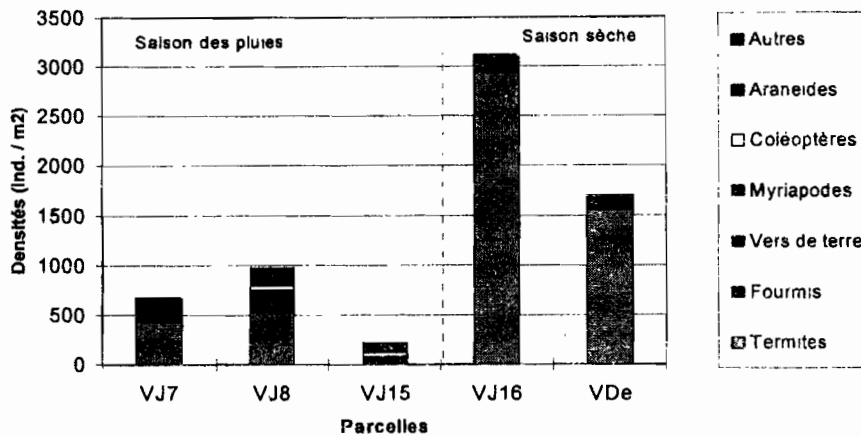


Figure 5.5-6 : la distribution de la macrofaune édaphique dans les vieilles jachères sur vertisol

Le passage à la saison sèche entraîne une prédominance massive des termites, avec surtout le développement du genre *Trinervitermes* et *Microtermes* (1500 à 3000 ind. / m^2 soit 90% de la densité). L'accroissement de l'aridité du milieu exerce une influence dépressive sur les populations de tous les autres groupes, à l'exception des fourmis et des myriapodes. Elle fait fortement diminuer la densité (5 à 17 ind./m^2) et la diversité du groupe « autres » (6 à 9 espèces sur 25 !) avec une quasi disparition des acariens, des collemboles arthropléones, des nématodes, des thysanoures, des hémiptères et des orthoptères.

L'exploitation du bois dans la défriche ne se traduit sur la faune du sol par aucune différence significative de densité ou de diversité. Aucune différence n'a pu être mise en évidence entre ces deux parcelles : il serait nécessaire d'effectuer des mesures en saison des pluies lorsque la faune du sol présente son maximum de diversité.

Les jachères protégées

Quatre parcelles ont fait l'objet d'une mise en jachère durant 5 ans avec une protection contre le pâturage. Deux sont situées sur vertisol (une soumise annuellement au feu $J5b$, l'autre protégée $J5nb$), deux sur ferrugineux (idem que les précédentes : $J5b'$ et $J5nb'$). Les inventaires ont été effectués en début de saison sèche (octobre) et peuvent être comparés aux mesures effectuées parallèlement et à proximité sur les cultures Cb et Cd.

Diversité, densité et biomasse totale

Dans les vertisols, les jachères protégées du pâturage montrent une richesse spécifique faible identique durant cette période à celle des cultures ou des jachères non protégées (tableau 553). Elles se caractérisent, par contre, par un indice de Shannon et un rapport d'équitabilité très supérieur au champ Cb et comparable aux jachères non protégées en saison des pluies, soulignant ainsi une bonne homogénéité de la composition de la faune édaphique. Elles affichent des biomasses très élevées équivalentes aux jachères de saison des pluies. La protection contre le feu présente les mêmes conséquences : une amélioration de l'homogénéité de la composition de la faune du sol est remarquée bien que la richesse spécifique soit faible. L'indice de diversité est finalement proche de ceux caractérisant les jachères durant la saison des pluies.

Dans les sols ferrugineux, la mise en jachère avec protection contre le pâturage se traduit par une très nette augmentation de la richesse spécifique de la macrofaune du sol avec une moyenne 4 fois supérieure dans les jachères par rapport à la culture Cd. Elle permet aussi une meilleure homogénéité de la distribution de la faune du sol dans les parcelles mises en jachère, soulignée par des rapports d'équitabilité supérieurs à celui de la culture. Finalement, la diversité est nettement améliorée par rapport à une parcelle en culture, Cd. La protection contre le feu n'entraîne, par contre, aucune conséquence sur la richesse spécifique ou l'indice de shanon (tableau 553). La mise en jachère entraîne une forte augmentation de la densité et de la biomasse totale (accroissement d'un facteur de 2 à 6). La biomasse totale est élevée dans les deux parcelles, en particulier dans celle protégée du feu. Ceci s'explique, en partie, en raison de la présence dans un seul prélèvement d'une concentration du myriapodes *Habrodesmus duboscqui* (140 ind./m²) et d'une densité en diplopode relativement élevée.

Composition de la macrofaune du sol

Dans les vertisols, les jachères protégées se caractérisent par une densité totale faible (500 à 600 ind./m²), s'expliquant par les faibles densités de termites constituées presque exclusivement de *Microtermes* et *Odontotermes*. Elles présentent, par contre, des densités élevées (proche des valeurs rencontrées dans les jachères en saison des pluies) pour tout les autres groupes fauniques à l'exception des fourmis. La protection contre le feu n'exerce aucune conséquence remarquable sur la densité totale de la faune du sol. Elle semble favoriser la présence des termites (en particulier ceux du genre *Microtermes*) et des fourmis. On constate de plus que la densité du groupe « autres » est bien supérieure dans la parcelle brûlée en raison de la présence dans un prélèvement d'un grand nombre de larve vermiforme indéterminée.

Les jachères protégées sur sols ferrugineux montrent des densités élevées, bien supérieures à la parcelle cultivée, en raison surtout de forte densité en termites. Il s'agit essentiellement du genre *Microtermes* ; on remarque toutefois la présence du genre *Odontotermes* exclusivement dans les parcelles mises en jachère. Par ailleurs, ces parcelles présentent des densités importantes en vers de terre, coléoptères, aranéides, et myriapodes (essentiellement diplopodes *iulidae* et *polydesmidae*) et "autres". Ce dernier groupe est constitué essentiellement de larves de coléoptères et d'hémiptères. Tout ces groupes montrent des densités voisines de celles caractérisant les jachères de saison des pluies. La protection n'a, par contre, aucun effet visible sur le groupe des fourmis. La protection contre le feu accroît sensiblement la densité totale. Elle augmente significativement les densités en vers de terre (en particulier épigés) et en fourmis. La parcelle protégée présente par ailleurs des densités supérieures en myriapodes, en coléoptères et en nématodes. Enfin, on a constaté dans les résultats concernant le groupe « autres » que le passage du feu entraîne l'augmentation de la présence d'hémiptères.

Discussion

L'analyse des résultats met avant tout en relief les importantes variations saisonnières de la composition de la macrofaune du sol. Elle désigne ainsi le climat saisonnier comme le principal facteur du milieu influant sur la faune édaphique. Les variations pédohydriques saisonnières rythment directement les cycles biologiques du milieu, via les ressources nutritives et la diversité des niches écologiques. La saison des pluies correspond au pic de développement et de diversité de la macrofaune du sol, justifiant notre choix des dates de prélèvements en août. La saison sèche réduit fortement la diversité et la biomasse tandis que la présence des termites et des fourmis devient remarquable. Cette influence du climat saisonnier, claire dans les jachères, est néanmoins moins marquée, voir inexistante, dans les cultures. Ceci peut éventuellement s'expliquer par la couverture herbacée dense composée de *Loudetia togoensis*, *Pennisetum pedicellatum* et *Sporobolus festinus*, caractérisant les cultures en début de saison sèche. Les espèces les plus sensibles à l'aridité du milieu semblent être les acariens, les collembolles athropléones, les nématodes, les thysanoures, les hémiptères, les orthoptères et les larves d'insectes.

Quelle que soit le type de sol, la mise en jachère se traduit par une augmentation de la diversité spécifique, un accroissement de la biomasse et une amélioration de l'homogénéité de la distribution faunique au dépens des populations de termites. Parallèlement, elle favorise le développement des populations de vers de terre endogées, des aranéides, des coléoptères et du groupe « autres ». Néanmoins, ces changements sont très nets la première, voire la deuxième année de jachère. Aucune différence marquée n'est clairement mise en évidence pendant les 10 années suivantes. Elle permettrait donc dans

ces sols de diversifier le rôle de la macrofaune du sol et finalement d'intensifier l'activité biologique. Ces changements sont nets en saison des pluies, lors du pic de développement de la faune édaphique, mais invisibles en début de saison sèche pour les jachères traditionnelles.

La protection des jachères contre le pâturage permet par contre d'atténuer les effets de la saison sèche sur la macrofaune du sol. Ainsi, la diversité et la biomasse restent exceptionnellement élevées en début de saison sèche par rapport aux jachères sans protection. Une étude en saison des pluies aurait été souhaitable afin de comparer la composition de la macrofaune au moment du pic de diversité : elle n'a pu avoir lieu en raison du calendrier d'échantillonnage des études pédologiques et phytoécologiques.

La protection contre le feu exerce un effet beaucoup plus faible sur la faune du sol que la mise en jachère. Elle améliore apparemment l'homogénéité de la composition des populations étudiées sans affecter véritablement la richesse spécifique globale de la parcelle. Les principales études portant sur l'impact du feu sur la faune du sol montrent que le passage du feu n'exerce qu'un effet dépressif momentané sur la faune du sol : 6 mois après le passage du feu, la faune retrouve sa composition originelle (Bachelier, 1978). La protection contre le feu se présente donc comme une pratique moins performante, d'autant plus que sa mise en oeuvre est délicate. Elle peut éventuellement s'avérer efficace pour une meilleure reprise de l'activité de la macrofaune dans les sols ferrugineux, mais elle semble bien peu intéressante dans le cas des vertisols.

Conclusion

Les deux études sur la macrofaune invertébrée du sol, menées simultanément au Sénégal et au Cameroun, sont difficilement comparables, d'abord en raison de la différence entre les sites étudiés (ferrugineux au Sénégal et surtout vertisols au Cameroun) mais aussi de par la nature des parcelles inventoriées. Néanmoins, elles présentent plusieurs traits communs, qui permettent d'esquisser quelques conclusions dépassant le cadre des sites étudiés :

- importance de l'effet de la saison sèche sur la faune du sol. La saison des pluies entraîne un pic de diversité et de biomasse ;
- modifications lente de la faune du sol au cours de la jachère. Réduction des populations et de la diversité dans les vieille jachère (10 ans Cameroun, 20 ans au Sénégal) ? Les changements principaux ont lieu la première année de mise en jachère.

Finalement, il semble difficile de déterminer quel nombre d'année de jachère permettrait de recouvrir une biodiversité faunique « idéale ». On peut, tout au plus souligner que de longues jachères (supérieures à 8 ou 10 ans) semble inutile. Encore faudrait-il définir ce qu'est une biodiversité idéale, et quel objectif doit elle remplir. Ainsi, une étude basée uniquement sur la diversité faunique ne nous renseigne guère sur l'optimisation des pratiques de mise en jachère. Elle permet, tout au plus, d'alimenter l'analyse et la compréhension finale des processus décrit par les études pédologique et phytoécologique. De telles études fauniques doivent nécessairement être complétées par l'étude plus spécifique des principaux ingénieurs du sol au sens de Stork et Eggleton (1992). Pour cela, il est nécessaire de travailler au niveau de l'espèce afin de dégager les grands groupes fonctionnels, intervenant directement dans le fonctionnement du système culture-jachère.

Trois phases de travail doivent être alors réalisées. La première doit déterminer quels sont les principales espèces dites « ingénieurs » du milieu, afin d'établir les groupes fonctionnelles les plus pertinents au système. La deuxième doit mettre en évidence les variations de composition de ces grands groupes durant le cycle culture-jachère. La troisième doit enfin relier différentes composition types à un niveau de reconstitution ou de fertilité du milieu à exploiter. Par ailleurs, la détermination d'indicateurs à partir de la composition faunique doit prendre en compte la facilité d'application de la méthode requise pour les obtenir.

Références citées

- ANDERSON & INGRAM J. (1993) Tropical Soil Biology and Fertility. A handbook of methods C A.B Oxford (2nd édition), 221 p.
BACHELIER G. 1978 La faune des sols, son écologie et son action. ORSTOM ; Bondy, 391p.
LETOUZEY, R. 1968. Etude phytogéographique du Cameroun. Ed. P. Lechevalier, Paris 511p.
SEINY-BOUKAR, L. 1990. Régime Hydrique et dégradation des sols dans le Nord/Cameron Thèse de 3^{ème} cycle, Université de Yaoundé 228 p.
+ annexes.
STORK N. & EGGLETON P. 1992. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality American J Alternative Agriculture. 7 38-45.
TAYLOR, L. R. (1984). Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. Ann Rev Entomol, 29 : 321-357.

5.5.5 Jachères et groupes trophiques de termites dans les jachères du Sénégal

Makhfouss SARR¹, Anthony RUSSEL-SMITH², Constance AGBOBA¹

¹UCAD, Sénégal ; ²NRI, Grande Bretagne

Introduction

Pendant la période de jachère, le milieu est un environnement favorable au développement de la macrofaune du sol, en particulier les vers de terre et les termites qui exercent un rôle prépondérant sur les propriétés et le fonctionnement du sol. De nombreux auteurs ont montré que certaines espèces améliorent les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol. Dans les zones semi-arides et arides ce sont les termites et les fourmis qui sont les plus actifs. Ainsi chez les termites, les humivores du genre *Cubitermes* favorisent une augmentation des échanges de cations, de la quantité de matière organique et de phosphore. Quant à l'activité des termites champignonnistes, les genres *Macrotermes* et *Odontotermes* contribuent, d'une part, à augmenter le pH, le taux de magnésium et de potassium, les échanges de cations et la quantité de matière organique comme les *Cubitermes* ; d'autre part, leur activité ainsi que celle des fourrageurs du genre *Trinervitermes* augmentent l'infiltration de l'eau ; enfin, ils contribuent ainsi que les *Microtermes* à l'augmentation du taux de calcium. Ces modifications directes ou indirectes du sol contribuent à améliorer la croissance des plantes. Dans le cadre du programme jachère, une étude sur le peuplement de termites dans les jachères du terroir de Sonkorong situé en zone soudano-sahélienne au Sénégal a été entreprise.

La richesse spécifique dans les jachères

L'inventaire des termites (tableau 5.5-4) dans la zone de Sonkorong a permis de recenser 12 genres et 19 espèces sur l'ensemble des sites, soit près du 1/3 de l'ensemble des espèces recensées au Sénégal. Parmi ces espèces, une, *Amitermes guineensis*, n'a pas été signalée antérieurement au Sénégal. Les résultats de Sarr (1995) ont montré que les jachères du terroir de Sonkorong sont caractérisées par une lente évolution de la richesse spécifique (figure 5.5-7). Lorsque la jachère n'est pas mise en défens le nombre d'espèces de termites (12) ne varie pas entre la jachère de 7 ans et la jachère de 17 ans. La protection de la jachère contre la coupe, les feux et le passage du bétail augmente sensiblement le nombre d'espèces de termites (17 espèces).

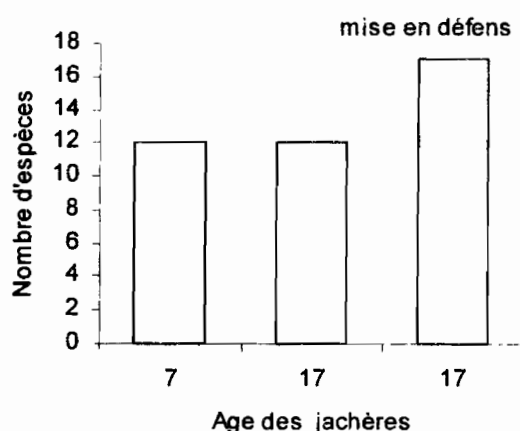


Figure 5.5-7 : Richesse spécifique des termites dans les jachères.

Tableau 5.5-4: Les genres et espèces de termites trouvés dans les sites d'étude à Sonkorong (Sénégal)

| Groupes | Familles | Sous-familles | Genres | Espèces |
|------------------|-----------------|------------------|---|--|
| Champignonnistes | Termitidae | Macrotermitidae | <i>Macrotermes</i> | <i>subhyalinus</i> |
| | | | <i>Microtermes</i> | <i>hollandei</i> <i>sp.</i> <i>vadschaggae</i> var. |
| | | | <i>Odontotermes</i> | <i>dubius</i> <i>latericius</i> <i>nilensis</i> |
| Lignivores | | Amitermitinae | <i>Amitermes</i> | <i>evuncifer</i> <i>guineensis</i> |
| | | | <i>Microcerotermes</i> | <i>parvus</i> <i>spp.</i> |
| Humivores | Rhinotermitidae | Coptotermitinae | <i>Coptotermes</i> | <i>intermedius</i> |
| | Termitidae | Termitinae | <i>Angulitermes</i> | <i>truncatus</i> |
| | | | <i>Cubitermes</i> | <i>niokoloensis</i> <i>sp. aff. orthognatus</i> |
| Fourrageurs | | Apicotermitinae | <i>Promirotermes</i> | <i>sp. aff. orthognatus</i> |
| | | | <i>Tuberculitermes</i> (<i>Anoplotermes</i>) | <i>holmgreni</i> <i>sp.</i> <i>espèces</i> <i>indéterminées</i> |
| | | Nasutitermitinae | <i>Trinevitermes</i> | <i>trinervius</i> <i>sp.</i> |

Les groupes trophiques

Les termites peuvent être regroupés en 4 groupes suivant leur régime alimentaire :

les **xylophages** qui consomment du bois à différents niveaux de décomposition. On peut distinguer dans ce groupe :

- **les xylophages stricts ou lignivores** qui consomment le bois intact ou juste prédégradé. Ce groupe est composé d'espèces qui appartiennent à la sous-famille des Amitermitinae et Coptotermitinae. Ils font leur nid épigé attaché au tronc ou aux branches des arbres. Ils sont représentés ici par les genres *Amitermes*, *Microcerotermes*, et *Coptotermes* (sous famille des Coptotermitinae).
- **les xylophages non stricts ou champignonnistes** qui prélèvent leur nourriture dans la litière et dans le bois mort. Ils font des nids épigés de grande taille ou des nids souterrains. Les espèces qui composent ce groupe appartiennent à la sous-famille des Macrotermitinae. Elle regroupe les espèces de termites les plus actives par la taille de leur colonie et par la quantité importante de matière végétale prélevée dans les écosystèmes (Lepage, 1974 ; 1981). Il stockent les aliments sous forme de meule avant de les ingérer. L'appellation de termites champignonniste est liée à la présence d'un champignon *Termitomyces* qui agit sur les meules, en symbiose avec les termites. En fait, les termites champignonnistes bénéficient d'une action des champignons et des bactéries qui participent activement à la dégradation de la matière cellulosique. Ils sont représentés par le genre *Macrotermes*, *Microtermes* et *Odontotermes* dans nos relevés.
- **les humivores** consomment les particules organiques en décomposition qui se trouvent dans les fractions humiques des sols. Ils constituent le groupe dominant dans les écosystèmes de forêt. Ils sont répartis à travers la sous-famille des Termitinae, et Apicotermitinae. Les espèces font des nids hypogés et épigés dont le matériau de construction est généralement plus riche en matière organique que le sol non remanié. Ils sont représentés par les genres *Cubitermes*, *Promirotermes*, *Tuberculitermes* et *Agulitermes*. La sous-famille des Apicotermitinae est représentée par des espèces non déterminées du groupe des Anoplotermes.

- **les fourrageurs** prélèvent des feuilles et des brindilles de graminées qu'ils stockent dans leurs calies. Ils appartiennent à la sous-famille des Nasutitermitinae. Ils font des nids souterrains avec une partie épigée dans laquelle les récoltes sont stockées. Ce groupe est représenté par le genre *Trinervitermes*

La fréquence d'apparition des différents groupes fonctionnels est en rapport avec la disponibilité des ressources nutritives dans chaque biotope, laquelle est sous influence du niveau d'anthropisation (perturbation d'origine anthropique) et de la biologie des espèces concernées. Les champignonnistes ont un large spectre alimentaire avec des espèces capables de subsister à partir de résidus de cultures, litière, petits matériaux ligneux, branches et troncs morts. Ils sont donc fréquents dans tous les sites mais dominants dans la jachère jeune et la vieille jachère non protégée. Ils représentent respectivement une fréquence relative de 58% et 48% (figure 5.5-8). Les lignivores sont rares dans la jeune jachère où les matériaux ligneux sont presque absents et encore plus fréquent dans la vieille jachère protégée (45%). La diminution de la biomasse végétale dans les jachères jeunes et vieilles non protégées sous l'effet de la pression anthropique entraîne une réduction de la fréquence relative des lignivores qui est de 26%. La fréquence relative des humivores a augmenté dans la parcelle mise en défens (14%) par rapport à la jachère non protégée (10%) mais même dans ce cas, ils sont comparativement rares, reflétant la teneur en matière organique relativement faible même dans le biotope le moins dégradé. Les fourrageurs apparaissent en fréquence plus élevée dans les habitats ouverts (10% dans la jeune jachère) (champ de mil et jeune jachère) mais sont beaucoup plus rare dans les vieilles jachères où l'ombrage réduit la disponibilité en herbacées (6% dans la parcelle non mise en défens et 5% en milieu protégé).

Le facteur protection qui augmente la phytomasse par un facteur 4 dans la jachère de 17 ans (Diatta, 1994), semble accélérer l'évolution du peuplement de termites. Dans les jachères anthropisées, le facteur âge qui permet une certaine augmentation de la biomasse végétale (Kaïre, 1996), ne semble pas agir sur l'évolution de la richesse spécifique des termites. Cette absence d'évolution semble indiquer que la richesse spécifique des termites est plutôt sensible à l'importance de l'accroissement de la biomasse, qu'à l'accroissement lui-même. En effet, l'augmentation de la biomasse végétale est moins importante dans les jachères anthropisées de plus de 6 ans (Kaïre, *op. cit.*). Les termites champignonnistes, humivores et fourrageurs, dont les activités contribuent à améliorer les propriétés des sols sont présents dans la jachère anthropisée de 7 ans. Lorsque celle-ci passe de 7 à 17 ans, la fréquence relative de ces termites augmente peu ou diminue peu (fourrageurs) ; les biomasses végétales évoluent peu (Diatta, 1994) et les teneurs en carbone et azote du sol sont sensiblement les mêmes (Manlay, 1994). Si la période d'installation des humivores est conditionnée par la durée de la jachère, leur fréquence évolue peu avec l'âge mais le facteur protection l'améliore sensiblement.

Diversité

Les indices de diversité calculés par Sarr *et al* (1994) suivent la même tendance que la richesse spécifique, avec une diversité croissante du champ cultivé jusqu'à la vieille jachère protégée. L'influence de la mise en culture se manifeste alors par une diminution de la diversité des termites. Sarr *et al.* (1998) ont observé un gradient de la richesse spécifique du site le moins perturbé (vieille jachère de 18 ans) au site le plus perturbé (champ en continu durant 30 ans) ; celui-ci passant de 14 espèces à 4. Les auteurs estiment que cette tendance traduit à la fois la disponibilité des ressources nutritives et celle des niches écologiques à l'intérieur des différents sites ; les 2 tendant à diminuer avec le rallongement des temps de culture et le raccourcissement du temps de jachère. Ils ont également observé que le nombre d'espèces de termites et la diversité spécifique augmentent rapidement lors de l'établissement de nouvelles jachères mais augmentent lentement entre la 2^{ème} (12 espèces) et la 18^{ème} année de jachère (14 espèces). L'indice α des séries logarithmiques apparaît mieux corrélé à la richesse spécifique. Sa valeur est plus élevée dans la jachère de 18 ans (1.85) et varie peu entre la jachère de 2 ans et la culture d'un an (tableau 5.5-4). Ils attribuent cette modeste augmentation de la richesse spécifique et de la diversité durant cette période à l'exploitation du bois et aux feux que connaissent les jachères non protégées.

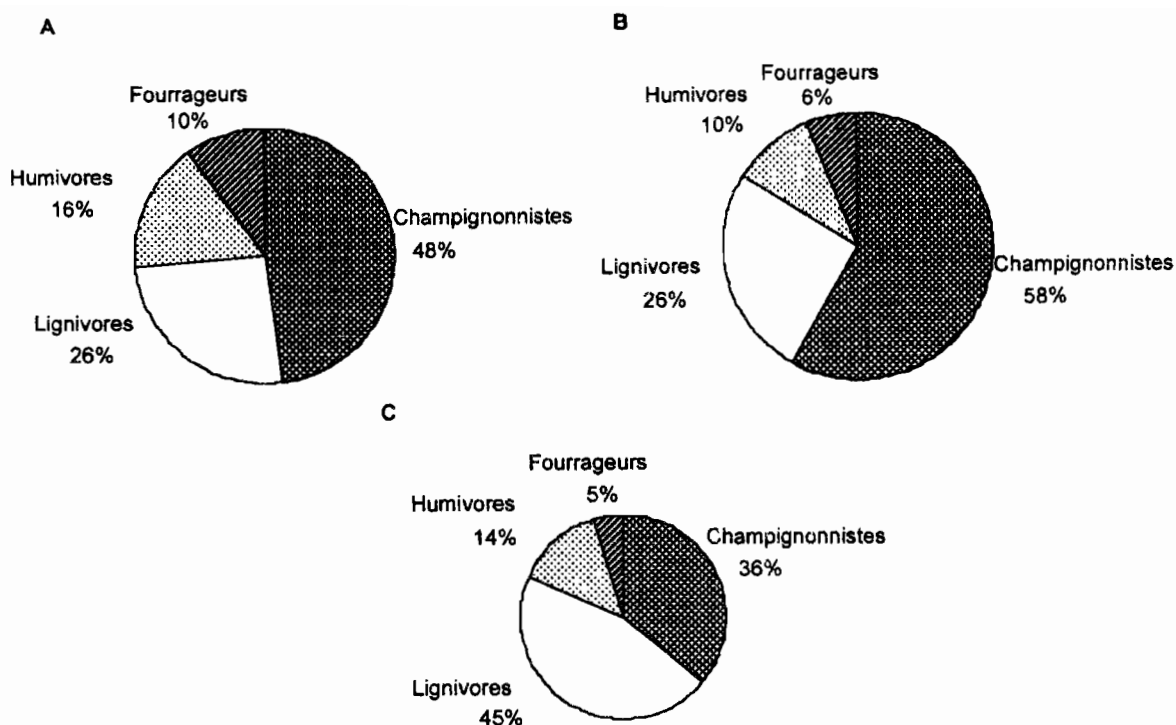


Figure 5.5-8: Fréquence relative des groupes trophiques dans les différentes jachères. A = Jachère de 7 ans ; B = jachère de 17 ans non protégée ; C = jachère de 17 ans protégée.

Tableau 5.6-2 : Indice de diversité des termites dans les jachères et dans les cultures

| Sites | Jachère de 18 ans | Jachère de 2 ans | Culture d'1 an | Culture de 30 ans |
|----------------------|-------------------|------------------|----------------|-------------------|
| No. Espèces | 14 | 12 | 12 | 4 |
| Indice de Shannon | 1.73 | 1.58 | 1.64 | 1.23 |
| Indice de Simpson | 3.94 | 3.76 | 4.25 | 2.97 |
| α log. séries | 1.85 | 1.45 | 1.47 | 0.49 |

Densité des populations de termites

La densité des populations de termites est influencée par l'âge de la jachère et l'état de la parcelle. L'étude effectuée par Sarr *et al.* (1998) a révélé que les densités sont significativement plus faibles dans un champ de 30 ans (culture continue) que dans un champ de un an ou des jachères de 2 et 18 ans (figure 5.5-9). Ils expliquent ce phénomène par la réduction des ressources disponibles à cause d'une culture continue qui a réduit également les populations de termites dans les couches superficielles du sol. Ainsi, quelques espèces, principalement les espèces du groupe des champignonnistes, peuvent exploiter la litière des ligneux résultant du défrichage de la jachère durant les premières phases de la culture. Enfin, l'abondance des termites dans la jachère de 2 ans a été plus élevée que celle de la jachère de 18 ans. Les auteurs expliquent ce résultat par le ramassage du bois de feu et les feux périodiques qui diminuent la litière et le bois mort disponibles.

Les termites champignonnistes sont les plus abondants et contribuent au minimum à 74% de la densité totale des termites ; *Odontotermes latericius* dominant largement l'ensemble des espèces champignonnistes recensées.

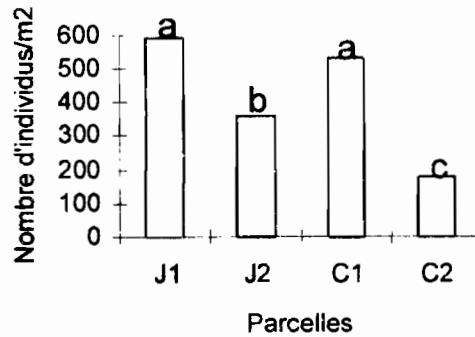


Figure 5.5-9 : Population de termites dans différents âges de jachère et avec différentes périodes de cultures de mil dans le terroir de Sonkorong. Les populations qui ont les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes (test de Kruskal-Wallis ; $p < 0.05$). J2 = jachère de 2 ans ; J18 = jachère de 18 ans ; C1 = culture d'1 an ; C30 = Culture de 30 ans

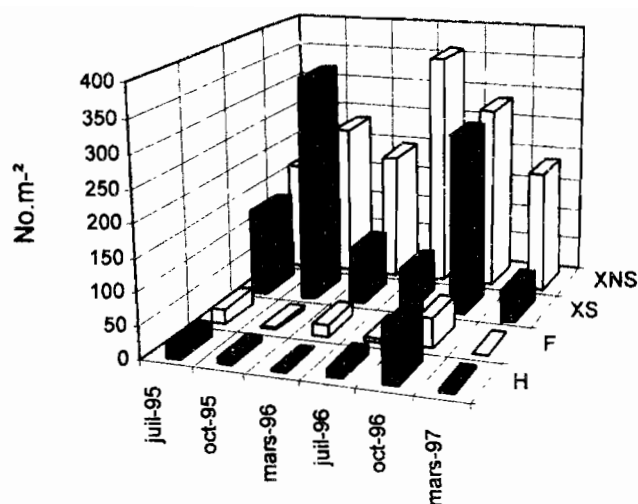
Dynamique des peuplements de termites

L'impact des variations saisonnières a été analysé à travers des observations répétées au cours de deux années (1995 et 1996) en considérant 3 périodes d'échantillonnage (début de saison des pluies, fin de saison des pluies et saison sèche). L'abondance moyenne des termites est a été calculée pour chaque période d'échantillonnage à partir des données obtenues dans les différentes parcelles. Nous présentons dans cette étude, la dynamique des groupes trophiques et celle des espèces les plus abondantes dans nos relevés. Nous avons, en outre, étudié l'effet de la saison sur la diversité des termites.

Les groupes trophiques

Au cours des deux années d'étude, la densité des termites lignivores et celle des termites champignonnistes ont été plus élevées que celles des humivores et des fourrageurs quelle que soit la période d'échantillonnage (figure 5.5-10). En début de la saison des pluies, la densité des lignivores est estimée à $133. \text{ m}^{-2}$. Cette densité est multipliée par un facteur 2.6 en fin de saison des pluies. Elle est considérablement réduite en saison sèche ($82. \text{ m}^{-2}$). Au cours de la deuxième année, la densité la plus élevée a été observée en fin de saison des pluies ($275. \text{ m}^{-2}$) Elle est estimée à 62 m^{-2} en début de saison des pluies et 49 m^{-2} en saison sèche. Chez les termites champignonnistes, la plus grande densité est observée en fin de saison des pluies et en saison sèche (respectivement $235. \text{ m}^{-2}$ et $195. \text{ m}^{-2}$) au cours de la première année. Par contre en début de saison des pluies la densité est plus faible ($168. \text{ m}^{-2}$). En deuxième année, la plus grande densité a été observée en début de saison des pluies ($359. \text{ m}^{-2}$). Elle diminue en fin de saison des pluies ($282. \text{ m}^{-2}$) et atteint sa plus faible valeur en saison sèche ($188. \text{ m}^{-2}$). Le groupe des humivores et celui des fourrageurs présentent de faibles densités au cours des différentes périodes d'échantillonnage. Les densités les plus élevées ont été observées en fin de saison des pluies avec respectivement $85. \text{ m}^{-2}$ et 47 m^{-2} .

Nous avons remarqué que les termites champignonnistes constituent le seul groupe fonctionnel dont la population présente d'importantes fluctuations au cours des 2 années. Les autres groupes ont leurs plus importantes densités en fin de saison des pluies, puis en début de saison des pluies. La saison sèche est caractérisée par une forte réduction de la densité de ces trois groupes fonctionnels.



XNS= champignonnistes ; XS= lignivores ; F= fourrageurs ; H= humivores.

Figure 5.5-10 : Evolution saisonnière de la densité des groupes fonctionnels de termites.

Les espèces

Une analyse globale de la fluctuation des peuplements de termites a été effectuée par une analyse des composantes principales (ACP). Le tableau est constitué à partir de la valeur moyenne de la densité des espèces de termites pour chaque période d'échantillonnage. Ainsi le tableau comporte en colonne les différentes espèces de termites et en ligne les différentes période d'échantillonnage.

La carte factorielle des relevés correspondant aux périodes d'échantillonnage et celle des différentes espèces de termites sont représentées par la figure 5.5.11. Les axes F1 et F2 représentent 69% de l'inertie totale. Les relevés effectués en début de saison des pluies s'expriment sur l'axe F1 ; ceux réalisés en première année occupent la partie positive de F1 et ceux de la deuxième année se distinguent dans la partie négative de F1. Cette opposition des 2 relevés se manifeste à travers les peuplements de termites recensés au cours de chaque période. La première année est caractérisée par une faible densité des termites, par contre en deuxième année, le peuplement est caractérisé par un groupe d'espèces constitué par *Microtermes grassei*, *Eremotermes sp.*, *Macrotermes subhyalinus*, *Microtermes subhyalinus* et *Coptotermes intermedius* qui ont des coordonnées négatives sur F1. En fin de saison des pluies, les relevés réalisés en première année se distinguent dans la partie positive de F2 et sont caractérisés par *Amitermes spinifer*, *Promirotermes holmgreni*, *Cubitermes sp aff. orthognathus*, et *Microtermes hollandei*. Ces relevés s'opposent à ceux effectués en deuxième année ; ils occupent, le plan factoriel négatif de F1xF2. Les espèces caractéristiques de ces relevés constituent une groupe formé de *Amitermes guineensis*, *Odontotermes latericius*, *Microcerotermes spp.*, *trinervitermes trinervius* et *Amitermes evuncifer*. En pleine saison sèche, les relevés effectués en première et deuxième année sont représentés dans les valeurs positives de F1. Ils sont caractérisés par une réduction importante de la densité des peuplement de termites.

Les résultats ont montré une importante fluctuation des densités de termites au cours des saisons. (figure 5.5.12.).

Toutefois il est remarqué que les relevés effectués en début et en fin de saison des pluies, en première et en deuxième année, disposent des plus importantes densités de termites. Par contre elle est plus élevée en première année au cours de la saison sèche. Par ailleurs, il existe une faible variation inter-annuelle des peuplements de termites. La densité des termites pour chaque période d'échantillonnage n'est pas significativement différente entre la première et la deuxième année ($p < 0.05$).

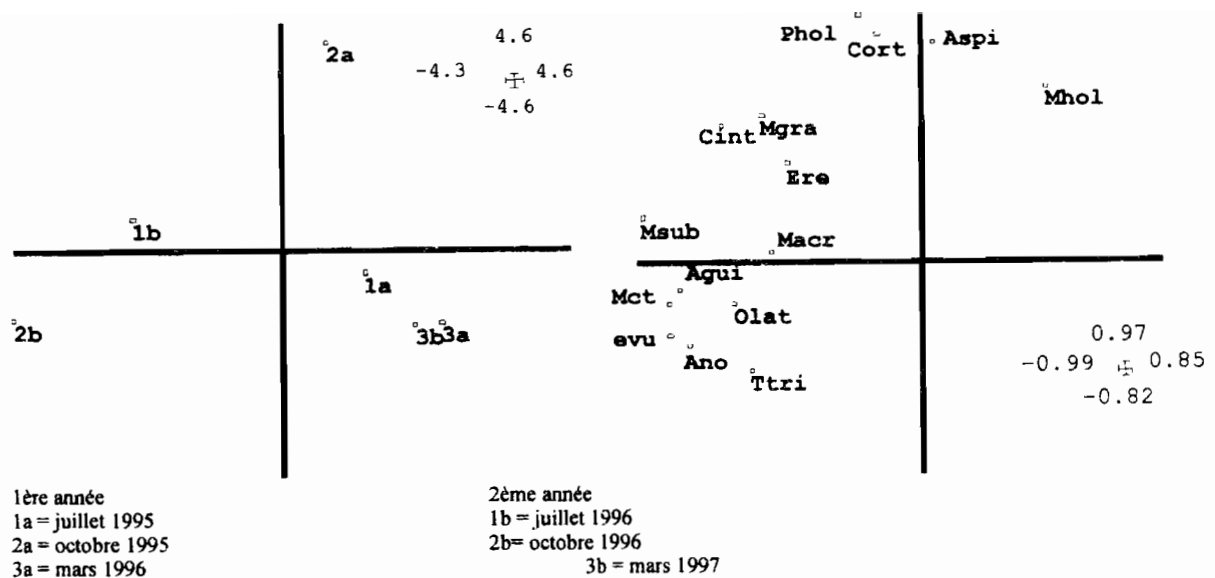


Figure 5.6-11 : Cartes factorielles de l'analyse en composantes principales (ACP) normée des relevés quantitatives des espèces au cours des différentes saisons. A= carte factorielle des relevés (différentes saisons) ; B = carte factorielle des variables, espèces de termites.

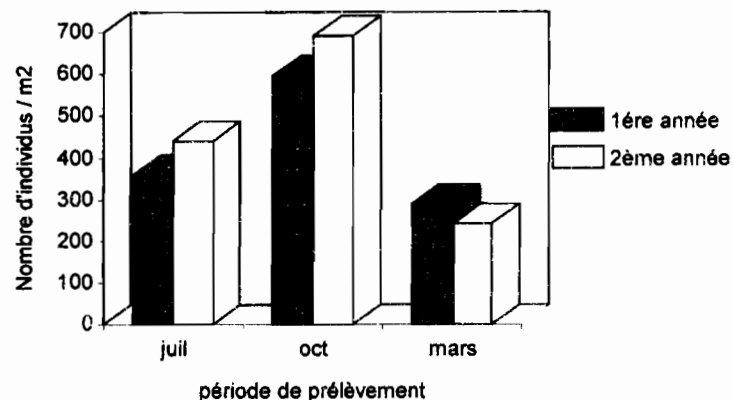


Figure 5.5.12 : Variation saisonnière et inter-annuelle des populations de termites

La disponibilité des ressources en nourriture et en habitat en relation avec l'augmentation de la biomasse n'est pas seule responsable de la variation de la densité des peuplements de termites. La migration verticale sous l'effet de la saison joue un rôle prépondérant dans la fluctuation de l'abondance. Durant la saison des pluies, l'analyse de la distribution verticale, des termites tous biotopes confondus laisse apparaître que :

- 12% des termites se trouvent dans la couche superficielle
- 47% entre 2 et 20 cm de profondeur
- 41% entre 20 et 40 cm.

Seules les espèces du groupe des champignonnistes (*Odontotermes latericius*, *Microtermes grassei*, *Microtermes hollandei*) ont été trouvées entre 40 et 60 cm de profondeur (Sarr *et al.*, 1995). La plupart des espèces présentent une distribution similaire dans les différents horizons de sol à l'exception d'*Odontotermes latericius* dont 63% de la population se trouve en dessous de 20 cm de profondeur. De nombreuses espèces de termites peuvent distribuer leur population à différentes profondeurs du sol selon

les changements saisonniers du taux d'humidité ou de la température ainsi que la disponibilité en ressources (Sarr *et al.*, 1998). Par ailleurs, l'étude de Sarr (1995) vient compléter ces données en y intégrant les facteurs « âge » et « protection » de la jachère ; ainsi, la densité des termites est importante entre 2-20 cm dans la jachère âgée protégée et la jeune jachère et entre 20-40 cm dans la jachère âgée non protégée et la zone de culture.

Conclusion

La protection joue un rôle important pour le maintien d'une grande diversité et d'une abondance de termites. La densité de la végétation liée à la protection favorise l'installation des lignivores et des humivores. La richesse spécifique observée dans la jachère protégée pourrait être liée à la richesse en micro-habitats différents et en nourriture. Les espèces dominantes sont *Odontotermes latericius*, *Microcerotermes spp*, *Amitermes evuncifer*, *Microtermes hollandei* et *Cubitermes aff. Orthognathus*.

Les perturbations du milieu d'origine anthropique (défrichements, mise en culture, coupes de bois et création de zones de parcours sur des surfaces de plus en plus petites, etc.) ont une influence négative sur le peuplement de termites. En effet, la simplification des biotopes a entraîné une simplification de la diversité. Le défrichement élimine les lignivores et les humivores et permet une dominance des champignonnistes qui représentent 82% de la densité totale de la zone cultivée et 30% dans la jeune jachère (Sarr, 1995). La disparition de certaines espèces de termites est liée : à la destruction des nids sub-affleurants de certains humivores, à la destruction des nids épigés de petite taille de *Cubitermes* et *Trinervitermes*, et à la destruction de la strate ligneuse qui occasionne la disparition des lignivores. La perturbation liée à la mise en culture préserve les espèces souterraines. C'est ce qui explique la présence importante de termites humivores du groupe des *Anoplotermes* (Apicotermittinae) dans les jachères soumises à une pression accrue et dans les zones cultivées.

A la suite de cette étude sur l'évolution du peuplement de termites, les auteurs proposent un modèle de gestion des terres basé sur une réduction du temps de jachère. Quand les prélèvements de l'homme sur la jachère (fourrage, bois) sont trop importants, le prolongement du temps de jachère n'entraîne pas une évolution de la richesse spécifique de termites. Ainsi, il suffirait, après 7 ans de culture, d'une jachère protégée pendant 5 ans pour voir se réinstaller des termites ayant disparu sous l'effet de la culture et, d'autre part, le développement de celles dont la fréquence a diminué.

Références citées

- DIATTA M., 1994 Mise en défens et techniques agroforestières au Sine Saloum (Sénégal). Effet sur la conservation de l'eau, du sol et sur la production primaire. Thèse de Doctorat, Université de Strasbourg I, 202 p.
- KAIRE M., 1996. La proction ligneuse des jachères et son utilisation par l'homme en zone soudanienne et soudano sahélienne du Sénégal. Acte de l'Atelier, La jachère lieu de production Bobo Dioulasso 2-4 oct. p. 1-17.
- LAVELLE P., 1996. Diversity of Soil fauna and ecosystem function *Biology international* 33 : 3-16
- LEPAGE M., 1974. Les termites d'une savane sahélienne (Ferlo septentrionale, Sénégal) : peuplements, populations, consommation, rôle dans l'écosystème. Thèse de doctorat de l'Université de Dijon, 334 p.
- LEPAGE M., 1981. L'impact des populations récoltantes de *Macrotermes michaelsoni* (Sjöstedt) (Isoptera, Macrotermittinae) dans un écosystème semi-aride (Kajiado, Kenya). L'activité de récolte et son déterminisme. *Ins. Soc.*, 28 : 297-308.
- 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. DEA « Ecosystèmes continentaux, arides, méditerranéens et montagnards Univ. De doit, d'économie et des sciences d'Aix-Marseille, 69p.
- SARR M., 1995. Contribution à l'étude des peuplements de termites dans le cycle culture-jachère. DEA Université Cheikh Anta Diop. Dakar – Sénégal.
- SARR M., AGBOGBO, C. & SMITH, A. R., 1998 The effects of length of fallow and cultivation on termite abundance and diversity in the sahelian zone of Senegal. A preliminary note : *Pedobiologia*, 42 : 56-62

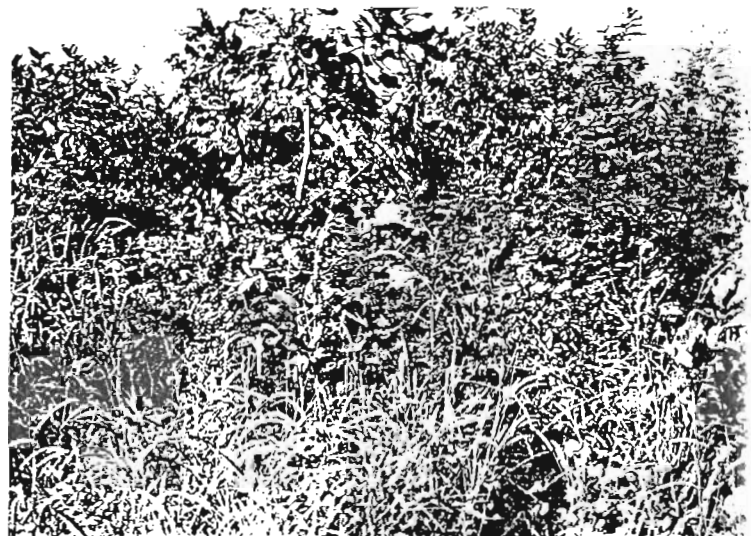
JACHERE EN ZONE SOUDANIENNE NON SATUREE
Saré Yorobana (1200 mm) Sénégal

Zone de culture continue à
proximité du village ⇒



⇐ Jachère d'un an

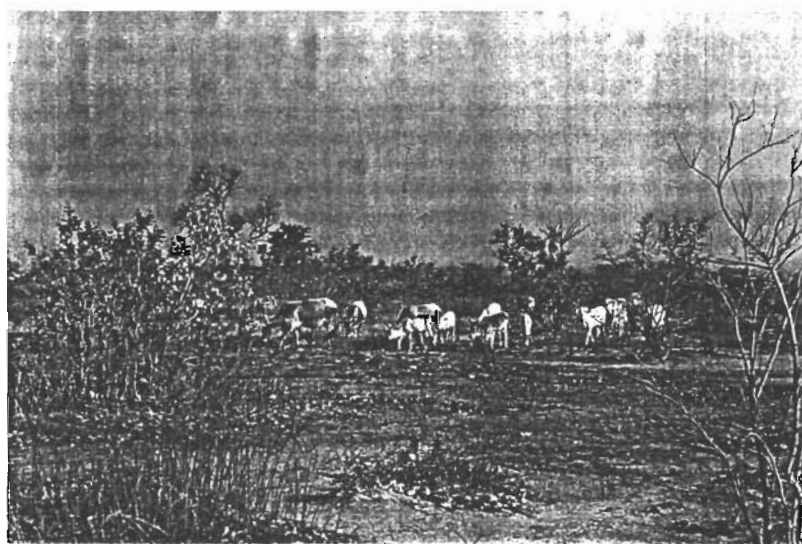
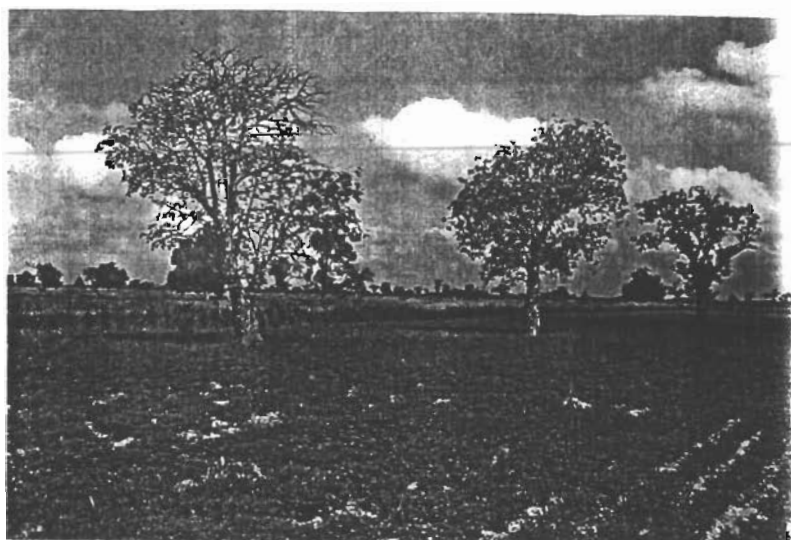
Jachère protégée de 4 ans ⇒



⇐ Essais de réintroduction d'*Andropogon gayanus*

CULTURES ET JACHERES EN ZONE SATUREE
Sonkorong (700 mm) Sénégal

Zone de culture continue ⇒



⇐ Lambeau de savane surexploitée

Vieille jachère dégradée par
surpâturage et coupe de bois ⇒



6 IMPORTANCE DE DIVERS GROUPES FONCTIONNELS SUR LE FONCTIONNEMENT DE JACHERES COURTES

Dominique MASSE¹ avec la collaboration de Alphousseiny BODIAN², Patrice CADET¹, Jean Luc CHOTTE¹, Malainy DIATTA², El Hadj FAYE², Christian FLORET¹, Maguette KAIRE², Raphaël MANLAY¹, Roger PONTANIER¹, France BERNHARD-REVERSAT⁴, Anthony RUSSEL-SMITH³, Makhfouss SARR¹

1 ORSTOM , Sénégal ; 2 ISRA, Sénégal, 3 NRI, Grande Bretagne, 4 ORSTOM, France

6.1 DYNAMIQUE ECOLOGIQUE DES JACHERES DE COURTE DUREE

Dans la zone soudanienne de l'Afrique tropicale, les systèmes traditionnels de gestion des terres agricoles impliquaient une phase de culture de quelques années suivie d'une phase de jachère de l'ordre de 20 à 30 ans. Subissant la pression anthropique, cette dernière phase s'est considérablement raccourcie (Floret *et al.*, 1993). De nombreux itinéraires culturaux impliquent dorénavant une jachère de un an ou deux (Manlay *et al.*, 1997). Les jachères de courtes durées sont donc devenues abondantes dans les paysages agricoles. Les conséquences sont des modifications dans la dynamique de la fertilité physico-chimiques des sols, des ressources pastorales et en bois de chauffe amoindries. De même, les pratiques de substitution à la pratique de la jachère ne seront réalisables qu'avec une immobilisation de courte durée de la parcelle compte tenu de la pression foncière.

Cette étude a pour objectif de comprendre le fonctionnement écologique des jachères de courtes durées (de une à quatre années) en fonction de différents facteurs : éco-climatique (zone soudanienne versus zone sahélo-soudanienne), anthropisation (jachère protégée ou non, phase de culture de longue durée ou non).

Matériels et méthodes

Les expérimentations ont consisté à des mises en jachère de parcelles précédemment cultivées. Ces jachères ont été suivies pendant quatre années (mise en jachère en juin 1994).

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 y est d'environ de 700 à 800 mm. La pression anthropique sur le milieu est forte et les jachères rares. Deux expérimentations ont été réalisées :

- l'une sur un terrain de défriche récente (SO1), les souches de ligneux et les termites sont encore présents et 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 (SO2), où seront testés l'introduction de groupes fonctionnels tels que les ligneux fixateurs d'azote ainsi que les graminées pérennes.

A Kolda, en Haute Casamance ;

La pluviosité annuelle est d'environ 1000 mm. La pression anthropique sur le milieu est faible et on note la présence de nombreuses jachères et zones non cultivées. La parcelle choisie était cultivée après défriche depuis trois années (SY).

Sur chacun de ces sites des plans expérimentaux ont été installés. Les parcelles élémentaires sur lesquelles sont mis en place les facteurs testés ont une surface de 200m² sur SO1 et SY et de 400m² sur SO2. Les répétitions sont réalisées sous forme de blocs. Le tableau 6.1-1 résume la description des différentes expérimentations. Sur SO1 et SY le facteur protection est testé par l'installation d'une clôture séparant des parcelles élémentaires en condition de protection ou non. Pour cette première partie ne seront considérés que les parcelles dites de jachère naturelle, sans manipulation des groupements végétaux ou fauniques qui seront analysés au paragraphe 6.2.

Les paramètres mesurées au cours des quatre années de jachère ont eu pour objectif de caractériser le fonctionnement des jachères concernées, et de tester sur ces paramètres l'influence des divers groupes fonctionnels testés (tableau 6.1-2) :

- la dynamique de la matière organique (carbone et azote totaux) et des éléments minéraux majeurs (azote, phosphore, bases échangeables),
- la dynamique de la végétation épigée et hypogée : diversité et production des strates herbacées, arbustives et arborées
- la dynamique de la microfaune du sol plus particulièrement celle des nématodes
- enfin la dynamique de la mésofaune du sol, (termites, vers de terre, fourmis,...).

Résultats : Dynamique des jachères de courte durée

Dynamique de la végétation herbacée

Evolution du nombre d'espèces et de l'indice de Shannon-Weaver

La figure 6.1-1 montre l'évolution des richesses spécifiques pour les trois sites. Globalement, le nombre d'espèces est plus élevé à Sare Yorobana (147 espèces rencontrées sur les quatre années) qu'à Sonkorong (47 pour SO2 à 107 espèces pour SO1 rencontrées sur les quatre années). Une différence nette de la richesse spécifique apparaît entre SO1 et SO2 liée à l'histoire de chacun de ces sites.

Au cours des quatre années, le nombre d'espèces diminue constamment à Sonkorong passant d'une moyenne de 16 espèces sur SO1 et 11 sur SO2 en 1994 à 8,5 et 5 respectivement pour les deux sites en 1997. En revanche, à Sare Yorobana, la richesse spécifique diminue en 1995 puis reste stable jusqu'en 1997 autour d'une moyenne de 19 espèces. Sur ce site, l'augmentation du nombre d'espèces observées en 1996 peut être due à la perturbation créée par le passage du feu pendant la saison sèche 1995-1996. La protection augmente significativement le nombre d'espèces à Sare Yorobana pendant les trois premières années de jachère ; elle ne semble pas exercer une influence dans la zone de Sonkorong. En moyenne, 60% des espèces sont nouvelles d'une année à l'autre à Sare Yorobana, mais la quatrième année de jachère présente un renouvellement des espèces nettement plus bas de l'ordre de 35%. A Sonkorong, le taux de renouvellement est inférieure à 50% jusqu'en 1996, puis, contrairement à Sare Yorobana, augmente en 1997, pour atteindre un taux de renouvellement de 50% sur SO1. Sur SO2, ce taux diminue fortement en 1996 jusqu'à moins de 20%, mais augmente en 1997, avec 25 à 30% d'espèces nouvelles sur ce site.

Le tableau 6.1-3 donne des profils écologiques de SO1, SO2 et SY pour les quatre années. En 1994, pour les trois sites, les relevés floristiques effectués sont caractérisés par une forte présence des espèces répertoriées comme adventices des cultures par Le Bourgeois et Merlier (1995). Ce sont les genres *Digitaria* et *Eragrostis*, mais aussi les espèces telles que *Pennisetum pedicellatum*, *Brachiaria ramosa*, *Tephrosia pedicellata*, *Schizachirium sanguineum*, *Dactyloctenium aegyptium*. A noter que ces espèces sont communes au trois sites avec une abondance plus ou moins forte : *Brachiaria ramosa* et *Eragrostis lingulata* dominant sur SO1 ; *Digitaria velutina* et *Eragrostis sp.* dominant sur SO2, alors que *Digitaria horizontalis*, *Elionurus elegans* et *Rottboellia exaltata* dominant sur SY. Ces espèces disparaissent du cortège floristique plus ou moins vite. Dès la deuxième années, *Digitaria* et *Eragrostis* sont pratiquement absents. Alors que *Pennisetum pedicellatum* et *Schyzachirium sanguineum* dominant sur SO2, elles sont accompagnées sur SO1 de *Brachiaria ramosa* et *Tephrosia pedicellata*. Sur SY, *Andropogon pseudapricus* apparaît en deuxième année de jachère et domine le recouvrement en compagnie également de *Pennisetum pedicellatum* et *Schyzachirium sanguineum* ; ces espèces demeurent dominantes après 4 années (figure 6.1-2). En revanche, à Sonkorong, *Spermacoce stachydea* qui apparaît dès la deuxième année devient l'espèce dominante en 1997, avec un recouvrement moyen de plus de 90% sur les parcelles non traitées de SO2, et de 50% sur SO1. L'espèce est accompagnée sur ce site des espèces *Bachiaria deflexa*, *Schizachirium sanguineum* et *Tephrosia pedicellata*.

Spermacoce stachydea et *Andropogon pseudapricus* sont les deux espèces végétales caractérisant les premières stades de la végétation de la strate herbacée, respectivement à Sonkorong et Sare Yorobana. Le fait marquant est la très faible diversité et la très faible régularité sur SO2, liées à son passé cultural durant lequel une pression intense a diminué les capacités de régénération de la végétation au moment de la mise en jachère (figure 6.1-2).

Tableau 6.1-1 : Description des sites expérimentaux

| Sigle | Sites | Précédent cultural | Facteurs testés | Schéma du plan expérimental |
|-------|---|---|--|---|
| SO1 | Sonkorong Sine Saloum 13°46'14" Nord 15°31'70" Ouest Pluviosité annuelle ~ 700 à 800 mm | 4 années de culture (rotation mil-arachide) après jachère de plus de dix ans | F1 (Protégé/Non Protégé) F2 (traitements contre termites à la dieldrine/Non traitement contre les termites à la dieldrine) F3 (Dessouchée/Non dessouchée). 4 répétitions | <p>Dimension de la parcelle élémentaire = 10%20 m</p> |
| SO2 | Sols ferrugineux tropicaux Savanes à Combrétacées Forte pression anthropique | plus de 20 ans de culture continue (mil-arachide) | F1 (Introduction <i>Acacia holosericea</i> /Non introduction) F2 (Introduction <i>Andropogon gayanus</i> /Non introduction <i>Andropogon gayanus</i>) Blocs complets randomisés à 4 répétitions | <p>Dimension de la parcelle élémentaire = 20%20 m</p> |
| SY | Sare Yorobana Haute Casamnce Pluviosité annuelle ~ 1000mm Sols ferrugineux tropicaux Savanes à combrétacés Faible pression anthropique | 3 ans de culture après défriche d'une jachère de plus de dix ans (rotation arachide -jachère) | F1 (Protégé/Non Protégé) F2 (Dessouchée/Non dessouchée) F3 (Introduction <i>Andropogon gayanus</i> /Non introduction <i>Andropogon gayanus</i>) 4 répétitions | <p>Dimension de la parcelle élémentaire = 10%20 m</p> |

Tableau 6.1-2 : Principaux paramètres suivis au cours des quatre années des jachères expérimentales à Sonkorong et Sare Yorobana (Sénégal)

| Paramètres | Méthode | Dates de mesures | Principes d'échantillonnage |
|---|---|-------------------------------|---|
| Caractéristiques chimiques du sol | | | |
| -Carbone total | -Oxydation à chaud par acide sulfurique concentré et dichromate de potassium. Dosage des ions Cr ³⁺ formés | -juin 94, oct-nov 94-95-96-97 | Composites de 6 échantillons prélevés dans chaque parcelle élémentaire sur 0-10 cm pour chaque date de prélèvements et sur 10 à 30 cm pour les dates de début et de fin |
| -Azote total | -Attaque en milieu acide sulfurique concentré avec catalyseur à base de Sélénium. Dosage des ion NH ₄ ⁺ par colorimétrie | -juin 94, oct-nov 94-95-96-97 | |
| -CEC | -Saturation du sol en Ca puis échange par du potassium. Dosage du Ca et des chlorures par colorimétrie | -juin 94, oct-nov 97 | |
| -Bases échangeables | -Percolation avec solution normale d'acétate d'ammonium à pH7. Dosages des bases par absorption atomique | -juin 94, oct-nov 97 | |
| -Phosphore total | -Attaque par acide nitrique et acide chlorhydrique concentré à ébullition. Dosage du P par colorimétrie | -juin 94, oct-nov 97 | |
| -Phosphore assimilable | -Méthode Olsen modifié Dabin | -juin 94, oct-nov 97 | |
| Caractéristiques physiques du sol | | | |
| -Densité apparente | -Cube 1000cm ³ , pesée. Immersion dans l'eau et mesure du déplacement de volume | avril 1998 | 2 prélèvements sur 0-10 cm sur SY et SO1 4 prélèvements sur 0-10 cm sur SO2 |
| -Humidité caractéristiques | -Humidité à pF4,2 (15 bars) et pF2,5 (0,33 bars) sur échantillons remaniés | juin 94, nov 97 | Composites de 6 échantillons prélevés dans chaque parcelle élémentaire sur 0-10 cm |
| Activité microbiologique | | | |
| -Biomasse microbienne | -Méthode fumigation-extraction | nov 96 | 1 échantillon composite par parcelle élémentaire sur 0-10 cm de profondeur |
| -Respiration | -Méthode du bocal : incubation du sol in vitro (7j), mesure CO ₂ dégagé et fixé par la soude. | nov 96 | |
| -Minéralisation de l'azote | -Mesures nitrate et ammonium minéralisés sur sol incubé in vitro pendant 3 semaines | juin 97 | |
| Végétation | | | |
| -Composition et recouvrement de la strate herbacée | -Lignes permanentes de 10 m, observation des contacts sur une aiguille tous les 10 cm | oct-nov 94-95-96-97 | 1 ligne permanente sur chaque parcelle |
| -Biomasse de la strate herbacée | -Coupe de 1 m ² et pesée en matière fraîche, teneur en matière sèche (étuve à 65°C) | oct-nov 94-95-96-97 | 4 carrés par parcelle élémentaire |
| -Biomasse racinaire fine diamètre<2mm | -Echantillon de sol de 280 cm ³ , élutriation à l'eau et passage sur un tamis à maille de 1mm, pesée après séchage (65°C), tri manuel des racines fines et débris végétaux | oct-nov 94-95-96-97 | 6 profils (0-10 cm et 10-30 cm) par parcelle élémentaire |
| -Composition et recouvrement de la strate arbustive et arboré | -Inventaire, mesure du diamètre basal, relation préétablie : biomasse = f(diamètre) | juin 94 (souches) avril 97 | Sur chaque parcelle élémentaire |
| -Biomasse racinaire diamètre>2mm | -Excavation d'une tranchée de 10m×0,5m×0,4m. Tri manuel à sec des racines de diamètre > 2mm | juin 1998 | 3 tranchées sur le site de Sare Yorobana et deux sur les sites de Sonkorong |
| Nématodes du sol | Extraction du sol par élutriation. Identification et élutriation sous loupe binoculaire | juin 94, nov 94-95-96-97 | Composite par parcelle élémentaire de 6 échantillons prélevés sur 0-10 cm |
| Macrofaune du sol | Excavation et triage manuel de sol (volume prélevé 0,25%0,25%0,4 m ³), identification et comptage des individus | nov 97 | 5 placettes par parcelle élémentaire |

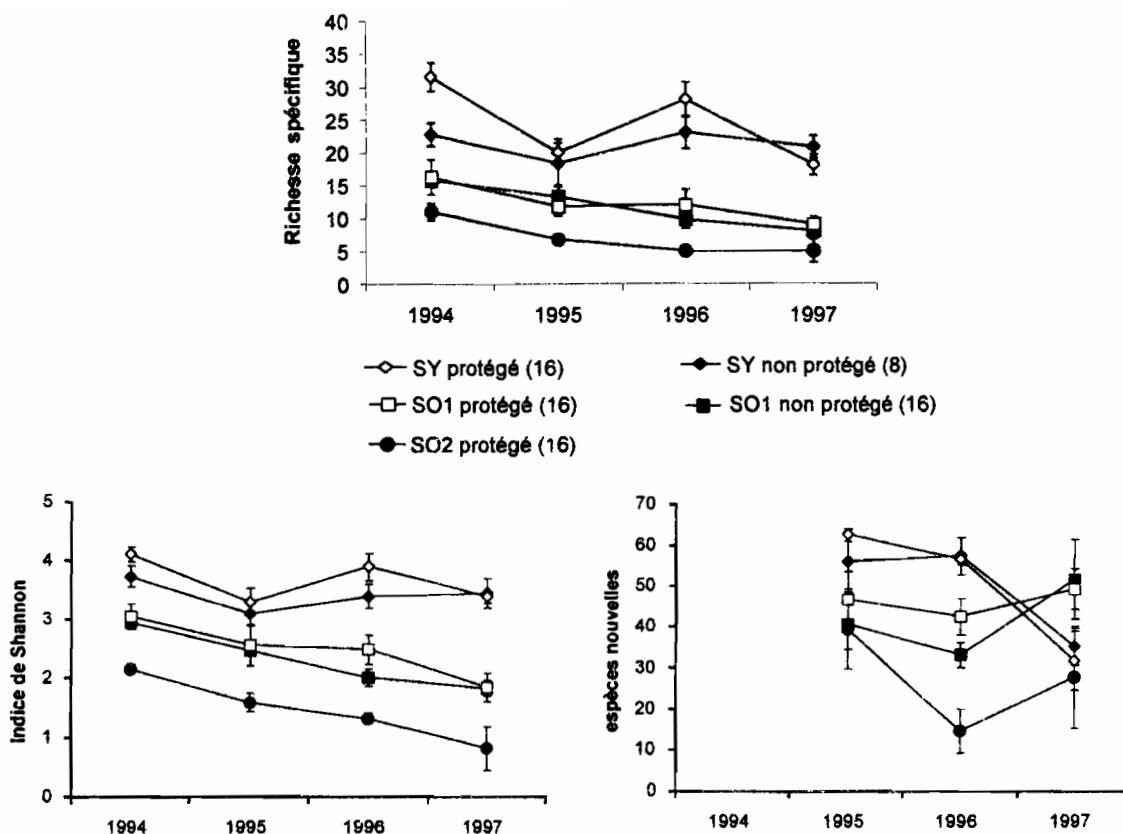


Figure 6.1-1 : Evolution de la richesse spécifique et de la diversité végétale au cours des 4 années de jachère sur les 2 sites expérimentaux. Les barres correspondent à l'erreur standard ; le nombre de mesures utilisées pour le calcul de la moyenne est indiqué entre parenthèse dans la légende.

Spermacoce stachydea est une dicotylédone annuelle de la famille des Rubiaceae. Elle se développe principalement en zone sahélo-soudanienne et soudano-sahélienne dont la pluviosité annuelle est comprise entre 600 et 1200 mm. Elle affectionne les sols sableux à fort drainage comme les sols ferrugineux. La germination a lieu dès les premières pluies et la période de végétation se prolonge jusqu'en septembre. A cette époque commence la floraison induite par la diminution de la longueur du jour. La fructification et la dissémination des graines se déroulent d'octobre à novembre jusqu'au dessèchement de la plante.

Andropogon pseudapricus est une monocotylédone de la famille des Poaceae. Cette espèce annuelle est largement répandue dans les jachères et caractérise, après l'abandon cultural, un stade de grandes herbacées annuelles après le stade des petites espèces annuelles (Innes, 1977).

En conclusion, après quatre années de jachère

- la zone climatique influence la richesse spécifique qui est plus importante en zone plus humide, et favorise l'apparition des nouvelles espèces qui est plus tardive en zone plus sèche (SY versus SO1) ;
- la forte pression culturale a un impact sur la diversité végétale après abandon cultural (SO1 versus SO2) ;
- même en zone protégée, les espèces pérennes ne sont pas encore réinstallées : après les adventices des cultures les espèces de la savane anthropisée annuelles (*Spermacoce stachydea* et *Andropogon pseudapricus*) dominant.

Tableau 6.1-3 : Profils écologiques pour les quatre années de jachère sur SO1

SO1

SY

| Espèces végétales | Fréquences Absolues 3200 points | | | |
|----------------------------------|------------------------------------|------|------|------|
| | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
| <i>Eragrostis ciliaris</i> | 77 | | | |
| <i>Kyllinga erecta</i> | 87 | | | 1 |
| <i>Crotalaria macrocalyx</i> | 36 | 1 | | |
| <i>Dactyloctenium aegyptium</i> | 132 | 9 | 3 | |
| <i>Chloris priuri</i> | 81 | 11 | | |
| <i>Brachiaria lata</i> | | 145 | | |
| <i>Eragrostis aspera</i> | 49 | 6 | 2 | 4 |
| <i>Eragrostis lingulata</i> | 1250 | 123 | 4 | 8 |
| <i>Digitaria horizontalis</i> | 24 | 70 | | 4 |
| <i>Eragrostis tremula</i> | 131 | 54 | 1 | 2 |
| <i>Digitaria velutina</i> | 1053 | 39 | 29 | 14 |
| <i>Tephrosia pedicellata</i> | 1036 | 1310 | 925 | 325 |
| <i>Pennisetum pedicellatum</i> | 1056 | 1132 | 563 | 142 |
| <i>Spermacoce radiata</i> | 86 | 199 | 122 | 8 |
| <i>Brachiaria ramosa</i> | 1445 | 1667 | 1641 | |
| <i>Tephrosia bracteolata</i> | | 12 | 54 | |
| <i>Andropogon pseudapricus</i> | | 39 | 49 | 5 |
| <i>Elionurus elegans</i> | | 142 | | 141 |
| <i>Setaria pallidifusca</i> | 11 | 3 | 187 | |
| <i>Spermacoce chaetoccephala</i> | | 17 | 72 | 67 |
| <i>Spermacoce stachydea</i> | 219 | 521 | 1091 | 1778 |
| <i>Zornia glochidiata</i> | 2 | 57 | 73 | 119 |
| <i>Brachiaria deflexa</i> | 23 | 23 | 126 | 1072 |
| <i>Indigofera astragalina</i> | | | | 46 |
| <i>Schizachirium sanguineum</i> | 604 | 811 | 567 | 357 |
| <i>Ipomoea eriocharpa</i> | 47 | 32 | 29 | 97 |
| <i>Cassia obtusifolia</i> | 294 | 103 | 152 | 190 |

SO2

| Espèces végétales | Fréquences Absolues 1600 points | | | |
|--|------------------------------------|------|------|------|
| | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
| <i>Eragrostis tremula</i> | 614 | | | |
| <i>Eragrostis lingulata</i> | 463 | | | |
| <i>Eragrostis aspera</i> | 302 | | | |
| <i>Dactyloctenium aegyptium</i> | 19 | | | |
| <i>Kyllinga erecta</i> | 14 | | | |
| <i>Hibiscus asper</i> | 47 | 26 | 4 | 4 |
| <i>Digitaria velutina</i> | 1010 | 62 | | |
| <i>Schizachirium sanguineum</i> | 403 | 314 | 66 | 9 |
| <i>Hibiscus sabdaniffa</i> | 39 | 68 | 6 | 3 |
| <i>Pennisetum pedicellatum</i> | 776 | 1361 | 621 | 64 |
| <i>Arachis hypogaea</i> | 7 | 28 | 21 | |
| <i>Andropogon pseudapricus</i> | | 22 | 86 | |
| <i>Evolvulus alsinoides</i> | | | 437 | |
| <i>Spermacoce stachydea</i> | 27 | 294 | 537 | 503 |
| <i>Andropogon gayanus</i> ¹ | 38 | 246 | 200 | 419 |

¹espèce introduite

| Espèces végétales | Fréquences Absolues 2400 points | | | |
|--|------------------------------------|------|------|------|
| | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
| <i>Digitaria gayana</i> | 325 | | | |
| <i>Schizachyrium sp.</i> | 289 | | | |
| <i>Indigofera senegalensis</i> | 211 | | | |
| <i>Rottboellia exaltata</i> | 537 | 2 | | |
| <i>Cissus doeringii</i> | 880 | | | |
| <i>Corchorus olitorius</i> | 57 | | | |
| <i>Crotalaria perrottetii</i> | 116 | 1 | | |
| <i>Crotalaria macrocalyx</i> | 37 | | | |
| <i>Hibiscus sabdaniffa</i> | 37 | | | |
| <i>Brachiaria distichophylla</i> | 35 | | | |
| <i>Elionurus elegans</i> | 880 | 2 | 7 | 17 |
| <i>Brachiaria ramosa</i> | 313 | 40 | | |
| <i>Eragrostis lingulata</i> | 80 | 4 | | |
| <i>Digitaria horizontalis</i> | 1206 | 86 | 1 | 27 |
| <i>Alysicarpus rugosus</i> | 97 | | 8 | |
| <i>Pennisetum violaceum</i> | 51 | | 7 | |
| <i>Indigofera pilosa</i> | 51 | | | 8 |
| <i>Triumfetta pentandra</i> | 78 | 1 | | 8 |
| <i>Ipomoea pes-tigridis</i> | 69 | 34 | | |
| <i>Dactyloctenium aegyptium</i> | 727 | 2 | 174 | 52 |
| <i>Eragrostis tremula</i> | 162 | 21 | 5 | 2 |
| <i>Digitaria velutina</i> | 523 | 13 | 48 | 173 |
| <i>Tephrosia bracteolata</i> | 72 | 9 | 8 | 5 |
| <i>Cassia nigricans</i> | 60 | 3 | 144 | 2 |
| <i>Brachiaria deflexa</i> | 110 | 2 | 110 | 141 |
| <i>Cassia obtusifolia</i> | 480 | 53 | 738 | 118 |
| <i>Tephrosia pedicellata</i> | 364 | 157 | 219 | 77 |
| <i>Ctenium villosum</i> | | 29 | 2 | 4 |
| <i>Conmelina forskalaei</i> | | 21 | 1 | 1 |
| <i>Andropogon pseudapricus</i> | | 1378 | 1413 | 781 |
| <i>Panicum sp.</i> | | 139 | 322 | 55 |
| <i>Pennisetum polystachyon</i> | | 563 | 154 | |
| <i>Schizachirium sanguineum</i> | 35 | 757 | 709 | 289 |
| <i>Urena lobata</i> | | 262 | 65 | 25 |
| <i>Hyptis suaveolens</i> | | 151 | 6 | 85 |
| <i>Alylosia scarabeoides</i> | 3 | 84 | 24 | 94 |
| <i>Pennisetum pedicellatum</i> | 209 | 600 | 60 | 331 |
| <i>Indigofera stenophylla</i> | 1 | | 278 | 8 |
| <i>Crotalaria calycina</i> | | | 177 | |
| <i>Indigofera sp.</i> | | | 29 | |
| <i>Ipomoea heterotricha</i> | 3 | | 38 | |
| <i>Cassia mimosoides</i> | 1 | | 30 | |
| <i>Ipomoea eriocharpa</i> | 140 | 20 | 328 | 145 |
| <i>Spermacoce stachydea</i> | 166 | 233 | 73 | 101 |
| <i>Alysicarpus ovalifolius</i> | 78 | 9 | 124 | 77 |
| <i>Ipomoea argenteaurata</i> | 8 | 11 | 162 | 102 |
| <i>Indigofera dendroides</i> | 3 | 8 | 95 | 14 |
| <i>Sesbania pachycarpa</i> | | 6 | 66 | 5 |
| <i>Hibiscus diversifolius</i> | 16 | 5 | 83 | |
| <i>Indigofera hirsuta</i> | 5 | 4 | 36 | 3 |
| <i>Sida alba</i> | 3 | 27 | 66 | 22 |
| <i>Corchorus tridens</i> | 10 | 16 | 38 | 3 |
| <i>Stylosanthes mucronata</i> | | 39 | 4 | 22 |
| <i>Hibiscus asper</i> | 96 | 35 | 62 | 26 |
| <i>Tephrosia linearis</i> | 35 | 86 | 73 | 98 |
| <i>Pennisetum subangustum</i> | | | | 191 |
| <i>Cyperus halpan</i> | | | | 33 |
| <i>Andropogon gayanus</i> ¹ | 116 | 478 | 518 | 620 |

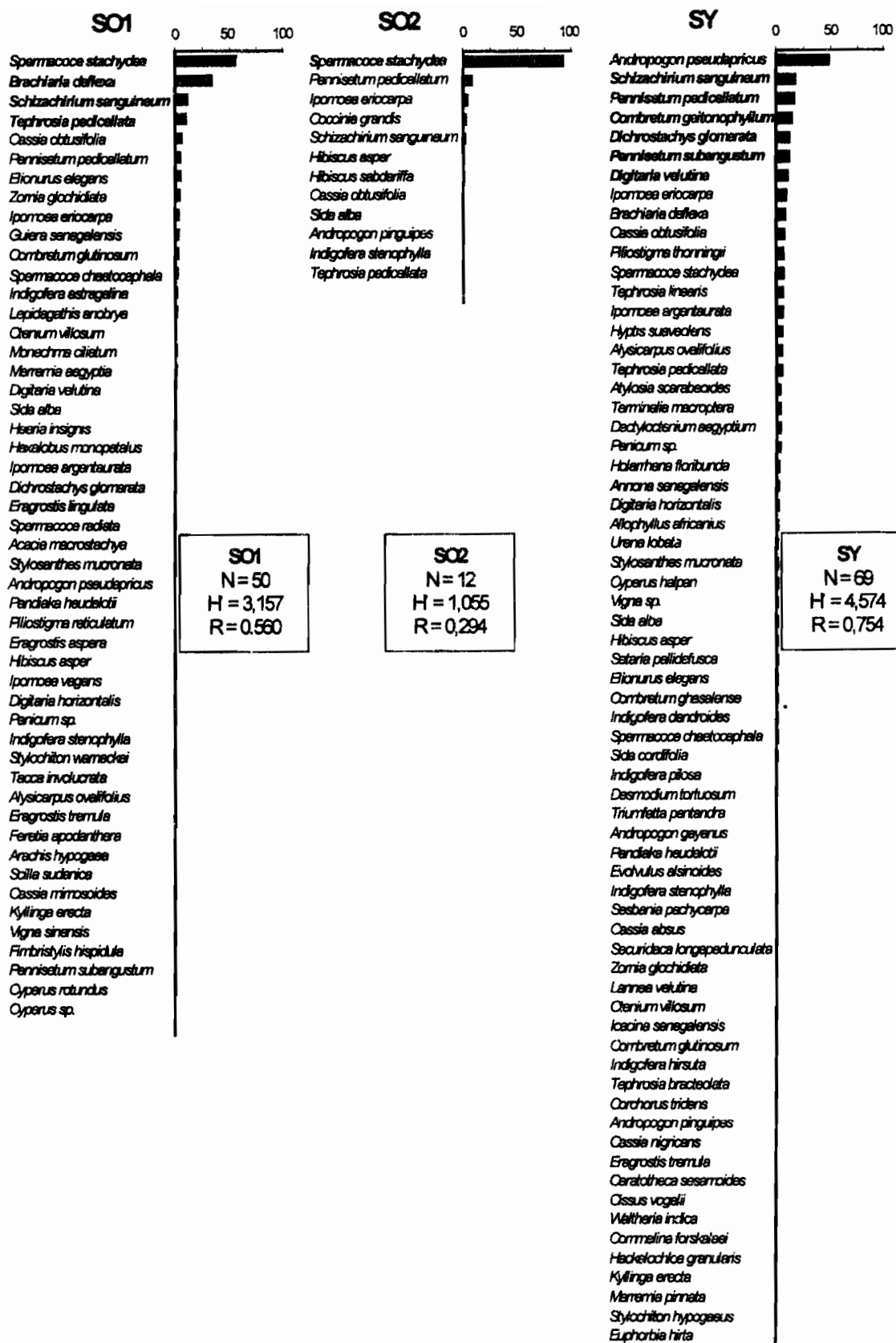


Figure 6.1-2 : Composition floristique et recouvrement moyen sur les trois sites en 1997 (N nombre d'espèces, H' indice de Shannon Wiener, R indice de régularité)

Production de biomasse végétale

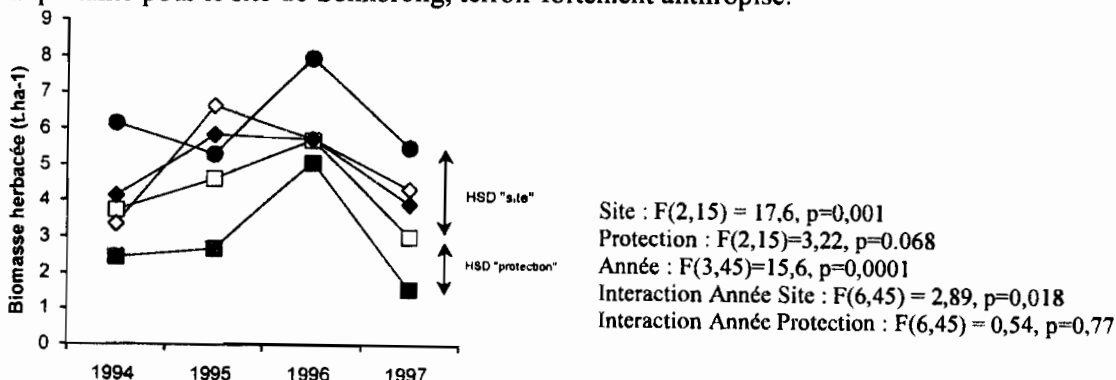
Production ligneuse aérienne

La dynamique de la strate ligneuse varie fortement selon les différents sites. La figure 6.1-3 montre la production de biomasse ligneuse, évaluée à partir du diamètre basal mesuré et les relations établies entre ces diamètres et la biomasse aérienne. La production est en moyenne de 12 à 14 t.ha⁻¹ à Sare Yorobana, de 2,5 à 6,5 t.ha⁻¹ sur SO1 à Sonkorong, et de 0,4 t.ha⁻¹ sur SO2 à Sonkorong. Ces différences significatives montrent les écarts de production entre les zones climatiques. L'effet du précédent cultural sur les jachères de SO2 est très nette ; la régénération après une très longue période de culture continue est pratiquement nulle. La protection a améliorée la biomasse ligneuse sur SO1 mais de façon très variable selon les blocs ce qui explique un test F indiquant un effet non significatif ($p=0,07$) ; la biomasse ligneuse est évaluée sur des parcelles de 200m² ce qui est très loin des aires minimales d'étude de la biomasse ligneuse. Ceci explique les fortes variabilités obtenues. La biomasse ligneuse produite diminue de 60% sur les parcelles non protégées. La protection n'a pas d'effets significatifs, toutefois la tendance est une production plus faible de 13% environ dans les parcelles non protégées sur SY.

Production de biomasse herbacée aérienne

La production de biomasse herbacée a été mesurée en fin de cycle de végétation, généralement entre la mi-octobre et la mi-novembre. Cette mesure instantanée ne constitue la production réelle en biomasse herbacée sur l'ensemble de la saison (les espèces végétales qui font leur cycle sur le premier mois de la saison de végétation sont sous forme de litière). Cependant, cette mesure au moment du pic de végétation constitue un bon paramètre pour la comparaison entre différents sites du potentiel de production en biomasse herbacée, même si des variations interannuelles liées à la pluviosité apparaissent. La figure 6.1-4 présente les productions annuelles de biomasse en fonction des sites étudiés (SO1, SO2 et SY) et du facteur protection. On remarque que le site SO2 présente des productions significativement plus élevées (de 5 à 8 t.ha⁻¹) par rapport à SO1 (de 1,5 à 5,7 t.ha⁻¹) et pour certaine année (1994, 1996) par rapport à SY (de 3,3 à 6,7 t.ha⁻¹). Malgré un effet statistique non significatif mais avec une probabilité ($p=0,06$) proche du seuil $\alpha=0,05$, la protection a sûrement une influence sur la production herbacée des parcelles de SO1. La protection améliore de 54 à 92% la biomasse herbacée récoltée. A noter qu'en année pluvieuse, la différence entre parcelles protégées et non protégées s'estompe. La protection n'influence pratiquement pas la biomasse produite sur SY ; en fait, les jachères à Sare Yorobana subissent une faible pression pastorale contrairement à la région de Sonkorong.

L'effet site sur la production de biomasse herbacée est à mettre en relation avec la dynamique ligneuse des différentes parcelles qui sera abordé dans les paragraphes suivants. La protection est surtout importante pour le site de Sonkorong, terroir fortement anthropisé.



Analyse de variance à deux facteurs « site » et « protection » hiérarchisés avec des mesures répétées

Figure 6.1-3 : Biomasse herbacée en fin de saison des pluies de 1994 à 1997 sur les sites SO1 et SY.

Production de biomasse souterraine

On a distingué deux types de biomasse souterraine ; la biomasse racinaire liée aux arbustes et aux arbres et la biomasse liée à la strate herbacée. La limite entre les deux types de racine a été fixé selon la taille de leur diamètre : un diamètre de 2 mm a été retenu. Les racines de diamètre inférieure à 2 mm sont mesurés dans des échantillons prélevés par la méthodes du cylindre, alors que la biomasse racinaire de diamètre supérieur à 2 mm est évaluée par la méthode de la tranchée. Cette dernière méthode était très lourde à mettre en œuvre ; une relation entre la densité d'individus arbres ou arbustes et la biomasse racinaire a été établie. Pour cela trois tranchées à Sare Yorobana ont été creusées dans trois parcelles à densité d'individus différente. La figure 6.1-4 présente cette relation établie à l'aide de trois tranchées réalisées à Sare Yorobana et une à Sonkorong. Cette relation est utilisée pour estimer la biomasse racinaire de diamètre supérieure à 2 mm sur l'ensemble des parcelles.

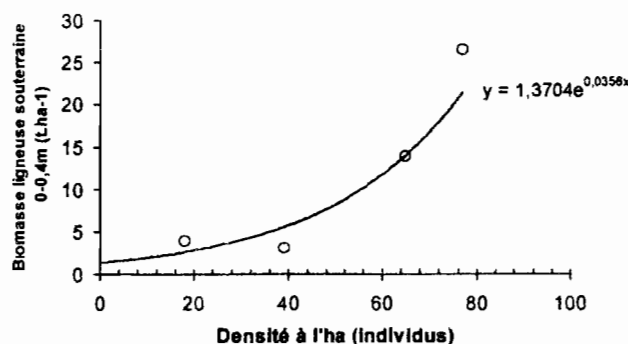
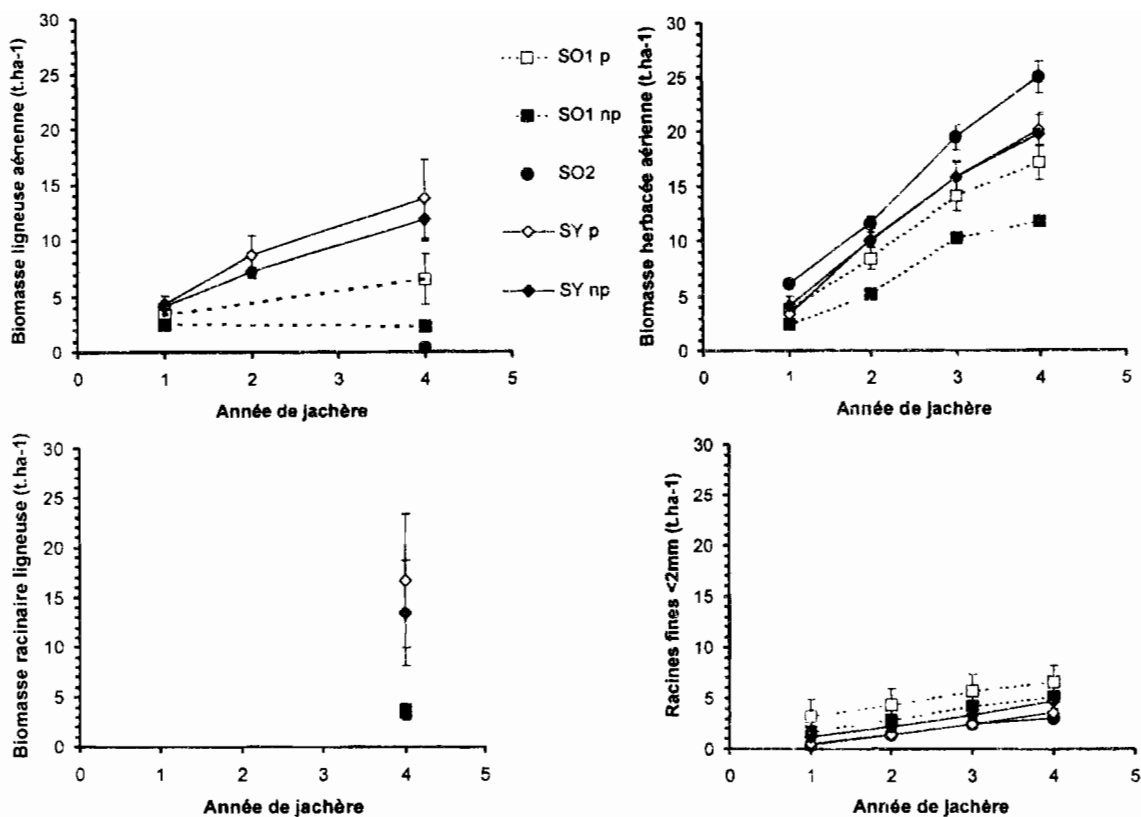


Figure 6.1-4 : Relation entre la biomasse souterraine (racines >2mm) et le nombre moyen d'individus à l'hectare.

Les résultats présentés dans la figure 6.1-5 indiquent des biomasses racinaires des 40 premiers centimètres en moyenne de 15 t·ha⁻¹ à Sare Yorobana et de 3 t·ha⁻¹ à Sonkorong. La variabilité est très importante sur SY avec des maximum pouvant atteindre plus de 30t·ha⁻¹. La production de racines fines est en moyenne de 3 à 5 t·ha⁻¹ sur les quatre années de jachère. Elle apparaît supérieure sur les site SO1 de l'ordre de 6t·ha⁻¹, contrairement aux sites SO2 et SY où elle oscillent entre 3 et 5 t·ha⁻¹. La méthode employée, qui consiste en une mesure ponctuelle par année, ne prend pas en compte la production racinaire fine qui se décompose pendant le cycle de végétation. Ceci amène une sous-estimation notable de la biomasse racinaire puisque César et Coulibaly (1991) estime le turn over annuel à près de 50% sur des savanes du nord de la Côte-d'Ivoire. La production de racines fines seraient donc de l'ordre de 4,5 à 9 t·ha⁻¹.

Le tableau 6.1-4 résume les productions de biomasse végétale hypogée et épigée sur quatre de jachère. La biomasse totale est significativement supérieure sur le site de Sare Yorobana avec une production annuelle moyenne de 13 à 15 t·ha⁻¹.an⁻¹ : la part provenant de la strate ligneuse est de l'ordre de 45%. La production annuelle sur SO1 et SO2 n'est pas significativement différente de l'ordre de 5 à 8 t·ha⁻¹.an⁻¹ de biomasse avec une proportion importante provenant des ligneux. Par contre, cette biomasse est produite pour l'essentiel par la strate herbacée sur SO2. La strate arbustive et arborée participe pour environ 30% à la production totale.



ANOVA par site à un facteur (protection) à mesures répétées (année) et facteur bloc aléatoire
 Les barres d'erreur représentées sur le graphique correspondent aux erreurs standards

Figure 6.1-5 : Production de biomasse aérienne (ligneeuse et herbacée) et souterraine (racines ligneeuses et herbacées et débris organiques) pendant 4 ans de jachère à Sare Yorobana et Sonkorong.

Tableau 6.1-4 : Production de biomasse (t.ha⁻¹) sur quatre années de jachère

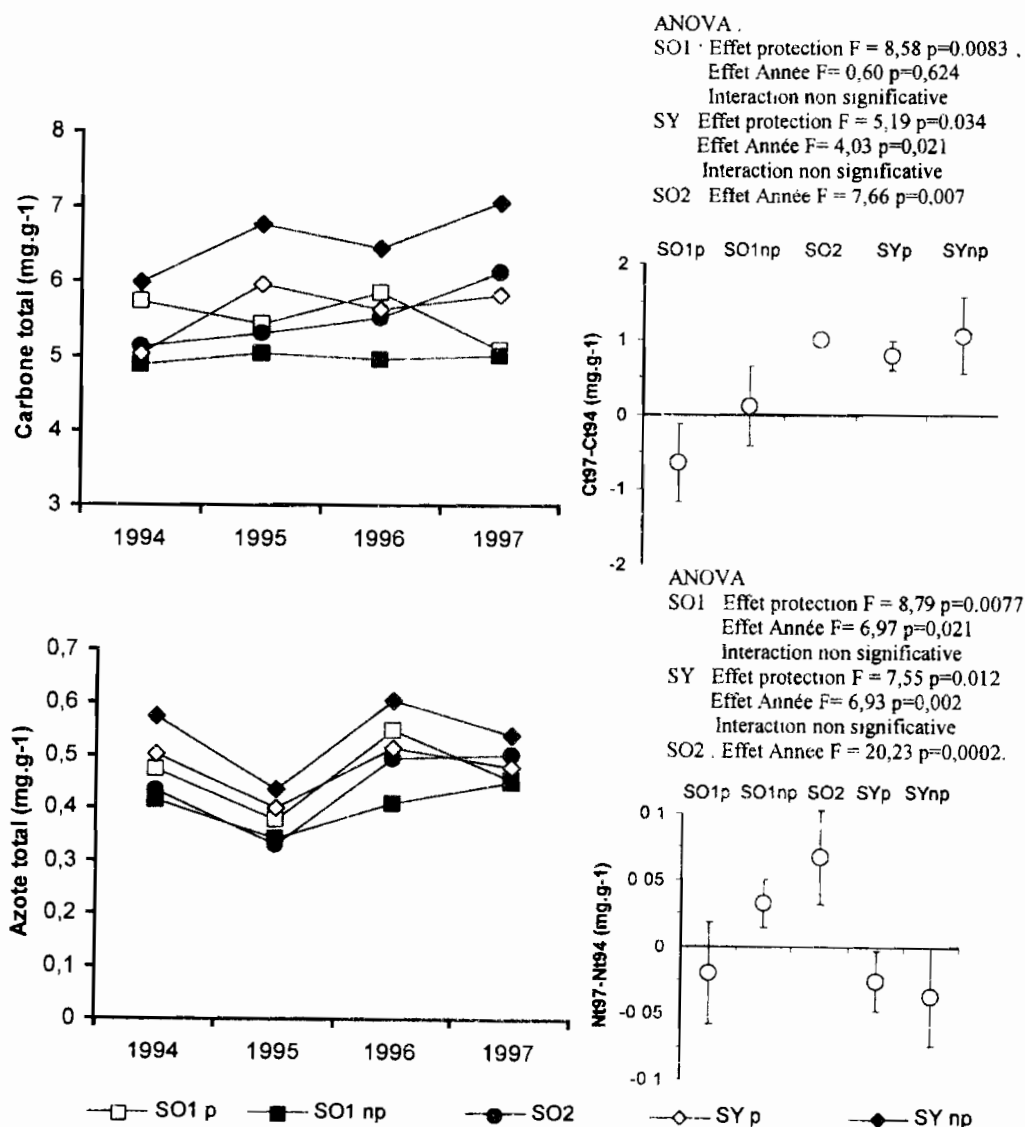
| Sites | Strate herbacée | Racine <2 mm | Strate arbustive et arborée | Racine >2mm | Biomasse totale | Productivité annuelle |
|------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| SO1 p | 17(3) | 6,5(3,3) | 6,5(4,4) | 3,7(1,2) | 31,8(8,9) | 7,9(2,2) |
| SO1 np | 11,7(1) | 5,1(0,6) | 2,3(1) | 3,4(1,3) | 20,7(2,1) | 5,2(0,5) |
| SO2 | 24,8(2,9) | 3(0,3) | 0,4(0,5) | ~0 | 28,2(2,6) | 7(0,6) |
| SY p | 20(2,8) | 3,5(0,8) | 13,6(7,1) | 16,7(13,4) | 59,6(27,6) | 14,9(6,9) |
| SY np | 19,5(4,2) | 4,6(1,3) | 11,8(3,8) | 13,4(10,5) | 51,6(24,4) | 12,9(6,1) |
| Effet site | SO2>SY>SO1 p=0.0002 | SO1>SY=SO2 p=0.0001 | SY>SO1>SO2 p=0.0001 | SY>SO1>SO2 p=0,0006 | SY>SO1=SO2 p=0.0015 | |
| Effet protection | SO1 p > SO1 np p=0.007 | NS | SO1 p>np p=0.0469 | NS | SO1 p>np p=0.084 | |

Les valeurs représentent les moyennes accompagnées de leur écart type entre parenthèses.
 Analyse de variance d'après modèle mixte (effet bloc aléatoire) : y = site + protection(site) + bloc + résidus Les variables ont été transformées par la fonction log(x+1)

Dynamique de la matière organique du sol dans les jachères de courtes durées

Les teneurs en matière organique du sol ont été évaluée par une mesure de carbone organique total et de l'azote organique total.

La figure 6.1-5 représente l'évolution des teneurs moyennes en carbone total et azote total des sols prélevés entre 0 et 10 cm de profondeur. L'analyse statistique indique une augmentation significative en fonction du temps des teneurs en carbone pour les sites SO2 et SY ; par contre sur SO1, les teneurs en carbone ne semblent pas augmenter. Concernant l'azote total, sa teneur évolue significativement au cours des années. Cependant, les teneurs en N peu élevées en 1995 sont difficilement interprétables. Si l'on ne tient pas compte des données de 1995, l'analyse statistique ne montre plus d'effet année pour l'évolution de l'azote pour les trois sites. De même, pour les rapports C/N, les modifications ne sont pas significatives au cours du temps.



Analyse de variance à un facteur (protection) avec mesures répétées avec covariable (=Carbone et azote mesuré en juin 94), effet bloc aléatoire (modèle mixte).

Figure 6.1-6 : Evolution des teneurs en carbone et azote total entre 0 et 10 cm de profondeur sur les quatre années de jachère

La protection influence significativement les teneurs en carbone et azote total. Le rapport C/N ne présente pas de différences significatives pour ce facteur. Pour SO1, les teneurs en C et N sont plus faibles pour les parcelles non protégées pour les trois premières années ; en 1997 cette différence n'apparaît pas. En revanche, sur SY ce sont les parcelles protégées qui présentent des teneurs plus faibles en C et N ; cette différence se maintient tout au long des quatre années de mise en jachère.

La tendance est à l'augmentation du carbone organique sur le site SO2 (jachère après longue période culture, zone climatique sahélo-soudanienne) et à Saré Yorobana (zone climatique soudanienne) ; sur ces deux situations, le gain en teneur de Carbone total est de 1 mg.g-1 en quatre ans soit entre 15 et 20% d'augmentation. En revanche, cette tendance est à la stagnation sur le site SO1 (jachère après courtes périodes de mise en culture, zone climatique sahélo-soudanienne). Concernant l'azote, seul le site SO2 fait apparaître une augmentation d'azote dans le sol ; de 15% sur quatre années de jachère. Le rapport C/N ne change pas au cours des quatre années de jachère quel que soit le site expérimental.

Dynamique du phosphore et des bases échangeables

Le phosphore total des sols oscille entre 50 et 90 µg.g-1 sur les trois sites ; SO2 présente des teneurs légèrement plus élevées que les deux autres sites (figure 6.1-7). Après quatre années de jachère, les teneurs en phosphore total ont tendance à diminuer mais cette différence n'apparaît pas significative (tableau 6.1-4). Le phosphore assimilable présente les mêmes tendance ; la diminution après quatre années de jachère est significative pour les horizons 10-30 cm sur SO2 et SY. Ces diminutions sont difficilement explicables : y-a-t-il une plus grande absorption par les racines ou par les micro-organismes ?

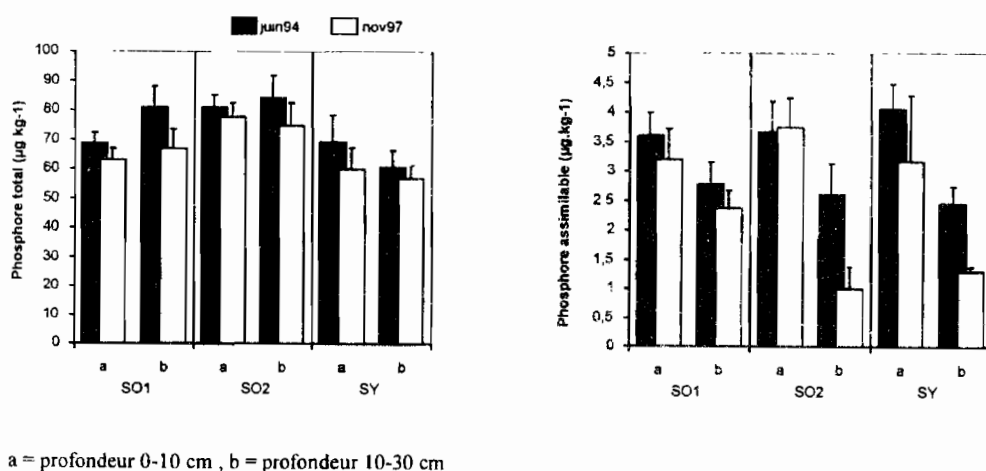


Figure 6.1-7 : Evolution du phosphore total du sol et du phosphore assimilable

Des évolutions significatives sont relevées pour les valeurs de pH (tableau 6.1-4). Le pH_{eau} augmente significativement pour les trois sites expérimentaux de 0,3 à 0,2 points (figure 6.1-8). Cette amélioration est notée uniquement dans l'horizon superficiel. L'augmentation vers des pH plus basiques autour de 6 est à mettre en relation avec une augmentation de la matière organique et donc certainement du complexe absorbant du sol (augmentation des valeurs de pH_{KCl}). Des pH atteignant une valeur de 6 impliquent un meilleur environnement pour les divers processus biochimiques du sol.

Tableau 6.1-4 : Caractéristiques chimiques des sols sur les trois après 4 années de jachère

| Var. | prof. | SO1 | | SO2 | | SY | | Analyses de variance | | |
|------|-------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|------|
| | | protégé | non protégé | protégé | non protégé | protégé | non protégé | temps | protection | site |
| PT | a | 65 _(5,5) | 61,3 _(5,5) | 77,5 _(8,2) | 60 _(18,4) | 60 _(12,2) | NS | NS | SO2>SY=SO1 p=0,059 | |
| | b | 62 _(7,4) | 72 _(7,4) | 74,5 _(7,5) | 54,8 _(8,3) | 58,5 _(10,8) | SO1 - | SO1 np>p (p=0 01) | SO2>SO1>=SY p=0,001 | |
| PA | a | 2,9 _(1,1) | 3,5 _(1,1) | 3,7 _(1,9) | 2,3 _(0,9) | 4 ₍₃₎ | NS | SY np>p (p=0,02) | NS | |
| | b | 2,4 _(0,5) | 2,4 _(0,5) | 1 _(0,8) | 1,3 _(0,2) | 1,3 _(0,2) | SO2 - SY - | NS | NS | |
| PHE | a | 5,86 _(0,39) | 6,01 _(0,39) | 6,34 _(0,28) | 6,53 _(0,37) | 6,33 _(0,13) | SO1 + SO2 + SY + | NS | SY>=SO2>SO1 p=0,001 | |
| | b | 5,61 _(0,27) | 5,33 _(0,27) | 5,78 _(0,39) | 6,13 _(0,34) | 6,11 _(0,08) | NS | NS | SY>SO2=SO1 p=0,005 | |
| PHK | a | 4,57 _(0,44) | 4,75 _(0,44) | 5,29 _(0,24) | 5,52 _(0,4) | 5,26 _(0,2) | SO1 + SO2 + SY + | NS | SY=SO2>SO1 p=0,002 | |
| | b | 4,2 _(0,33) | 3,95 _(0,33) | 4,36 _(0,44) | 4,9 _(0,5) | 4,96 _(0,14) | NS | NS | SY>SO2>SO1 p=0,002 | |
| CEC | a | 2,93 _(1,22) | 3,57 _(1,22) | 3,76 _(0,45) | 3,05 _(1,5) | 2,95 _(0,81) | NS | NS | NS | |
| | b | 3,43 _(1,17) | 4,54 _(1,17) | 3,66 _(1,1) | 2,3 _(0,38) | 3,14 _(0,77) | NS | NS | SO1=SO2>SY p=0,002 | |
| CA | a | 0,66 _(0,39) | 0,66 _(0,39) | 1,7 _(0,08) | 1,44 _(1,00) | 1,43 _(0,58) | SO1 - SO2 - SY - | NS | SO2>SO1=SY p=0,057 | |
| | b | 0,45 _(0,19) | 0,39 _(0,19) | 1,25 _(0,59) | 0,84 _(0,38) | 1,14 _(0,44) | SO1 - SO2 - SY - | NS | SO2>SO1=SY p=0,048 | |
| K | a | 0,07 _(0,03) | 0,1 _(0,03) | 0,09 _(0,03) | 0,06 _(0,01) | 0,07 _(0,01) | NS | NS | NS | |
| | b | 0,06 _(0,03) | 0,15 _(0,03) | 0,05 _(0,03) | 0,06 _(0,01) | 0,05 _(0,01) | NS | NS | NS | |
| MG | a | 0,36 _(0,21) | 0,33 _(0,21) | 0,85 _(0,12) | 0,15 _(0,14) | 0,23 _(0,1) | SO1 - SY - | NS | SO2>SO1>SY p=0,002 | |
| | b | 0,23 _(0,15) | 0,1 _(0,15) | 0,34 _(0,11) | 0,09 _(0,1) | 0,1 _(0,09) | SO1 - SY - | NS | NS | |
| NA | a | 0,04 _(0,03) | 0,03 _(0,03) | 0,02 _(0,01) | 0,04 _(0,01) | 0,07 _(0,05) | SO1 - | NS | SO1>SO2>SY p=0,02 | |
| | b | 0,06 _(0,03) | 0,03 _(0,03) | 0,03 _(0,00) | 0,04 _(0,00) | 0,04 _(0,01) | SO1 - | NS | SO1>SO2>SY p=0,02 | |
| TS | a | 40 ₍₁₉₎ | 34 ₍₁₉₎ | 72 ₍₁₁₎ | 51 ₍₁₆₎ | 61 ₍₁₇₎ | SO1 - SY - | NS | NS | |
| | b | 28 ₍₂₀₎ | 16 ₍₂₀₎ | 49 ₍₂₀₎ | 43 ₍₁₅₎ | 42 ₍₁₀₎ | SO1 - SO2 - SY - | NS | NS | |

- Les valeurs présentées sont les moyennes avec leur écart type en indice entre parenthèses.
- var : PT = phosphore total ($\mu\text{g g}^{-1}$) , PA =phosphore assimilable ($\mu\text{g.g}^{-1}$) ; PHE = pH eau , PHK = pHKCL ; CEC = capacité d'échange cationique ($\text{meq.}100\text{g}^{-1}$) ; CA = calcium échangeable ($\text{meq.}100\text{g}^{-1}$) , K = potassium échangeable ($\text{meq.}100\text{g}^{-1}$) ; MG = magnesium échangeable ($\text{meq.}100\text{g}^{-1}$) , NA = sodium échangeable ($\text{meq.}100\text{g}^{-1}$) ; TS = taux de saturation de la CEC (%).
- prof : a= 0 à 10 cm de profondeur , b = 10 à 30 cm de profondeur
- Anovas : l'effet du facteur année est testé dans un modèle linéaire prenant en compte les autres facteurs site et protection , ainsi qu'un facteur bloc. Les effets des facteurs site et protection sont testé dans un modèle linéaire prenant en compte les facteurs bloc et année comme effet aléatoire

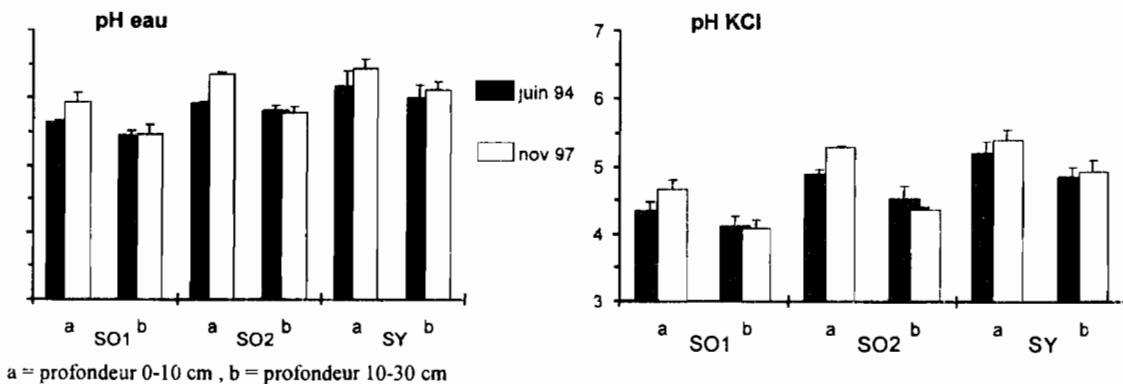


Figure 6.1-8 : Evolution du pH eau et du pH KCl.

La capacité d'échange cationique, restant très faible, ne change pas en quatre années de jachère (tableau 6.1-4). Sur ces sols pauvres en bases échangeables, le taux de saturation de la capacité d'échange diminue significativement sur les trois sites. Ce sont surtout les teneurs en Ca qui baissent, de l'ordre de 20% à Sonkorong (SO1, SO2) et de 50% à Sare Yorobana. Les teneurs en magnésium diminuent d'environ 50 à 70%, ainsi que les teneurs en sodium qui diminuent en moyenne de 60% pour les sites SO2 et SY. Les teneurs en potassium ne semblent pas affectées par les quatre années de jachère. Ces pertes de calcium peuvent être dues à une activité biologique plus importante dans les jachères (absorption par les plantes, dégagement de CO₂, activité minéralisatrice dégageant des nitrates emportant les ions Ca⁺⁺ dans les eaux de drainage). Le magnésium peut également être mobilisé par la végétation.

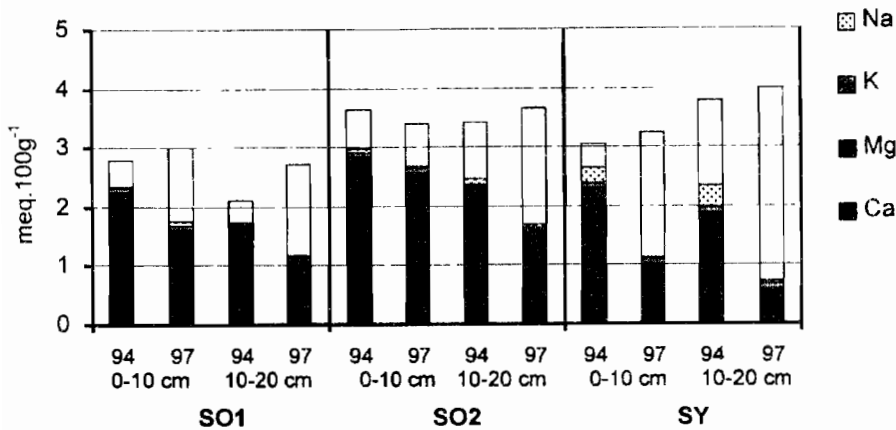


Figure 6.1-8 : Evolution des capacités d'échange et des bases échangeables dans les jachères de quatre ans

Méso et macrofaune invertébrée dans des jachères de courtes durées.

La figure 6.1-9 présente la répartition des différents groupes taxonomiques qui composent la méso- et macrofaune totale du sol. Les termites sont le groupe dominant quels que soient les sites étudiés. A Sare Yorobana, les fourmis représentent environ 30% des effectifs dans les zones protégées. L'abondance et la proportion de fourmis en zones non protégées est plus faible. L'effet de la protection semble être une augmentation de la densité de fourmis sur SY, alors qu'à Sonkorong elle se traduit par une plus forte densité de vers de terre. La diversité taxonomique semble meilleure avec un équilibre plus important entre les effectifs des différents taxons sur les parcelles protégées de Sare Yorobana, contrairement aux parcelles non protégées de SY et aux parcelles des sites SO1 et SO2.

La figure 6.1-10 présente la répartition des principaux groupes trophiques de termites. La composition est différente entre les sites de Sare Yorobana et ceux de Sonkorong. Sur SO1 et SO2 dominent les lignivores, alors que les champignonistes dominent sur SY. Ces deux groupes sont en fait des xylophages : les lignivores étant strictement consommateurs de bois. La prédominance des termites lignivores est liée à la présence de *Eremotermes sp.* La protection augmente l'équilibre entre les taxons que ce soit sur SO1 que sur SY. De même, la protection semble favoriser l'apparition des termites fourrageurs. Ces derniers disparaissent pendant la phase de culture par destruction de leur habitat (nids épigés détruits par les travaux culturaux). La mise en jachère favorise leur développement, cependant quatre années de jachère sur SO2 n'ont pas permis leur apparition. La longue période de culture a donc exercé une forte pression sur les populations de termites.

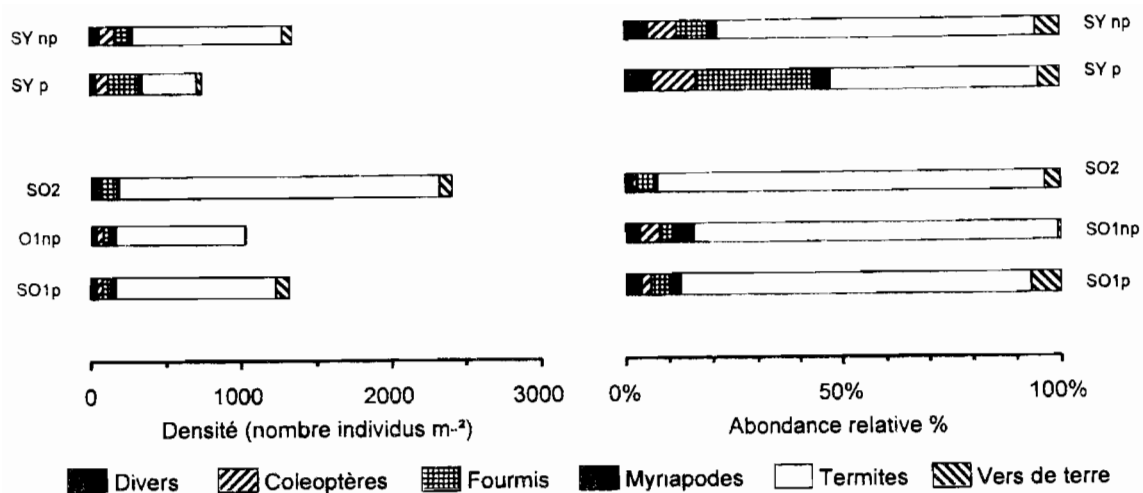


Figure 6.1-9 : Méso- et macro-faunes du sol.

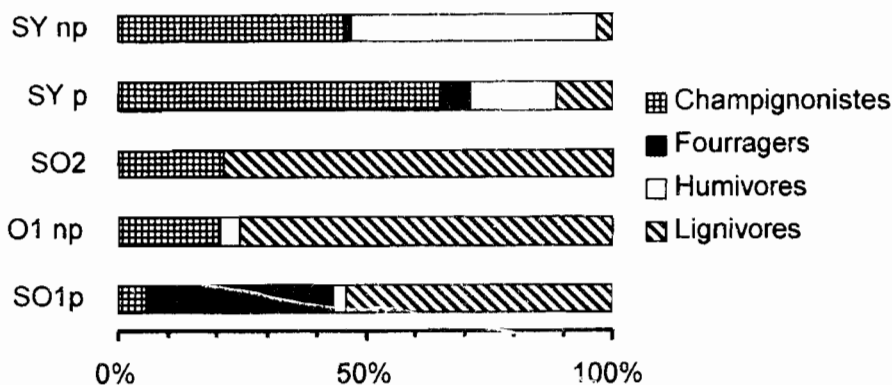


Figure 6.1-10 : Composition en groupes trophiques de la population de termites sur les jachères de courtes durées

Activité microbiologique des sols

Les quantités de carbone dégagé sous forme de CO₂ pendant une incubation de huit jours ne varient pas significativement en fonction des sites (figure 6.1-11) : la tendance est cependant une respiration légèrement plus intense dans les parcelles de Sare Yorobana (SY) et plus particulièrement sur les parcelles protégées. La biomasse microbienne est significativement plus faible sur SY (2,6 à 2,7 % du carbone total) par rapport à Sonkorong (SO1 et SO2) (4,3 à 5,1 % du carbone total). La biomasse microbienne semble plus élevée mais avec une forte variabilité sur SO2. La protection quel que soit le site n'a pas d'effets significatifs sur la biomasse microbienne. Ces deux indicateurs réunis à travers le quotient métabolique montrent une plus grande activité microbiologique sur les parcelles de Sare Yorobana après trois années de jachère. A Sonkorong, l'activité microbiologique apparaît relativement faible. La mise en défens a un effet uniquement à Sare Yorobana, améliorant le quotient respiratoire.

D'après les résultats obtenus sur des incubations in vitro pendant trois semaines, le sol du site SO1 présente une activité minéralisatrice de l'azote organique significativement supérieure à celle des sites

SO2 et SY (figure 6.1-12). Les mêmes résultats sont observés en ce qui concerne l'activité nitrifiante et l'activité minéralisatrice totale de l'azote. Cette activité est légèrement supérieure en zone non protégée sur SO1 ; ce facteur n'a pas d'effets sur le site SY. La différence entre les sites SO1 et SY peut s'expliquer par une immobilisation de l'azote plus importante sur SY liée à sa plus forte activité microbienne. Cependant, les résultats du site SO2 ne concordent pas avec cette interprétation. Les teneurs en azote minéral sont plus importantes dans les sols du site SO2; l'activité minéralisatrice plus faible sur SO2 serait donc du à une dynamique de l'azote minéral différente avant le prélèvement réalisé en fin de saison sèche.

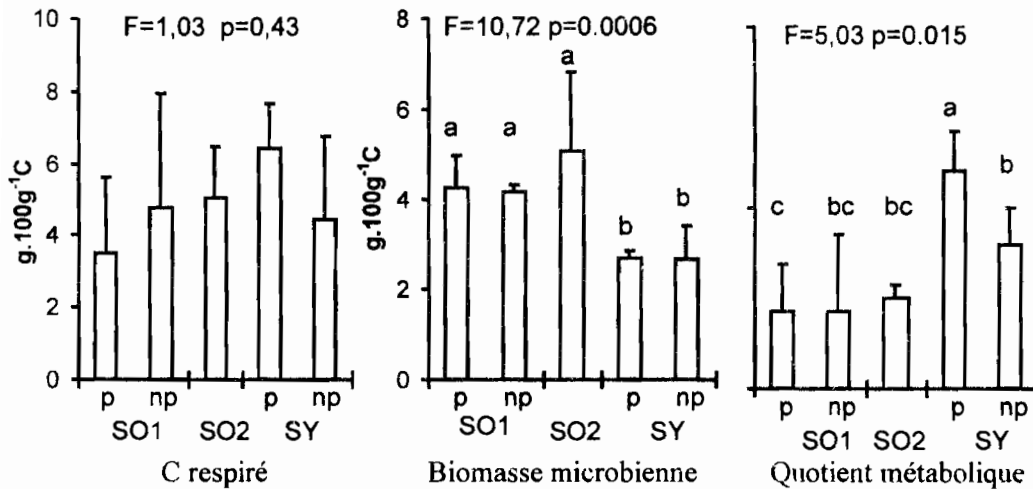
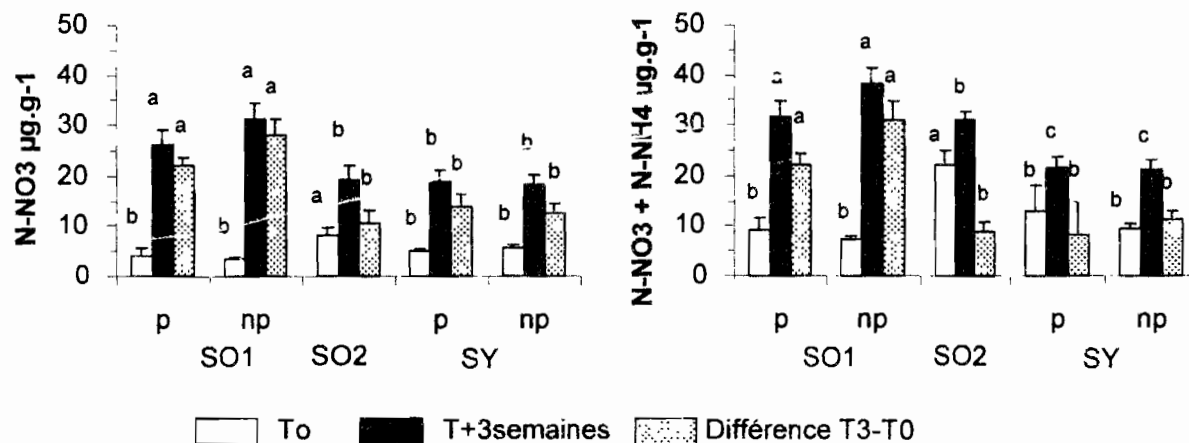


Figure 6.1-11 : Activité microbiologique du sol après 3 années de jachère (prélèvement novembre 1996)



les lettres indiquent pour chaque variable les groupes de valeurs significativement différents (ANOVA, test F à $\alpha=0,10$)

Figure 6.1-12 : Nitrification (N-NO3 minéralisé) et minéralisation totale (N-NO3+N-NH4 minéralisé) de l'azote sur échantillons (prélèvement en juin 1997) Incubés in vitro pendant trois semaines

Dynamique des nématodes

Dans cette étude, ne sont pris en compte que les espèces de nématodes phytoparasites qui sont considérées comme les plus dangereuses pour les plantes cultivées. Les autres espèces, mycophages ou saprophages, n'ont pas été prises en considération. L'abondance du peuplement global de nématodes considérés comme majeurs dans la zone d'étude fluctue de manière très hétérogène selon les situations

(Figure 6.1-13) D'une manière générale, les peuplements augmentent pendant la saisons des pluies, lorsque les plantes, aux dépens desquelles les parasites se nourrissent, se développent. En saison sèche, ils diminuent ou restent pratiquement stables, selon le niveau de résistance des espèces qui composent le peuplement.

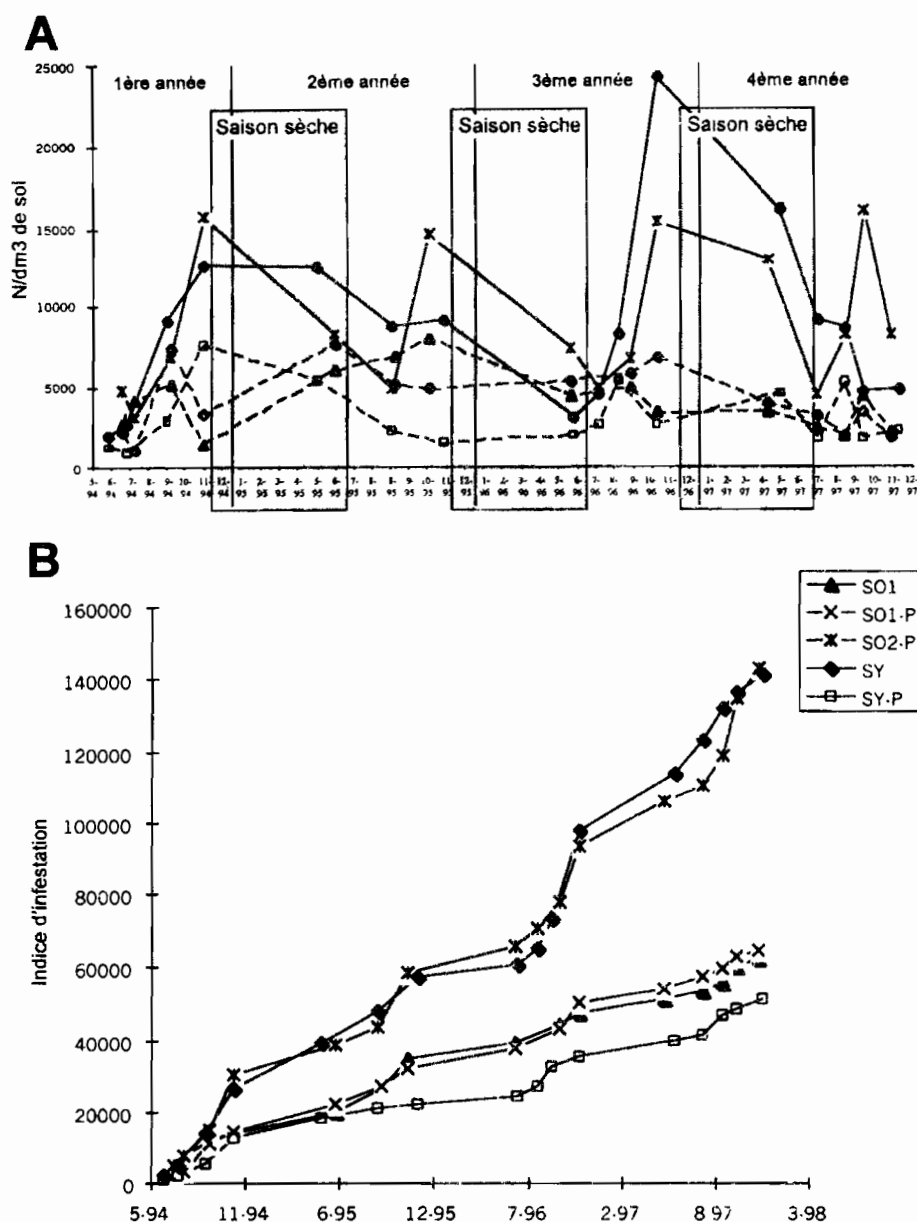


Figure 6.1-13 :Fluctuations naturelles des peuplements de nématodes phytoparasites majeurs sur les jachères naturelles protégées (SO1-P ; SY-P)ou non protégées de Saré Yorobana et de Sonkorong (A). Comparaison des indices d'infestation en nématodes dans les mêmes situations (B)

L'indice d'infestation représenté par l'évolution des peuplements cumulés montre que ce sont les parcelles de jachère naturelle de Sare Yorobana et de la parcelle en défens installée à Sonkorong sur la parcelle cultivée pendant une longue période, qui hébergent, sur les quatre années d'observation, les peuplements les plus importants (Figure 6.1-13). En position intermédiaire apparaissent les parcelles de Sonkorong installées sur des terrain cultivés pendant une période courte. Les peuplements les moins importants se développent sur la parcelle de Saré Yorobana en défens.

Dans la région de Sonkorong, fortement anthropisée, la mise en défens ne semble pas influencer la densité d'infestation du sol. En revanche, il apparaît un effet spectaculaire à Sare Yorobana où le milieu est peu dégradé.

Cependant, le nombre de nématodes phytoparasites par unité de sol dépend largement des espèces qui composent ce peuplement car elles n'ont pas toutes le même taux de reproduction : *Scutellonema cavenessi* a un taux de reproduction relativement faible, alors que *T. gladiolatus* se multiplie extrêmement vite. Le climat influence la diversité spécifique des nématodes dans la mesure où le nombre d'espèces importantes est plus grand à Sare Yorobana qu'à Sonkorong.

Les proportions des différentes espèces sont très fortement influencées par la mise en défens, que ce soit à Sare Yorobana ou à Sonkorong (Figure 6.1-13). C'est d'ailleurs le seul moyen d'obtenir en quatre ans un peuplement réellement différent de celui qui évolue dans les champs cultivés situés dans ces zones respectives (Figure 6.1-13). Cependant, sur la parcelle de jachère située sur le champ cultivé pendant une longue période, le bénéfice de la mise en défens est moins évident, en ce sens que si l'une des deux espèces qui sévissent dans les champs, *T. gladiolatus*, a fortement régressé, la proportion de l'autre, *S. cavenessi* a augmenté. *H. dihystra*, espèce qui se développe durant la jachère n'a pas bénéficié d'une période de stabilité suffisamment longue pour reconstituer des peuplements importants.

L'anthropisation du milieu ni le climat ne semblent influencer la densité d'infestation globale en nématodes phytoparasites du sol, mais le nombre d'espèces présentes dans les peuplements augmente dans les zones les plus humides et les moins perturbées. En revanche, ces deux facteurs influencent considérablement l'efficacité de la mise en défens sur la taille du peuplement. Cette pratique est sans effet pendant une durée de 4 ans, lorsque le milieu a été fortement perturbé par une longue période de culture. En revanche, l'effet dépressif de la protection est très important lorsque le milieu est peu perturbé. Le précédent cultural détermine dans une large mesure l'effet de la mise en défens sur la composition spécifique du peuplement. L'importance de la population de *H. dihystra* est inversement proportionnelle à la pression d'anthropisation.

Les proportions des différentes espèces sont très fortement influencées par la mise en défens, que ce soit à Sare Yorobana ou à Sonkorong (Figure 6.1-13). C'est d'ailleurs le seul moyen d'obtenir en quatre ans un peuplement réellement différent de celui qui évolue dans les champs cultivés situés dans ces zones respectives (Figure 6.1-13). Cependant, sur la parcelle de jachère située sur le champ cultivé pendant une longue période, le bénéfice de la mise en défens est moins évident, en ce sens que si l'une des deux espèces qui sévissent dans les champs, *T. gladiolatus*, a fortement régressé, la proportion de l'autre, *S. cavenessi*, a augmenté. *H. dihystra*, espèce qui se développe durant la jachère n'a pas bénéficié d'une période de stabilité suffisamment longue pour reconstituer des peuplements importants.

L'anthropisation du milieu ou le climat ne semble pas influencer la densité d'infestation globale en nématodes phytoparasites du sol, mais le nombre d'espèces présentes dans les peuplements augmente dans les zones les plus humides et les moins perturbées. En revanche, ces deux facteurs influencent considérablement l'efficacité de la mise en défens sur la taille du peuplement. Cette pratique est sans effet pendant une durée de 4 ans, lorsque le milieu a été fortement perturbé par une longue période de culture. En revanche, l'effet dépressif de la protection est très important lorsque le milieu est peu perturbé. Le précédent cultural détermine dans une large mesure l'effet de la mise en défens sur la composition spécifique du peuplement. L'importance de la population de *H. dihystra* est inversement proportionnelle à la pression d'anthropisation.

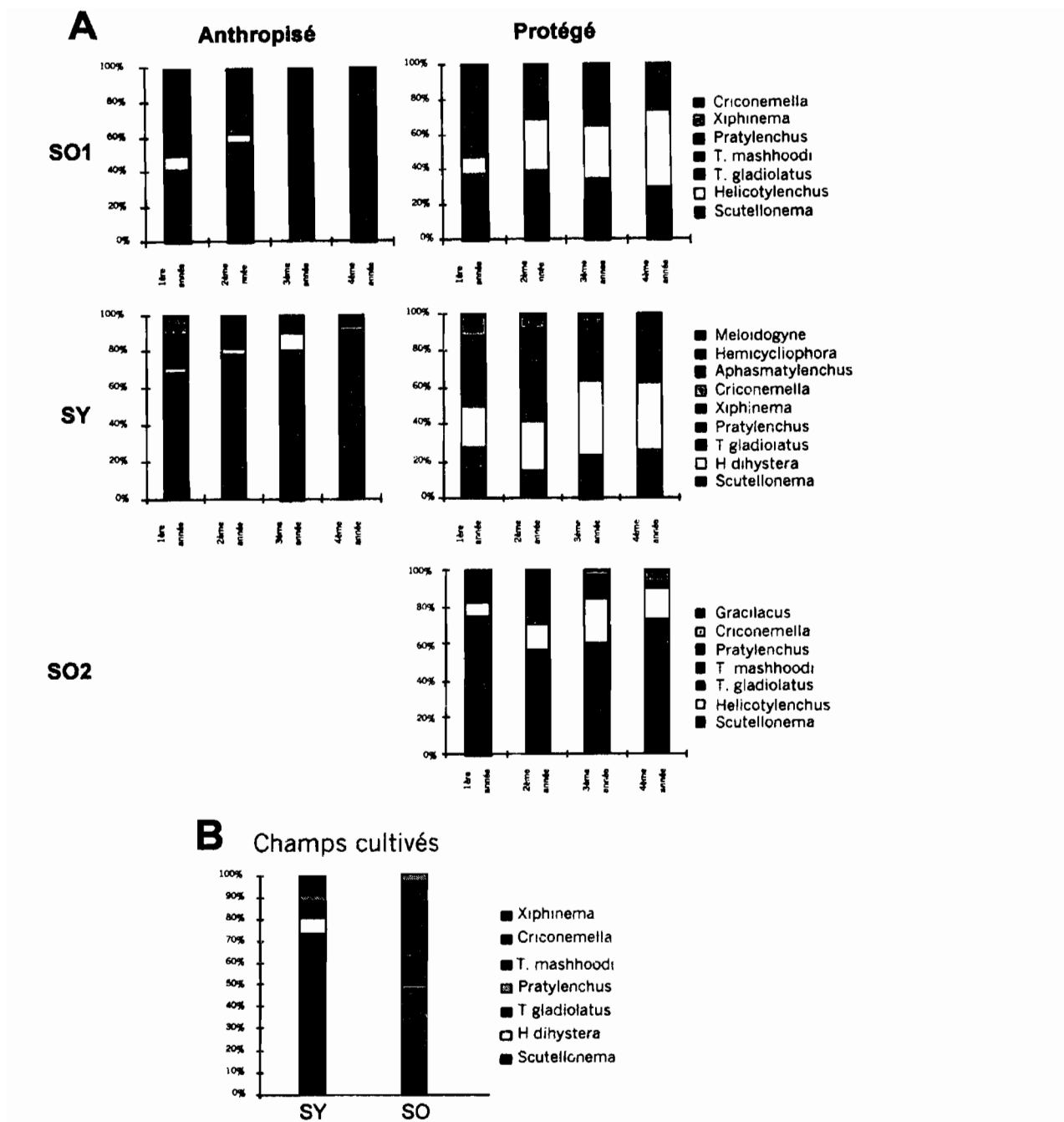


Figure 6.1-13 : Influence de la mise en défens, du précédent cultural et du climat sur la composition spécifique des peuplements de nématodes considérés comme les plus dangereux pour les cultures vivrières de la zone (A). Composition spécifique des peuplement de nématodes phytoparasites majeurs dans les champs cultivés de deux régions (B)

Discussion

Le tableau 6.1-5 résume l'évolution de l'ensemble des variables observées pendant les quatre années de jachère. Les dynamiques comparées des jachères étudiées se distinguent dans un premier temps à travers le développement de la végétation. Le remaniement floristique et la biomasse produite constituent les deux paramètres essentiels qui déterminent les fonctions des jachères dans les agro-systèmes.

Les parcelles après abandon cultural subissent de profonds remaniements floristiques qui se produisent durant les premières années (Donfack, 1998; Dembélé, 1997). A ces remaniements s'ajoute un effet

pluviosité annuelle puisque la répartition des pluies en début de saison peut induire la germination et la dominance de telle ou telle espèce (Seghieri *et al.*, 1994) : ce qui expliquerait les fluctuations du nombre d'espèces sur le site à climat soudanien SY. Sur ce site, l'étude des taux de renouvellement d'espèces semble indiquer une « vitesse » du remaniement plus rapide. Cette dynamique est fortement influencée par le potentiel de régénération au début de la mise en jachère. La longueur de la période de culture explique la différence entre SO1 et SO2 ; les stocks de graines doivent être diminués par les trente années de culture sur SO2. Les adventices des cultures disparaissent dès les premières années. Cette disparition est compensée par l'apparition de nouvelles espèces de savanes : ceci se vérifie sur les parcelles de Sare Yorabana, contrairement aux sites de Sonkorong où les nouvelles espèces tardent à apparaître et où la diversité spécifique diminue pendant les quatre années de jachère. L'apparition des cortèges floristiques de savane est liée à l'environnement général des parcelles. Sonkorong est caractéristique d'une région agricole fortement anthropisée, les sources de régénération de la végétation sont réduites (peu de jachères faiblement anthropisées) ; en revanche Sare Yorabana est une zone faiblement peuplée et cultivée, les parcelles sont proches de jachères anciennes sources de graines. La productivité annuelle en biomasse végétale est différente selon les sites : la plus forte est observée sur les sites de Sare Yorabana. Cette forte productivité est liée à un développement plus rapide des ligneux naturels dans les régions plus humides (plus de 100% de différence entre SO1 et SY). La protection n'a pas d'effets sur la production à Sare Yorabana où la pression anthropique est plus faible. L'effet d'une protection sur la production de biomasse est plus radical à Sonkorong. La pression s'exerce principalement sur la biomasse aérienne ligneuse et herbacée. En revanche, cette pression ne semble pas s'exercer sur le système racinaire des ligneux. Une longue période de culture avant la mise en jachère modifie fortement les capacités de régénération des ligneux. Les rejets de souche sont le principal mode de régénération des ligneux après abandon cultural ; les pratiques de dessouchage ou de coupes répétées des souches perturbent fortement cette régénération et par conséquent les capacités de production de biomasse ligneuse. Cependant, sur le site SO2, ce déficit de production ligneuse semble en partie compensé par une forte production de biomasse herbacée expliquant une productivité globale équivalente entre les sites SO1 et SO2. Cette biomasse herbacée produite est plus importante que la biomasse ligneuse sur les quatre années de jachère sur des parcelles qui ont subi une pression culturale importante. Dans le cycle culture jachère, cette biomasse herbacée contribue fortement à la dynamique de la fertilité biologique et physico-chimique pendant la phase de jachère, alors que la biomasse ligneuse, et plus particulièrement la biomasse racinaire, constitue le seul stock de matière et d'énergie qui sera transféré dans le cycle cultural.

La dynamique des caractéristiques chimiques du sol montre une augmentation du pH des sols, une diminution importante du taux de saturation du complexe d'échange cationique des sols due à des modifications dans les teneurs en calcium et magnésium. Ces phénomènes ne sont pas différents entre les différents sites. Seule la dynamique de la matière organique du sol est différente selon les situations. En terme de teneurs, l'évolution est positive sur les parcelles de SO2 et SY contrairement aux parcelles du site SO1 où la matière organique du sol diminue. Les teneurs en matière organique de ces sols sont faibles et correspondent aux valeurs couramment mesurées dans la région. Le stock de matière organique du sol traduit l'équilibre entre les facteurs qui déterminent son élaboration et ceux qui concourent à sa minéralisation (Swift et Wooster, 1993). Les apports de matière organique dans le sol proviennent principalement de la végétation herbacée, de la chute des feuilles d'arbre et du turn over des racines fines de ligneux.

L'anthropisation du milieu ou le climat ne semblent pas influencer la densité d'infestation globale en nématodes phytoparasites du sol, mais le nombre d'espèces présentes dans les peuplements augmente dans les zones les plus humides et les moins perturbées. En revanche, ces deux facteurs influencent considérablement l'efficacité de la mise en défens sur la taille du peuplement. Cette pratique est sans effet pendant une durée de 4 ans, lorsque le milieu a été fortement perturbé par une longue période de culture. En revanche, l'effet dépressif sur les nématodes de la protection est très important lorsque le milieu est peu perturbé. Le précédent cultural détermine dans une large mesure l'effet de la mise en défens sur la composition spécifique du peuplement. L'importance de la population de *H. dihystra* est inversement proportionnelle à la pression d'anthropisation.

L'analyse de la composition de la mésofaune du sol confirme l'ensemble des résultats précédents. La mise en jachère entraîne une forte augmentation de ces organismes grâce au développement de la

végétation. Ces processus de recolonisation se font plus rapidement dans les régions soudaniennes. La protection améliore également ces processus de restauration dans les zones fortement anthropisées : le gain d'une mise en défens dans les zones faiblement anthropisées n'apparaît pas important. L'importance de la longueur de la phase de culture avant la mise en jachère modifie profondément la composition de la mésofaune ou des groupes trophiques qui les caractérisent. Les pratiques agricoles pendant cette phase détruisent à la fois les sources d'alimentation mais également les habitats (souches, nids épiés...etc.). Les parcelles longuement cultivées nécessitent une intervention par l'introduction de végétaux pour accélérer les processus de reconstitution.

Le fonctionnement de la jachère semble lié au développement de la végétation. La structure de cette végétation et les différentes fonctions des groupes de végétaux qui la composent sont donc essentielles dans la reconstitution des écosystèmes de savanes. En vue d'une optimisation de la durée de jachère, nous avons étudié séparément les fonctions des ligneux, des herbacées, pérennes ou annuelles, et des termites pendant la phase de jachère.

Tableau 6.1-5 : Résumé de l'évolution des différents paramètres écologiques

| | Sites | | | Effet «gestion» | | Effet «climat» | Effet «précédent» |
|--|----------|----------|-----------|-----------------|----|----------------|-------------------|
| | SO1 | SO2 | SY | NP vs P | SY | SY vs SO1 | SO2 vs SO1 |
| Végétation | | | | | | | |
| Richesse spécifique | 9(2) | 5(3) | 18(3) | = | = | +100% | -45% |
| Renouvellement moyen des espèces | 35%(6) | 20%(10) | 38%(4) | = | = | = | |
| Production | | | | | | | |
| Biomasse herbacée (t.ha ⁻¹) | 17(3) | 25(3) | 20(3) | -31% | = | +17% | +45% |
| Biomasse ligneuse (t.ha ⁻¹) | 7(3) | 0,4(0,5) | 14(7) | -64% | = | +100% | -103% |
| Biomasse racinaire <2mm(t.ha ⁻¹) | 7(3) | 3(0,3) | 4(1) | = | = | -42% | -57% |
| Biomasse racinaire >2mm(t.ha ⁻¹) | 4(1) | -0 | 17(13) | = | = | +333% | -100% |
| Caractéristiques chimiques | | | | | | | |
| Evolution sur 4 années en % | | | | | | | |
| C total | -10(19) | +20(4) | +15(4) | = | = | + | + |
| N total | -4(16) | +16(16) | -5(11) | = | = | = | + |
| ph | +4(7) | +7(3) | +5(5) | = | = | = | = |
| TS | -58(24) | -12(3) | -28(8) | = | = | = | = |
| Ca | -60(22) | -10(15) | -17(40) | = | = | = | + |
| Mg | -51(28) | -2(23) | -57(41) | = | = | = | + |
| Activité microbiologique | | | | | | | |
| Quotient métabolique (resp/bm %) | 0,8(0,5) | 1,0(0,1) | 2,4(0,5) | = | - | + | = |
| Minéralisation N (Nmin%Ntotal : incub 3 semaines) | 22(4,4) | 8,9(3,8) | 8,4(12,7) | + | = | - | - |
| Mésofaune | | | | | | | |
| Composition après 4 ans | | | | | | | |
| Termites(%) | 77(11) | 79(20) | 41(37) | = | + | = | = |
| Richesse spécifique | 10(1) | 3(2) | 3(1) | = | = | - | = |
| Lignivores (%) | 54(20) | 79(30) | 11(23) | - | = | + | = |
| Humivores (%) | 3(4) | 0(0) | 17(21) | - | = | - | = |
| Fourragers (%) | 38(23) | 0(0) | 6(11) | = | + | + | = |
| Champignonistes (%) | 5(5) | 21(30) | 66(52) | = | - | - | = |
| Vers de terre(%) | 7(5) | 5(4) | 6(5) | - | = | = | - |
| Fourmis(%) | 5(2) | 6(6) | 28(26) | = | - | = | + |
| Coleoptères(%) | 3(2) | 1(1) | 12(9) | = | - | = | - |
| Myriapodes(%) | 4(2) | 5(6) | 5(4) | = | = | = | = |
| Autres(%) | 4(3) | 3(3) | 7(4) | = | = | = | = |

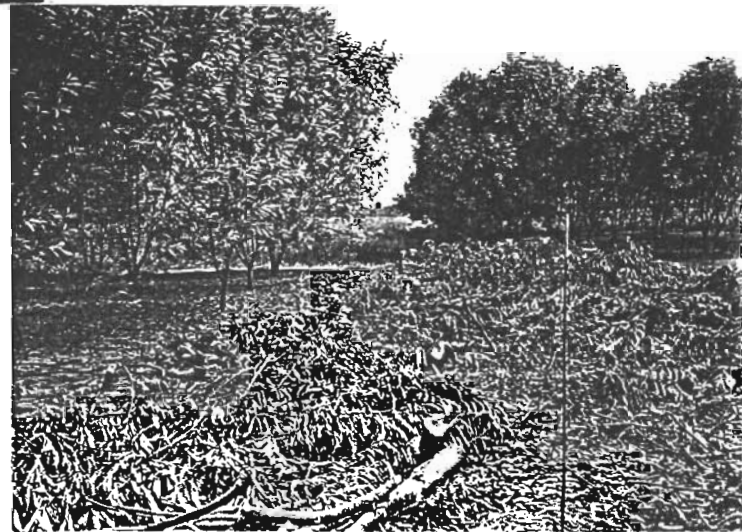
JACHERES AMELIOREES DE COURTE DUREE
Sonkorong (700 mm) Sénégal

Au premier plan : jachère naturelle protégée
Au second plan : introduction d'une graminée pérenne
(*Andropogon gayanus*)



⇐ Introduction d'une légumineuse arbustive
fixatrice d'azote : *Acacia holosericea*

Coupe des Acacias âgés de 4 ans ⇒



⇐ Production de bois de feu sur 1/3 d'hectare,
Acacias âgés de 4 ans

6.2 ROLE DE GROUPES FONCTIONNELS DANS LA DYNAMIQUE GENERALE DES JACHERES COURTES

Introduction

Les groupes fonctionnels réunissent des espèces végétales ou animales qui ont la même réponse écologique, ou les mêmes fonctions dans l'écosystème, ou qui utilisent les mêmes ressources. Gitay et Noble (1997) donnent une définition des groupes fonctionnels par « groupes d'espèces qui utilisent les ressources ou répondent aux perturbations grâce à des mécanismes similaires ». En vue de comprendre le fonctionnement des jachères de courtes durées et de pouvoir ainsi optimiser ou substituer leur rôle dans les agrosystèmes tropicaux, il importe de connaître les effets des principaux groupes présents dans les jachères naturelles ou améliorées.

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 mésofaune du sol au cours des premières années de mise en jachère. Des expérimentations ont été mises en place testant l'absence ou la présence de groupes fonctionnels par suppression ou ajout dans des parcelles mises en jachère. Les groupes fonctionnels testés sont les ligneux, les herbacées pérennes (*Andropogon gayanus*) dans les conditions d'une jachère naturelle mise en défens (SY) à Sare Yorobana en zone soudanienne. A Sonkorong, en zone soudano-sahélienne, sur des parcelles mise en jachère après une longue période de culture (SO2), sont testés des groupes fonctionnels introduits : une légumineuse ligneuse (*Acacia holosericea*), et une herbacée pérenne. Enfin, dans cette même zone, un traitement pesticide (dieldrine) modifiant la population des termites a été utilisé pour tester l'action de ces derniers sur des parcelles mise en jachère après une période de culture de courte durée (SO1).

Les observations et mesures réalisées concernent l'impact de ces groupes fonctionnels sur les bilans organiques, minéraux et hydriques ainsi que le comportement des autres groupes d'organismes (par exemple les herbacées ou mésofaune du sol).

Matériels et méthodes

Le tableau 6.1-1 résume les expérimentations mises en place en 1994 sur des parcelles mises en jachère.

Les méthodes d'installation des différents traitements sont les suivantes :

- 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 le sol 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). 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 *Rhizobium*. Repiquage de plants inoculés avec espacement de 3 m × 3 m. Repiquage de plants non inoculés dans des allées des parcelles expérimentales

Les indicateurs et paramètres mesurés sont résumés dans le tableau 6.1-2.

Les données ont été traitées par analyse de variance à l'aide d'une modélisation linéaire prenant en compte les facteurs et leur interactions. Le facteur bloc est introduit en facteur aléatoire. Les mesures avant mise en jachère et après quatre années de jachère sont introduites en mesures répétées dans

l'analyse. Les analyses sont réalisées à l'aide de la procédure MIXED de SAS (Littell et al., 1996). Les probabilités des tests d'hypothèse d'égalité des moyennes (groupe fonctionnel présent versus absent) seront présentées.

Résultats

Fonctions comparées des ligneux, herbacées annuelles et pérennes sur des jachères de courtes durées en zone soudanienne (Sare Yorobana).

Le tableau 6.2-1 présente les résultats des analyses de variances et des tests de comparaison des moyennes absence/présence de ligneux, absence/présence d'*Andropogon gayanus*.

Les ligneux se caractérisent par des modifications dans les bilans de biomasse produite : la production est supérieure de 45% par rapport aux parcelles à herbacées annuelles. Les racines de ligneux (diamètre > 2mm) constituent une part non négligeable de la production : près de 33 % de la biomasse totale pour les parcelles de ligneux. Les arbres influencent légèrement la biomasse herbacée. La présence d'*Andropogon gayanus* augmente la production de la strate herbacée aérienne (plus 32% par rapport à la production de la strate herbacée aérienne des parcelles à herbacées annuelles). La biomasse racinaire fine (diamètre < 2mm) est significativement supérieure dans les parcelles avec *Andropogon* ; en revanche la présence des ligneux diminue cette biomasse souterraine.

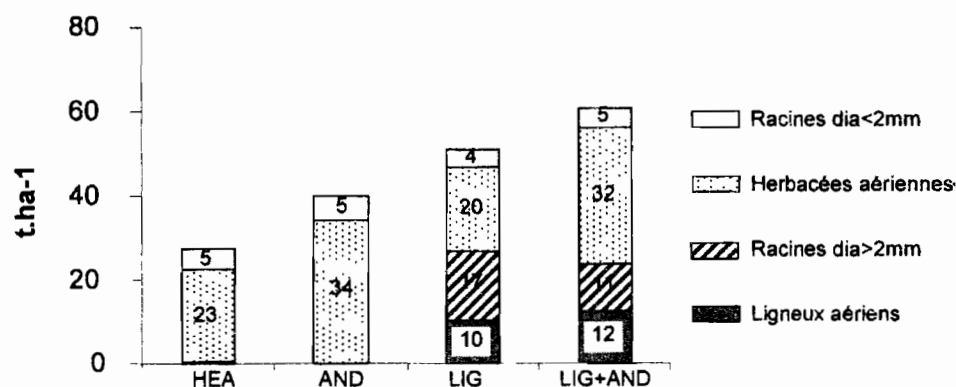


Figure 6.2-1 : Biomasse produite en fonction des groupements végétaux pendant quatre années de jachère à Sare Yorobana.

Sur quatre années de jachère, les deux groupes ne modifient pas les caractéristiques chimiques du sol. Seules les teneur en calcium évoluent différemment avec une moindre diminution dans les parcelles avec ligneux : les ligneux comme les herbacées prélèvent, mais le taux de restitution au sol par les ligneux serait plus important (figure 6.2-2). La dynamique des teneurs en carbone et en azote total du sol n'est pas influencée par la présence ou l'absence des ligneux ou des *Andropogon* (figure 6.2-3).

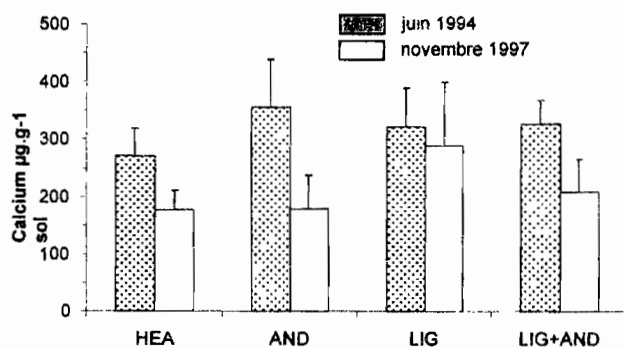


Figure 6.2-2 : Teneurs en calcium sur 0-10 cm en fonction des groupes végétaux testés

Tableau 6.2-1 : Probabilités des test de comparaison sur les effets présence/absence de ligneux ou d'*Andropogon gayanus* par analyses de variance sur divers indicateurs mesurés dans les jachères de courtes de durées.

lig+/lig- : présence/absence de ligneux ; and+/and- présence/absence d'*Andropogon gayanus*. Chiffre en italique : probabilité comprise entre 0,005 et 0,1 ; chiffre en gras probabilité <0,05

| Variables testées | Effet ligneux | Effet andropogon | Comparaison des moyennes |
|---|---------------|------------------|---|
| Caractéristiques physico-chimiques | | | |
| C | 0.516 | 0.762 | |
| N | 0.534 | 0.325 | |
| P | 0.657 | 0.321 | |
| P assimilable | 0.466 | 0.785 | |
| pH eau | 0.584 | 0.261 | |
| pH KCl | <i>0.080</i> | 0.154 | <i>interaction significative</i> |
| CEC | 0.586 | 0.936 | |
| Ca | 0.162 | <i>0.076</i> | <i>lig+ > lig-</i> |
| Mg | 0.665 | 0.818 | |
| K | 0.341 | 0.215 | |
| Na | 0.752 | 0.042 | |
| Activité microbiologique | | | |
| Biomasse microbienne | 0.797 | 0.916 | |
| Respiration | 0.227 | 0.026 | <i>and+ > and-</i> |
| Quotient métabolique | 0.1953 | <i>0.074</i> | <i>and+ > and-</i> |
| NO3 | 0.899 | 0.580 | |
| N mineral | 0.982 | 0.478 | |
| Mésosofaune du sol | | | |
| Termites | <i>0.042</i> | 0.470 | <i>lig- > lig+</i> |
| Vers de terre | 0.297 | 0.274 | |
| Fourmis | 0.788 | 0.428 | |
| Coléoptères | <i>0.048</i> | 0.385 | <i>lig+ > lig-</i> |
| Myriapodes | 0.622 | 0.393 | |
| Autres | 0.146 | 0.856 | |
| Total | 0.202 | 0.329 | |
| Biomasse végétale | | | |
| Herbacées | 0.499 | <i>0.002</i> | <i>and+ > and-</i> |
| Racines fines diamètre<2mm | <i>0.023</i> | <i>0.004</i> | <i>lig- > lig+</i> <i>and+ > and-</i> |
| Racines diamètre>2mm | <i>0.007</i> | 0.758 | <i>lig+ > lig-</i> |
| Aérienne | <i>0.003</i> | <i>0.003</i> | <i>lig+ > lig-</i> <i>and+ > and-</i> |
| Totale | <i>0.001</i> | <i>0.044</i> | <i>lig+ > lig-</i> <i>and+ > and-</i> |

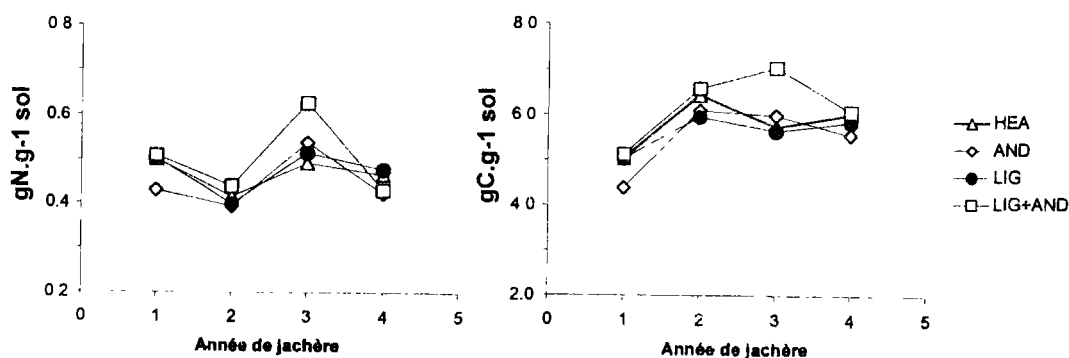


Figure 6.2-3 : Evolution des teneurs en azote et carbone total en fonction des groupes végétaux sur quatre années de jachère à Sare Yorobana.

Les activités microbiologiques sont fortement influencées par la présence de *Andropogon gayanus* : sur des incubations de trois semaines la part du carbone total du sol minéralisé est significativement supérieure sur des sols prélevés sous *Andropogon*. Les autres indicateurs ne sont pas influencés.

La figure 6.2-3 présente les densités de termites sur l'horizon 0-30 cm. Le nombre d'individus est diminué avec la présence des ligneux. L'abondance relative d'une strate herbacée favorise les termites fourrageurs dont les graminées constituent l'alimentation principale. Les coléoptères, qui sont majoritairement épigés et se nourrissent de litière, sont plus abondants dans les parcelles avec ligneux. Les autres organismes ne sont pas affectés par la présence ou l'absence de ligneux ou de graminées pérennes.

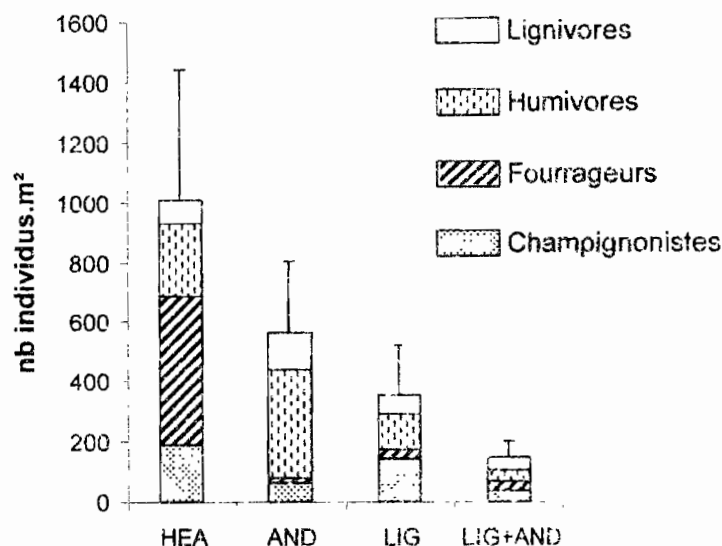


Figure 6.2-3 : Densité des termites en fonction des groupes végétaux après quatre années de jachère à Sare Yorobana.

La présence des ligneux n'a aucune influence sur le potentiel d'infestation des nématodes (figure 6.2-4). Elle n'en a pas non plus sur la composition spécifique des peuplements dans les parcelles anthropisées où les ligneux sont moins abondants. En revanche, la mise en défens provoque une modification des proportions relatives des différentes espèces que ce soit dans les zones herbacées ou dans les zones arborées. Dans la mesure où la présence des arbres provoque un accroissement de la proportion de *S. cavenessi* au dépens de celles de *H. dihystra* et *T. gladiolatus*, elle peut être considérée comme moins favorable que celle des herbacées puisque *S. cavenessi* est l'espèce parasite majeure sur les cultures de cette région. Au plan strictement nématologique, la présence des ligneux ou l'exploitation du milieu sont deux facteurs défavorables à l'établissement d'un peuplement de nématodes différents de celui qui évolue normalement sur les plantes cultivées dans la zone de Kolda.

La présence d'*Andropogon* dans les parcelles de jachère provoque un accroissement de la densité d'infestation (figure 6.2-4). Elle n'induit que des modifications mineures au niveau de la composition spécifique du peuplement. Cette évolution n'apparaît pas particulièrement favorable aux plantes cultivées, dans la mesure où elle se traduit par une légère augmentation de la proportion de *S. cavenessi* dans le peuplement.

L'évolution de l'abondance relative des adventices est fortement modifiée par la présence des ligneux (figure 6.2-5). Les ligneux font baisser dès la deuxième année à moins de 60% le recouvrement relatif des herbacées adventices selon la classification de Le Bourgeois et Merlier (1995). L'*Andropogon* élimine également de la flore la présence d'espèces adventices des cultures par sa forte capacité à dominer la strate herbacée.

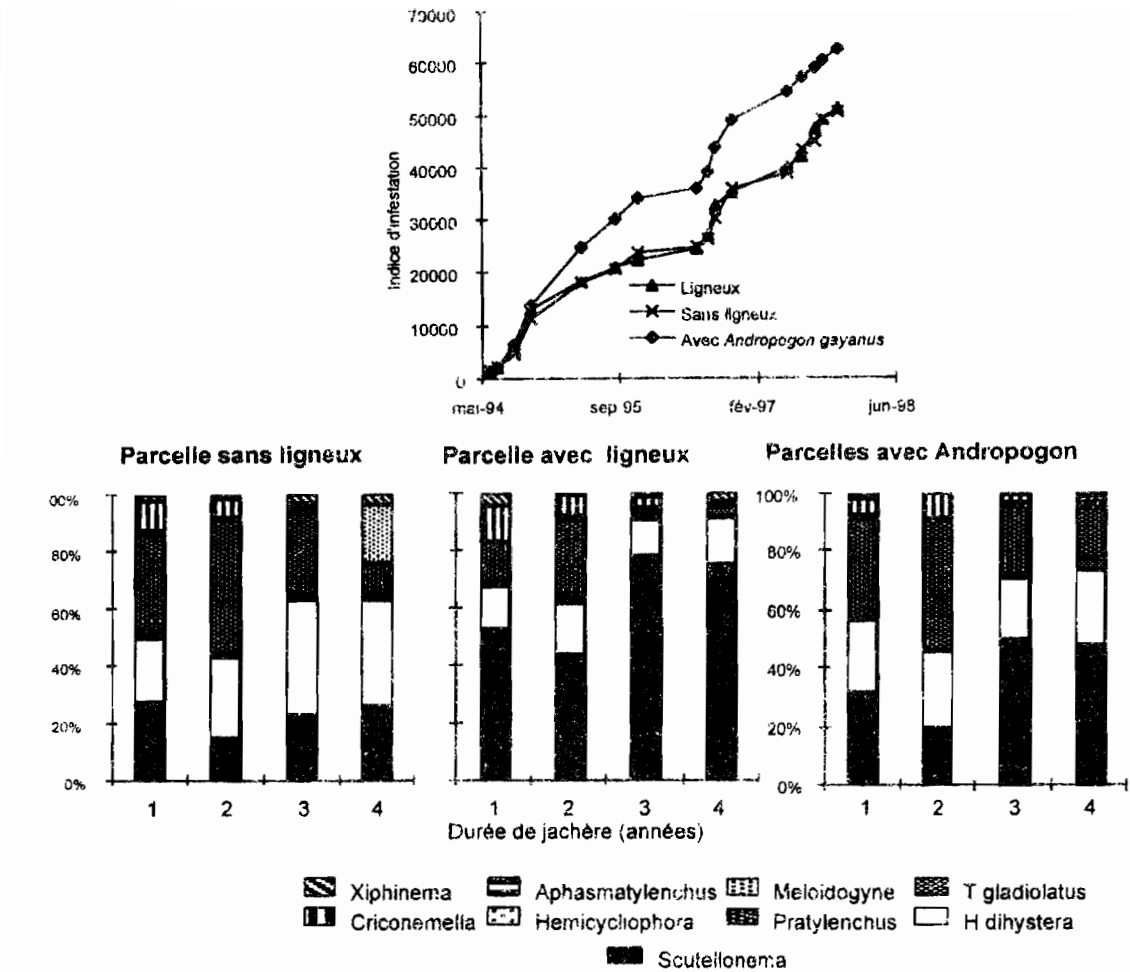


Figure 6.2-4 : Influence de la présence de ligneux ou d'herbacées pérennes sur l'indice d'infestation en nématodes et la composition spécifique des peuplements de nématodes à Sare Yorobana dans les parcelles en défens.

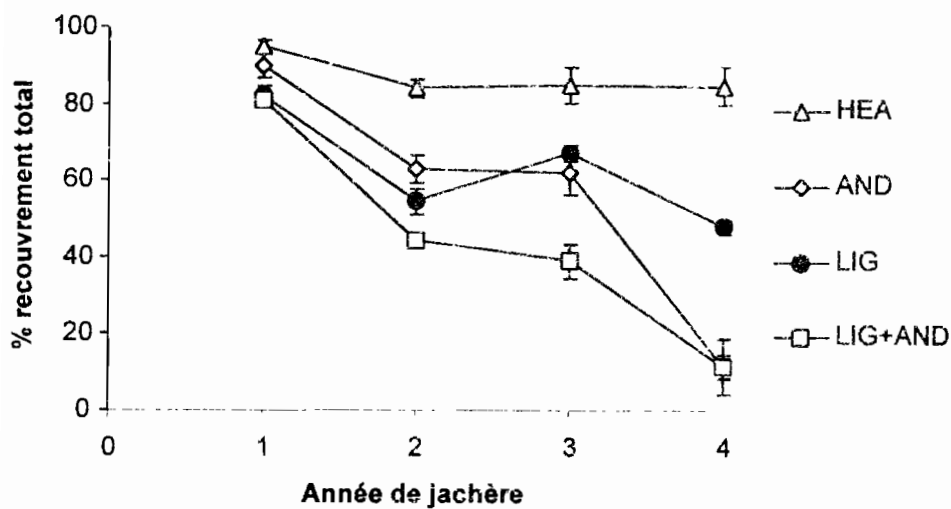


Figure 6.2-5 : Recouvrement relatif des herbacées adventices sur quatre années de jachère en fonction des groupes de végétaux à Sare Yorobana. Les barres représentent l'erreur standard de la moyenne (n=4).

Conclusion

Dans les jachères de courtes durées, la dynamique des caractéristiques chimiques du sol n'est pas tributaire de la présence des ligneux. La strate ligneuse immobilise dans sa biomasse une quantité importante de matières et d'énergie qui pourront être exploitées au moment de la remise en culture pour le bois de chauffe pour la partie aérienne et pour une restitution en éléments minéraux pour la partie racinaire. Les restitutions par la litière pendant les quatre années ne compensent pas l'immobilisation des éléments minéraux. Par contre, les modifications des conditions de développement de la strate herbacée par la présence des ligneux permettent une lutte efficace contre les adventices des cultures. Les graminées pérennes, par leur dominance, modifient également rapidement la composition herbacée en éliminant par concurrence les autres herbacées. Les caractéristiques chimiques sont peu modifiées. La biomasse racinaire, plus importante que des celles des graminées annuelles, offre une matière facilement dégradable pour les microorganismes du sol expliquant une légère augmentation de l'activité microbiologique pendant la phase de jachère.

Introduction d'*Acacia holosericea* et d'*Andropogon gayanus* à Sonkorong

Les parcelles cultivées en continu depuis très longtemps ont un déficit de régénération de la strate ligneuse et d'herbacées pérennes. Il nécessite l'introduction de nouvelles espèces au moment de la mise en jachère. Deux espèces ont été testées : *Acacia holosericea*, légumineuse pérenne exotique, et *Andropogon gayanus*, graminée pérenne indigène mais non présente dans les premières années de jachère.

Le tableau 6.2-2 résume les tests statistiques sur les effets de la présence ou de l'absence d'*Acacia holosericea* et d'*Andropogon gayanus*.

L'introduction des arbres permet d'assurer une forte production de phytomasse totale de 50 à 60 t.ha⁻¹ (figure 6.2-6). De même, la présence de *Andropogon gayanus* augmente la biomasse produite sur quatre années de jachère : environ 8 t.ha⁻¹ de plus que les parcelles dominées par des graminées annuelles. *Acacia holosericea* a un effet inhibiteur sur la biomasse herbacée : en sa présence la production d'herbes diminue de 41% sur les quatre années de jachère.

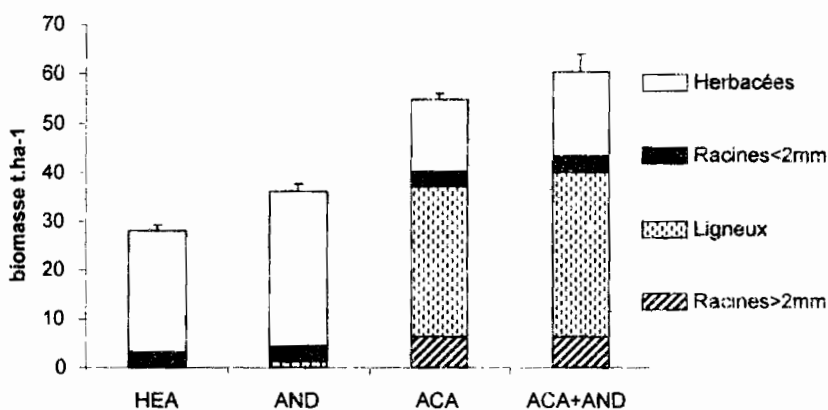


Figure 6.2-6 : Biomasse produite en fonction des groupes végétaux à Sonkorong pendant quatre années de jachère. Les barres représentent l'erreur standard de la moyenne (n=4).

Les *Acacia* modifient la dynamique du carbone total dans les dix premiers centimètres de sol. Les teneurs en carbone total ont tendance à baisser sous l'effet de l'*Acacia holosericea*, alors que, dans les jachères dominées par les herbacées annuelles et pérennes la tendance est à l'augmentation des teneurs en carbone du sol (figure 6.2-7). De même, sous *Acacia holosericea*, les teneurs en phosphore, calcium et

magnésium sur 0-10 cm de profondeur sont inférieures par rapport aux teneurs sous herbacées pérennes ou annuelles ; de 14% pour le phosphore. 17% pour le calcium et 21% pour le magnésium.

Tableau 6.2-2 : Probabilités des test statistiques sur les effets de la présence ou de l'absence de espèces végétales dans les jachères de courtes durées à Sonkorong. *aca+/aca-* : présence/absence d'*Acacia holosericea* ; *and+/and-* : présence/absence d'*Andropogon gayanus*. *Chiffre en italique* : probabilité comprise entre 0,005 et 0,1 ; *chiffre en gras* probabilité <0,05

| | Effet Acacia | Effet Andropogon | | |
|---|---------------|------------------|---------------------|---------------------|
| Caractéristiques physico-chimiques¹ | | | | |
| C | 0.058 | 0.1392 | <i>aca+<aca-</i> | |
| N | 0.1302 | 0.2192 | | |
| P | 0.0098 | 0.3856 | <i>aca+<aca-</i> | |
| Passimilable | 0.1449 | 0.246 | | |
| pH eau | 0.9265 | 0.8808 | | |
| pH KCl | 0.5298 | 0.7606 | | |
| CEC | 0.2937 | 0.9441 | | |
| Ca | 0.0095 | 0.4972 | <i>aca+<aca-</i> | |
| Mg | 0.0015 | 0.6382 | <i>aca+<aca-</i> | |
| K | 0.7946 | 0.1296 | | |
| Na | 0.6905 | 0.9598 | | |
| Activité microbiologique¹ | | | | |
| Biomasse microbienne | 0.8832 | 0.6955 | | |
| Respiration | 0.7105 | 0.1505 | | |
| NO ₃ minéralisé (in vitro pendant 3 sem.) | 0.015 | 0.306 | <i>aca+>aca-</i> | |
| N minéralisé (in vitro pendant 3 sem.) | 0.473 | 0.279 | | |
| Macrofaune du sol² | | | | |
| Termites | 0.3488 | 0.1535 | | |
| Champignonistes | 0.0133 | 0.4038 | <i>aca+>aca-</i> | |
| Lignivores | 0.0057 | 0.4555 | <i>aca+<aca-</i> | |
| Vers de terre | 0.0014 | 0.4588 | <i>aca+<aca-</i> | |
| Fourmis | 0.0004 | 0.8170 | <i>aca+<aca-</i> | |
| Coleoptères | 0.6984 | 0.6594 | | |
| Myriapodes | 0.0185 | 0.3877 | <i>aca+<aca-</i> | |
| Autres | 0.7353 | 0.2104 | | |
| Total | 0.1751 | 0.1482 | | |
| Biomasse végétale¹ | | | | |
| Herbacées | 0.0002 | 0.0533 | <i>aca+<aca-</i> | <i>and+>and-</i> |
| Racines fines | 0.3402 | 0.0812 | | <i>and+>and-</i> |
| Ligneuse aérienne | 0.0001 | 0.352 | <i>aca+>aca-</i> | |
| Totale | 0.0654 | 0.0527 | <i>aca+>aca-</i> | <i>and+>and-</i> |

1 Anova plan en blocs complets randomisés (proc mixed) facteur bloc aléatoire, mesures répétées année)

2 analyse non paramétrique Kruskal et Wallis

La présence des *Acacia* affecte également l'activité minéralisatrice de l'azote (figure 6.2-8) : sur des échantillons prélevés après trois années de jachère, et incubés in vitro pendant trois semaines, les teneurs en nitrate minéralisées sont significativement supérieures sur les sols prélevés sous *Acacia holosericea*. Les autres indicateurs d'activité microbiologique ne sont pas significativement différents entre les différents groupes végétaux.

La composition de la mésofaune et macrofaune du sol est modifiée par la présence des *Acacia*. Les termites restent le taxon dominant en densité. Par contre, la densité de fourmis, des vers de terre et des myriapodes diminue fortement sur les parcelles à *Acacia holosericea* (figure 6.2-9). La composition des groupes trophiques de termites est également modifiée : alors que dans les jachères à herbacées les termites sont dominées par les lignivores plus particulièrement l'espèce *Eremotermes sp.*, sous *Acacia* les champignonistes dominent. Les Champignonistes sont un groupe relativement ubiquistes et possèdent une faculté importante de maintien dans des milieux très différents : la différence de composition entre

parcelles à herbacées et parcelles à *Acacia* semble être le résultat d'une disparition de certaines espèces sous *Acacia* (Sarr, 1998). L'introduction d'*Acacia holosericea* perturbe profondément le milieu : habitat et environnement pédo-climatique.

La présence d'*Acacia holosericea* ne modifie pas l'indice d'infestation par les nématodes par rapport à une parcelle de jachère naturelle, malgré la différence considérable entre les compositions végétales des deux traitements (figure 6.2-10). Les résultats laissent penser que *A. holosericea* est un très bon hôte pour la plupart des espèces de nématodes phytoparasites majeurs de la zone soudano-sahélienne. Il semble même qu'il soit plus favorable au développement de *S. cavenessi* que les espèces végétales indigènes sauvages.

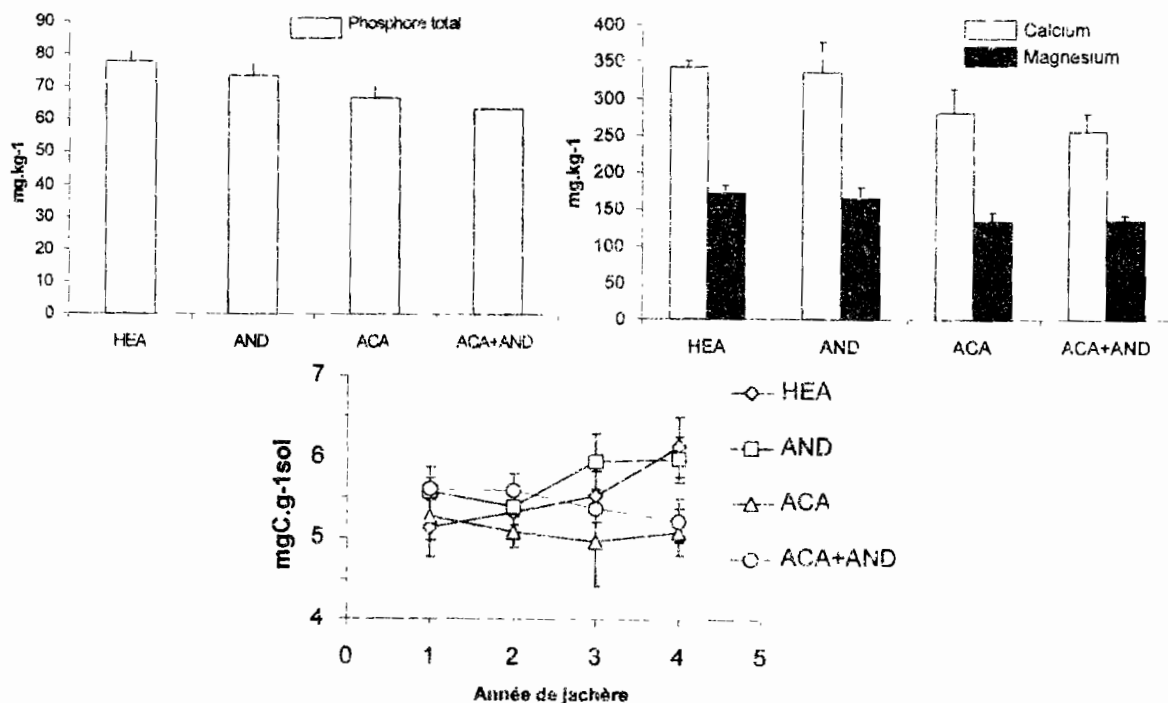


Figure 6.2-7 : Teneurs en phosphore, calcium et magnésium après quatre années de jachère et évolution du carbone total en fonction des groupements végétaux à Sonkorong. Les barres représentent l'erreur standard de la moyenne (n=4).

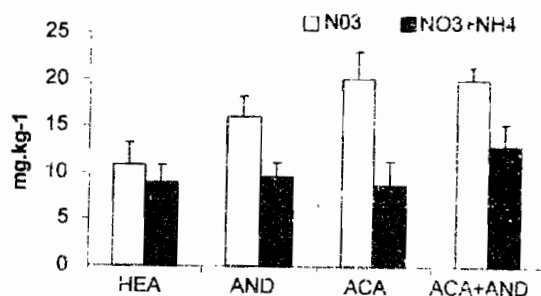


Figure 6.2-8 : Activité minéralisatrice de l'azote sur des échantillons prélevés après trois années de jachère à Sonkorong et incubés trois semaines in vitro. Les barres représentent l'erreur standard de la moyenne (n=4).

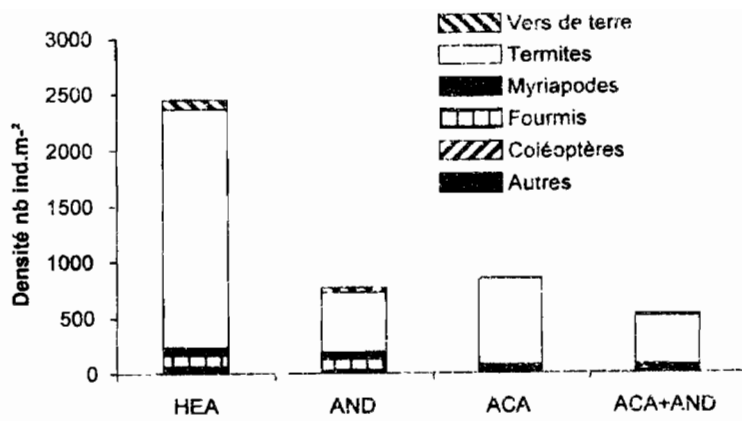


Figure 6.2-9 : Composition de la mésafaune et macrofaune du sol en fonction des groupes végétaux à Sonkorong.

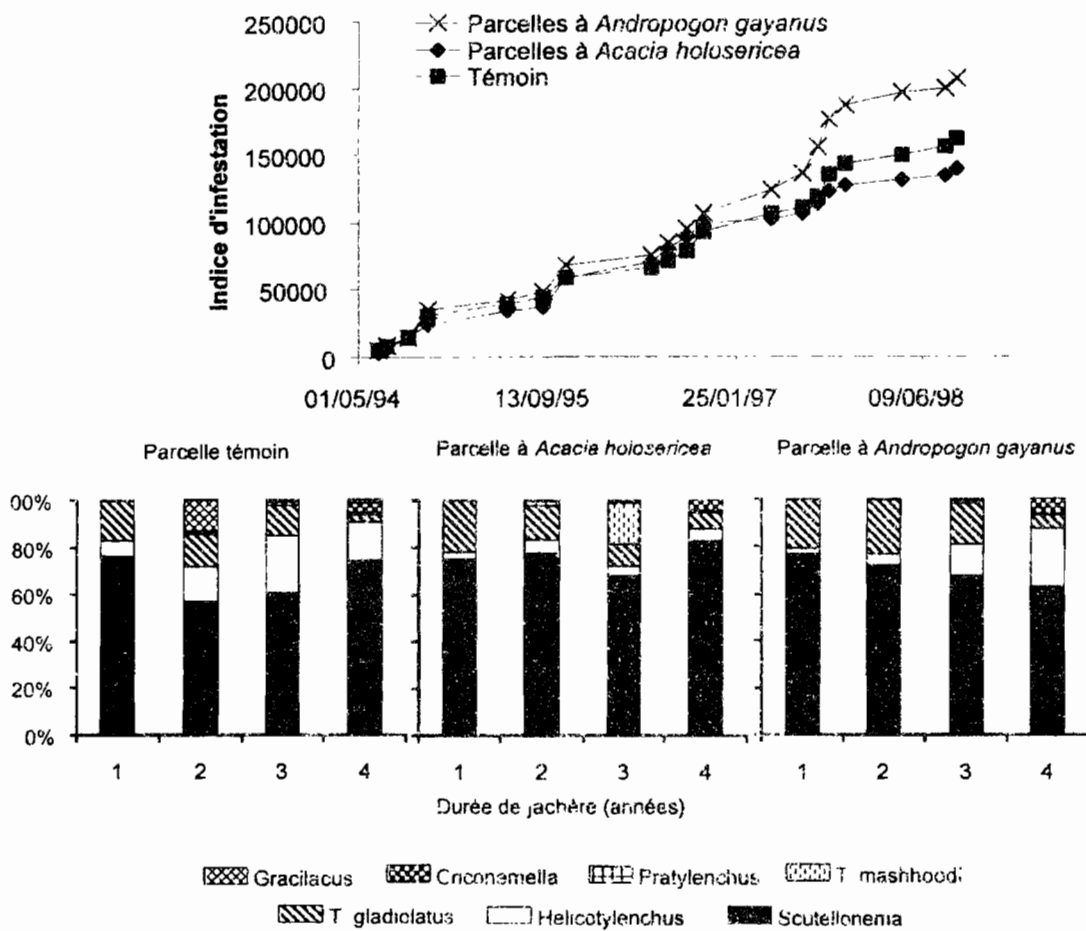


Figure 6.2-10 : Effet de la présence d'*Acacia holosericea* sur le taux d'infestation et la composition de la population de nématodes dans le sol sur quatre années de jachère

Conclusion

L'introduction d'espèces végétales pour une phase de jachère de courte durée sur des parcelles fortement perturbées par une longue période de culture permet de modifier profondément la dynamique écologique par rapport à une mise en jachère sans intervention. Les *Acacia* apportent une phytomasse importante assurant un stockage d'énergie et de matière non négligeable. L'immobilisation d'éléments du sol est importante (diminution des teneurs en calcium, magnésium, phosphore voire carbone). L'activité minéralisatrice de l'azote serait également améliorée : des observations supplémentaires permettront de relier ceci aux capacités de fixation de l'azote de cette espèce. *Acacia holosericea* modifie l'environnement édapho-climatique propice à la macrofaune indigène : certains taxons ou espèces voient leur densité diminuer voire n'apparaissent plus dans les inventaires. L'introduction d'une graminée pérenne *Andropogon gayanus* n'améliore pas les différents caractéristiques du sol par rapport à une végétation constituée d'herbacées annuelles. Les immobilisations d'éléments minéraux dans la phytomasse ne semblent pas être plus importantes : la restitution au sol se fait plus rapidement grâce à une phytomasse racinaire facilement décomposable plus élevée.

Effet de la modification des populations de termites sur des jachères de courtes durées

Dynamique de la composition de la population de termites

La structure des peuplements de termites a été modifiée dans la parcelle expérimentale SO1 par un traitement à la dieldrine (densité et diversité des différents groupes fonctionnels de termites). L'analyse a été effectuée en début d'expérimentation (point initial) et 4 années après l'application de la dieldrine.

L'étude sur les peuplements de termites a montré un effet significatif du traitement à la dieldrine sur les termites champignonnistes et les termites humivores. En revanche, il n'y a pas d'effet significatif pour les termites lignivores et les termites fourrageurs bien que l'application de la dieldrine entraîne une augmentation de leur densité (tableau 6.2-3).

Tableau 6.2-3 : Abondance des groupes fonctionnels de termites dans les différents traitements au niveau de la parcelle expérimentale SO1 après quatre années de jachère.

Les densités qui ont les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au test F ($p < 0,05$) NTNP = non traité non protégé, NTP = non traité protégé ; TP = traité protégé, TNP = traité non protégé

| Traitements | NTNP | NTP | TP | TNP |
|------------------|---------|---------|--------|---------|
| Champignonnistes | 184,8a | 166a | 0 | 0 |
| Lignivores | 761,2 b | 474,8 b | 812 b | 1040 b |
| Humivores | 32,8 c | 90,4 c | 0 | 0 |
| Fourrageurs | 36 c | 275 d | 202,4d | 307,6 d |

L'application de la dieldrine a provoqué une réduction de 3/4 de la diversité des termites. Dans la zone traitée, 3 espèces qui appartiennent aux groupes des lignivores et des fourrageurs ont été recensées. En revanche, les termites champignonnistes ont été totalement supprimés par l'effet de la dieldrine. La persistance des termites lignivores dans la zone traitée pourrait s'expliquer d'une part par leur régime alimentaire et d'autre part par leur stratégie de récolte. En effet, les espèces de ce groupe disposent leur nid au collet des arbustes et font leur récolte dans le bois (Roy-Noël, 1971). Il est probable que cette stratégie de récolte leur confère un moyen d'éviter la dieldrine qui est appliquée dans le sol.

Par ailleurs, l'élimination des termites champignonnistes, qui constituent le groupe le plus abondant dans le terroir de Sonkorong (Sarr, 1995), semble faciliter la colonisation des espaces par les termites du groupe des lignivore. La persistance des termites lignivores dans la zone traitée s'explique probablement, d'une part, par leur régime alimentaire et, d'autre part, par leur stratégie de récolte. Ils sont localisés dans le bois qui leur sert d'habitat et d'aire de récolte.

La diversité du peuplement de termites

Les résultats ont montré que les parties non traitées à la dieldrine protégées et non protégées présentent une richesse spécifique identique (11 espèces). Ceci se traduit par les valeurs des indices des séries logarithmiques qui varient entre des limites étroites entre ces deux traitements (1,32 et 1,45). L'augmentation de l'indice de Simpson dans la zone protégée s'explique par une distribution d'abondance des termites déséquilibrée par de fortes densités de *Eremoterms* sp.

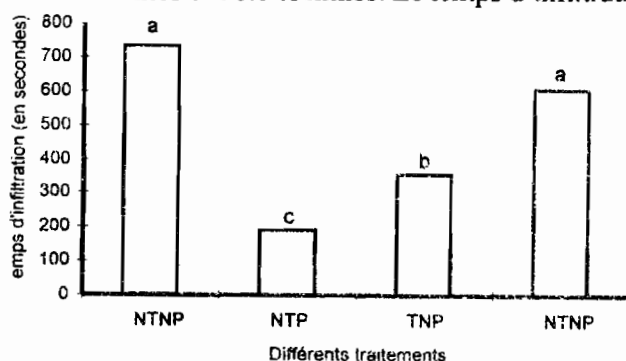
Nous avons trouvé 10 espèces en début d'expérimentation ; au bout de 4 années de mise en jachère, nous avons recensé 12 espèces de termites. L'évolution de la richesse spécifique semble plus rapide dans la parcelle expérimentale que dans les jachères naturelles dans lesquelles Sarr *et al.* (1998) ont constaté une augmentation de 2 espèces en 16 années de mise en jachère. Cette évolution lente de richesse spécifique est liée à la pression anthropique dans le terroir de Sonkorong (Kaïré, 1996). Par ailleurs la densité des termites est multipliée par un facteur 1,5 au bout de 4 années de jachère.

Composition de la mésofaune du sol sur les parcelles traitées et non traitées à la dieldrine

Au niveau de la parcelle expérimentale, la densité des vers de terre a augmenté de 4 % en milieu protégé en 4 années de jachère. Derouard et Lavelle (1994) qui ont travaillé dans le même site expérimental, ont trouvé 1 % de vers, 17% de termites et 74% de fourmis en début d'expérimentation en milieu protégé. L'évolution de la densité des vers de terre est plus lente que celle des termites qui a augmenté de près de 40% après 4 années de jachère. Par contre les fourmis ont fortement régressé contrairement aux observations de Duboisset (1996) qui a constaté que la densité des fourmis semblent prendre de l'importance avec la durée de la jachère. Cette augmentation des densité des termites peut être liée à l'augmentation de la biomasse herbacée et ligneuse et de la litière qui favorise l'installation de nouvelles espèces et la diversification des niches écologiques. Par ailleurs, le traitement à la dieldrine a favorisé une augmentation de la densité des fourmis (14%) et des vers de terres (6%) mais les autres groupes taxonomiques restent peu sensibles à l'effet de la dieldrine.

Influence sur l'infiltration de l'eau

Des mesures d'infiltration ont été effectuées 2 ans après l'application de la dieldrine en considérant les différents traitements (traité/non traité ; protection / non protection). La figure 6.2-11 montre la variation du temps d'infiltration de l'eau en fonction des différents traitements. On constate qu'en absence de protection, le temps d'infiltration de l'eau n'est pas significativement différent entre la partie traitée à la dieldrine et la partie non traitée. En revanche, lorsque la parcelle est mise en défens, le temps d'infiltration est significativement plus court dans la partie où les termites sont présents que dans la partie où les termites ont été éliminés. Le temps d'infiltration est multiplié par 1.8 en absence de termites.



NTNP = non traité non protégé, NTP = non traitée protégée, TP = traite protégé, TNP = traité non protégé

Figure 6.2-11 : Temps d'infiltration moyen de l'eau dans les différents traitements, Les traitements qui ont les mêmes lettres ne sont pas significativement différents.

Par ailleurs, nous avons constaté dans le tableau 6.2-1 que lorsque la parcelle n'est pas protégée, le temps d'infiltration est plus long dans les zones où les ligneux ont été supprimés. Ce phénomène s'observe aussi bien dans la parcelle traitée que dans la parcelle non traitée à la dieldrine. Les différences

ne sont cependant pas significatives. En milieu protégé, l'absence de ligneux réduit d'une manière significative le temps d'infiltration en présence de termites. Lorsque les termites ont été éliminés, le temps d'infiltration n'est pas influencé par la présence ou l'absence de ligneux.

Tableau 6.2-4 : Le temps moyen d'infiltration (en secondes) en fonction de l'interaction entre la présence ou l'absence de ligneux et les différents traitements.

Les traitements qui ont les mêmes lettres ne sont pas significativement différents, test F ($p < 0,05$).
 NTNP = non traité non protégé ; NTP = non traitée protégée ; TP = traite protégé ; TNP = traité non protégé

| Ligneux | NTNP | NTP | TP | TNP |
|---------|---------|--------|----------|----------|
| présent | 591,4bc | 283,9d | 414,9bcd | 404,3bcd |
| absent | 877,4a | 99,1e | 395cd | 786a |

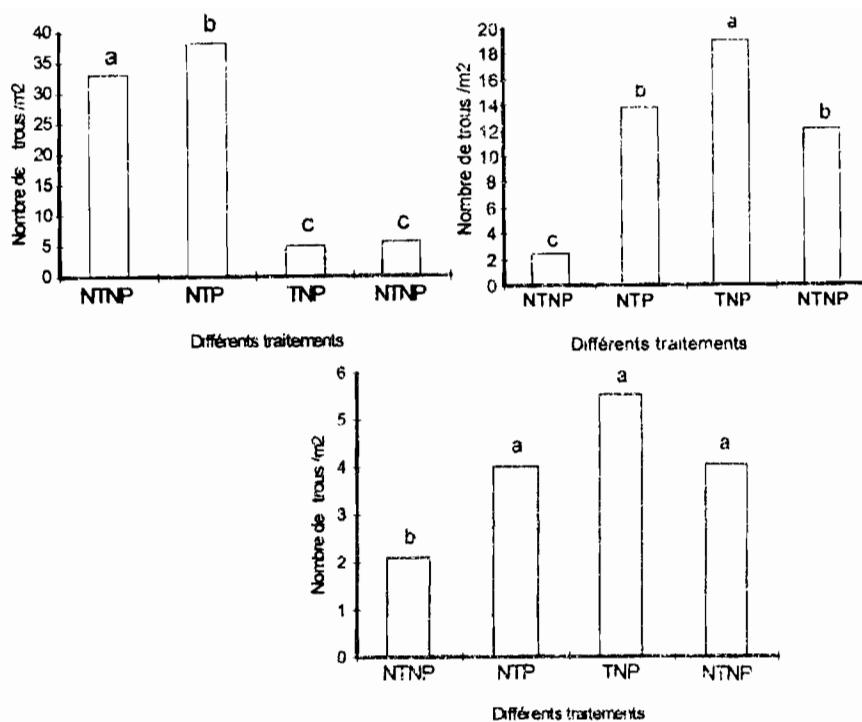
Les perturbations liées au passage du bétail et aux activités humaines dans la partie non mise en défens réduisent l'activité des termites et favorisent une compaction du sol qui se manifeste par une augmentation du temps d'infiltration. En absence de protection, l'accumulation de la litière, susceptible de stimuler l'activité de la macrofaune du sol, est plus importante sous les ligneux. Leurs activités favorisent une modification rapide des caractéristiques physiques des horizons superficiels du sol. C'est ce qui explique un temps d'infiltration plus court sous les ligneux en zone non protégée dans les parties traitée et non traitée. Dans la partie protégée un bon développement de la strate herbacée a été observée dans les parcelles où les ligneux ont été éliminés. Les termites orientent à cet effet leur activité de récolte vers les parcelles sans ligneux dans lesquelles on trouve une importante quantité de litière. Le réseau de galeries que les termites construisent pendant la récolte permet une réduction du temps d'infiltration qui a été constatée dans les parcelles sans ligneux.

Influence sur l'activité de surface due à la macrofaune

L'étude sur l'activité des 3 groupes taxonomiques montre que dans la partie non traitée, l'activité biologique des termites est significativement plus importante dans la partie protégée que dans les parties non protégées (figure 6.2-12). Le nombre moyen de pores de récolte des termites est respectivement de 40 /m² dans la parcelle protégée et 33 /m² dans la parcelle non protégée.

La réduction des termites par l'application de la dieldrine favorise une augmentation de l'activité des vers de terre (figure 6.2-12). Dans la parcelle protégée le nombre de trous faits par les vers de terre est significativement plus important dans la partie traitée à la dieldrine que dans la partie non traitée. Une mise en défens est essentielle pour l'activité des vers de terre. Leur activité est significativement différente entre la zone protégée et la zone non protégée aussi bien dans la partie traitée que la partie non traitée.

L'activité des fourmis est faible dans l'ensemble des traitements (figure 6.2-12). Dans la parcelle protégée, on constate que l'élimination des termites n'augmente pas leur activité de façon significative. Le nombre de trous de sortie est respectivement en moyenne de 4 m⁻² dans la partie non traitée et 5 m⁻² dans la partie traitée. La plus faible activité des fourmis a été observée dans la partie non protégée sans dieldrine, le nombre de trous est en moyenne de 2 m⁻². Il est possible que les fourmis soient moins sensibles que les vers de terre à la modification de la population des termites.



Les traitements qui ont les mêmes lettres ne sont pas significativement différents. NTNP = non traité non protégé, NTP = non traité protégé, TP = traité protégé, TNP = traité non protégé.

Figure 6.2-12 : Activité de surface des termites (A), des vers de terres (B) et des fourmis (C) dans les différents traitements.

Influence sur les caractéristiques chimiques du sol

Le tableau 6.2-5 résume les tests statistiques de l'effet de l'application de la dieldrine sur les principales caractéristiques chimiques du sol. Des interactions significatives entre le traitement à la dieldrine et la présence de ligneux indiquent la difficulté d'interpréter une différence significative notée pour l'azote total du sol. L'application de la dieldrine n'a pas eu d'effet sur les principales caractéristiques chimiques du sol.

Tableau 6.2-5 : Probabilités des tests statistiques sur les effets du traitement à la dieldrine sur les caractéristiques chimiques du sol dans les jachères de courtes durées à Sonkorong. Chiffre en italique : probabilité comprise entre 0,005 et 0,1 ; chiffre en gras probabilité <0,05.

| Variables testées | Effet Dieldrine | Interaction Présence de ligneux |
|---|-----------------|---------------------------------|
| Caractéristiques physico-chimiques | | |
| C | 0.1898 | 0.0578 |
| N | 0.0234 | 0.0537 |
| P | 0.7373 | 0.0518 |
| Passimilable | 0.2731 | 0.9679 |
| pH eau | 0.3852 | 0.9202 |
| pH KCl | 0.337 | 0.9969 |
| CEC | 0.8398 | 0.9324 |
| Ca | 0.7735 | 0.546 |
| Mg | 0.3209 | 0.4409 |
| K | 0.75 | 0.4565 |
| Na | 0.7061 | 0.8609 |

Conclusions

Les résultats obtenus sur quatre années d'expérimentation permettent de mieux connaître les fonctions de différents groupes de végétaux impliqués dans des jachères de courtes durées.

Les jeunes ligneux n'ont pas une influence significative nette sur les caractéristiques chimiques du sol. Ils créent par leur système racinaire une immobilisation temporaire de matière organique (de l'ordre de 3,5 tMS.ha⁻¹ en zone soudano-sahélienne à 15 tMS.ha⁻¹ en zone soudanienne), dont les nutriments pourront, à moyen terme (deux à trois ans d'après les résultats de Manlay présentés au chapitre 4), être exploitée par une phase de culture succédant à la phase de jachère. La phytomasse herbacée, surtout racinaire, entre dans le cycle de la matière organique à très court terme et modifie rapidement les équilibres biologiques pendant la phase de jachère (Abbadie, 1990). L'introduction de graminées pérennes dans une jachère de courte durée accélère les processus de reconstitution du potentiel biologique. Les espèces pérennes sont surtout caractérisées par leur système racinaire qui concentrent en partie des éléments nutritifs transférés des parties aériennes vers les parties souterraines (Bremner, 1982 ; Young, 1989). Some (1996) montre que les graminées pérennes ont une forte action améliorante des états structuraux du sol. Cependant, l'amélioration apportée par les graminées apparaît limitée dans le temps puisque ces modifications ne concernent en général que le compartiment organique du sol le plus labile (Hoesflood, 1993). Les légumineuses ligneuses fixatrices d'azote, telles qu'*Acacia holosericea* semblent provoquer une modification favorable de la dynamique de l'azote du sol. Toutefois, travaillant sur des jachères à *Acacia polyacantha*, espèce indigène en Afrique de l'Ouest Harmand (1997) montre que le cycle de l'azote est nettement. Les processus mis en jeu sont toutefois à vérifier (apports par les racines ou par les litières). Les interactions biologiques sont influencées par les différents groupes de végétaux. Les modifications après abandon cultural de la population de la méso et macrofaune, ainsi que la composition des différents groupes trophiques, seraient largement liées aux modifications de l'habitat écologique, de la qualité et de la quantité des ressources nutritives pour ces organismes. Les ligneux modifient plus rapidement ces conditions que les herbacées. Il reste à vérifier l'impact de ces changements sur les cycles de la matière organique. L'application d'un insecticide a modifié la composition des termites (élimination des termites champignonistes et humivores). Ces changements n'impliquent pas une évolution des caractéristiques chimiques des sols mais modifient le comportement des autres organismes : on a relevé une activité plus importante de vers de terre sur les zones traitées.

Les jachères assurent un rôle de lutte contre les adventices. La strate ligneuse par la croissance rapide des rejets de souche modifie assez vite la composition de la strate herbacée entraînant une disparition rapide des adventices des cultures. La dynamique des populations de nématodes n'est pas directement liée à la présence d'espèces ligneuses ou d'herbacées pérennes, mais la jachère rééquilibre la composition spécifique avec diminution des phytoparasites majeurs.

Concernant les produits exportables et consommables par l'homme, autre rôle joué par les jachères dans les agrosystèmes tropicaux, les ligneux apportent une production de bois de chauffe importante, même dans les jachères de courtes durées : 6,5 tMS.ha⁻¹ et 13,6 tMS.ha⁻¹ respectivement en zone soudano-sahélienne et en zone soudanienne. Sur des parcelles dont le potentiel de régénération ligneuse est limitée, l'introduction d'espèces exotiques à croissance rapide est nécessaire et efficace (environ 30 tMS.ha⁻¹). Les graminées pérennes peuvent constituer une ressource fourragère importante (César, 1992) : leur introduction apparaît d'une grande utilité dès les premiers stades de jachère, pour la reconstitution des caractéristiques physiques du sol, si l'on envisage un système de cultures incluant une sole fourragère.

Pour assurer les fonctions des jachères de courte durée, il apparaît que sont surtout nécessaires d'une part un potentiel de régénération important, et une croissance rapide des ligneux, et d'autre part une forte production de biomasse par le système racinaire. L'intervention sur les jachères de courte durée doit donc avoir pour but d'introduire le matériel végétal nécessaire s'il manque dès l'abandon cultural. Dans les parcelles qui ont été cultivées sur une longue durée, caractérisées par un potentiel de régénération faible, l'apport de ligneux à croissance rapide est nécessaire. Dans les zones soudanienne et à faible pression anthropique, la manipulation des jachères n'apparaît pas essentielle puisque des souches de ligneux persistent souvent durant la phase de culture. On peut toutefois intervenir pour associer à une strate ligneuse naturelle, une graminée pérenne qui a disparu de la flore originelle et qui interviendra dans la

dynamique de la matière organique du sol de l'horizon cultivé tout en améliorant les qualités fourragères de la strate herbacée.

Références citées

- ABBADIE L., 1990.- Aspects fonctionnels du cycle de l'azote dans la strate herbacée de la savane de Lamto. Thèse doctorat d'université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 158p.
- BREMAN, H., 1982.- La production des herbes pérennes et des arbres. in « La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle » Peuning de Vries F.W.T. et Djiteye M.A. eds. PUDOC, Wageningen, pp. 399-411.
- CESAR J., 1992.- La production biologique des savanes de Côte-d'Ivoire et son utilisation par l'homme. Biomasse, valeur pastorale et production fourragère. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles. Univ. Paris 6. IEMVT, CIRAD, Maisons Alfort, France, 671p.
- CESAR, J., COULIBALY Z., 1991.- Conséquence de l'accroissement démographique sur la qualité de la jachère dans le nord de la Côte d'Ivoire. in Actes de l'atelier international « La jachère en Afrique de l'Ouest » eds C. Floret et G. Serpantié, Montpellier, ORSTOM, pp415-434.
- DEMBELE, F., 1996.- Influence du feu et du pâturage sur la végétation et la biodiversité dans les jachères en zone soudanienne-nord du Mali : cas des jeunes jachères du terroir de Missira (Cercle de Kolokani). Thèse de doctorat d'Université d'Aix-Marseille III, option biologie des populations et écologie. 182p.
- DEROUARD L., LAVELLE P., 1994.- Variation de la macrofaune du sol au cours des différentes étapes de la jachère dans des systèmes agricoles au Sénégal. in « Racourcissement du temps de jachère, biodiversité et développement durable en Afrique Centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali) ». Rapport scientifique 1994, pp47-60. ORSTOM, Dakar.
- DONFACK, 1998.- Végétation des jachères du Nord-Cameroun. Typologie, diversité, dynamique, production. Thèse d'état. Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences. 224p.
- DUBOISSET, A. 1996.- Etude de l'activité et de la distribution de la macrofaune du sol en fonction du mode d'utilisation du sol. in « Racourcissement du temps de jachère, biodiversité et développement durable en Afrique Centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali) ». Rapport scientifique 1994, pp49-52. ORSTOM, Dakar.
- FLORET, C., PONTANIER R., SERPANTIE, G., 1993.- La jachère en Afrique Tropicale. Dossier MAB n°16, UNESCO, Paris, France, 86p.
- GITAY, H., NOBLE, I.R., 1997.- What are functional types and how should we seek them? in Plant Functional Types : their relevance to ecosystem properties and global change, T.M. Smith, H.H. Shugart and F.I. Woodward. eds International geosphere-biosphere program book series. Cambridge University Press.
- HARMAND JM., 1997.- Rôle des espèces ligneuses à croissance rapide dans le fonctionnement biogéochimique de la jachère. Effets sur la restauration de la fertilité des sols ferrugineux tropicaux. (Bassin de la Bénoué au Nord-Cameroun 213p+annexes.
- HOESFLOOT H., VAND DER POL, F., ROELEVELD L., 1993.- De la jachère naturelle à la sole fourragère : à la recherche de l'intensification de l'agriculture dans la savane Ouest Africaine.
- INNES, R.R., 1997. A manual of Ghana grasses. Land resources division, Ministry of Overseas Development. Ploworth tower, Surbiton, Surrey, England KT67DY. 265p.
- KAIRE, M., 1996.- La production ligneuse des jachères et son utilisation par l'homme en zone soudanienne et soudano-sahélienne du Sénégal. Actes de l'atelier « La jachère, lieu de production », Bobo Dioulasso, Burkina Faso, ORSTOM, pp1-17.
- LE BOURGEOIS, T., H. MERLIER, 1995.- Adventrop. Les adventives d'Afrique soudano-sahélienne. Montpellier, France, CIRAD-CA éditeur, 640p.
- LITTELL, R.C., MILLIKEN G.A., STROUP W.W., WOLFINGER R.D., 1996.- SAS System for Mixed model. Cary, NC :SAS Institute Inc., 633pp.
- 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. DEA « Ecosystèmes continentaux, arides, méditerranéens et montagnards ». Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille, 69p + annexes.
- MANLAY, R., MASSE D., DIATTA M., KAIRE M., 1997.- Ressources organiques et gestion de la fertilité du sol sur un terroir agro-pastoral de Casamance (Sénégal). Actes de l'atelier « Jachère et maintien de la fertilité », Bamako, Mali, ORSTOM, pp1-16.
- ROY-NOEL, J., 1971.- Recherche sur l'écologie et l'éthologie des isoptères de la Presqu'île du Cap-Vert. Thèse de doctorat d'état, Université de Paris, 280pp.
- SARR, M., 1995.- Contribution à l'étude des peuplements de termites dans la culture-jachère. DEA, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.
- SARR, M., AGBOBA, C., RUSSEL-SMITH, A., 1998.- The effects of length of fallow and cultivation on termite abundance and diversity in the sahelian zone of Senegal. A preliminary note. *Pedobiologia*, 42 :56-62.
- SEGHIERI, J., C. FLORET & PONTANIER, R. 1994. Development of an herbaceous cover in an Sudano-sahelian savanna in North Cameroon in relation to available soil water. *Vegetatio*, 114 : 175-184.
- SOME, N.A., 1996.- Les systèmes écologiques post-culturaux de la zone soudanienne (Burkina Faso) : structure spatio-temporelle des communautés végétales et évolution des caractères pédologiques. Thèse doctorat d'université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 212p + annexes.
- SWIFT, M.J., WOOPER, P., 1993.- Organic matter and the sustainability of agricultural systems : definition and measurement, K. Mulongoy et R. Merckx, Eds. Proceedings of an International Symposium, 4-6/11/91, Leuven, Belgium, John Wiley & Sons, p. 3-18.
- YOUNG, A., 1989.- Agroforestry for soil conservation. CAB International/ICRAF, Wallingford/Nairobi.

7 LES INDICATEURS DU SYSTEME CULTURE-JACHERE

Roger PONTANIER¹, Olivier ROUSSEL²

1 ORSTOM, BP1386, Dakar, Sénégal - 2. ORSTOM/IRAD, BP 33 Maroua Cameroun

7.1 QUELQUES GENERALITES SUR L'OBSERVATION ET LES INDICATEURS DU CHANGEMENT

Pour évaluer les différents changements d'état, ou les modifications de fonctionnement du milieu rural, induits par les perturbations naturelles, et surtout par les interventions de l'homme, l'observateur a le plus souvent recours à la mesure ou à l'évaluation de simples paramètres, attributs et caractéristiques du système écologique étudié, mais aussi à l'utilisation d'indices complexes calculés à partir de paramètres élémentaires. Cet ensemble est désigné sous le vocable général d'*indicateurs d'état et de fonctionnement du milieu* (Lawton *et al.* 1998 ; Bockstaller *et al.* 1997 ; Loireau *et al.* 1997 ; Ruiz *et al.* 1995 ; Feller 1995 ; Doran *et al.* 1994 ; Oades et Walters 1994 ; Aronson *et al.* 1993, 1995).

Des définitions d'indicateurs

Au cours des deux dernières décennies, les définitions et le contenu concernant les indicateurs ont été nombreux et pas toujours très précis ni concordants. Dès 1982, Bick signalait, que les bioindicateurs sont, au sens écologique large, des organismes que l'on peut utiliser pour la détection et la quantification de facteurs ou ensembles de facteurs environnementaux, mais que certains auteurs préfèrent conserver ce terme de bioindicateurs à ceux qui relèvent des influences anthropiques.

Plus tard, Maire et Pomel (1994) distinguent enregistreurs du milieu et indicateurs d'état et de fonctionnement qu'ils différencient par des critères de temps et de durabilité de marquage des processus. Pour ces deux auteurs, le milieu a la possibilité d'enregistrer sa propre histoire. Ainsi, l'évolution des paysages agraires aux cours des temps, peut s'appréhender par l'étude des profils pédologiques, excellents enregistreurs grâce aux dépôts détritiques non putrescibles (charbons, pollens, sels carbonatés, débris d'activités anthropiques ou zoologiques etc.) qu'ils n'hésitent pas à nommer indicateurs. Ceci n'empêche pas ces mêmes auteurs de considérer que la fonction principale des indicateurs est de renseigner, à un moment donné, l'observateur sur l'état et le fonctionnement du milieu. Ils distinguent ainsi des :

- + indicateurs d'utilisation et gestion des ressources,
- + indicateurs des couvertures végétales,
- + indicateurs d'état des couvertures pédologiques, sur la base de caractères physico-hydriques, biochimiques ou biologiques.

Ces différents indicateurs peuvent être utilisés de façon directe, mais c'est surtout de manière indirecte qu'ils sont le plus souvent employés ; par exemple, certains protozoaires sont utilisés comme indicateurs phénologiques du sol (Bick 1982).

Loireau *et al.* (1997) et Loireau (1998) à propos d'indicateurs utilisés dans le cadre d'études d'unités spatiales de référence en zone soudano-sahélienne, et dans le cadre d'observatoires au Nord et au Sud du Sahara, donnent les définitions suivantes. Un indicateur est un paramètre ou une valeur calculée (indice, index) à partir d'un ensemble de paramètres. Il doit fournir des informations sur un phénomène qui affecte le système ou sur l'état de ses composants. Les valeurs des indicateurs, aux cours des périodes d'observation, sont confrontées à des valeurs repères, afin de déterminer les tendances d'évolution et le franchissement des seuils d'irréversibilité.

L'OCDE (1993), distingue trois grands types d'indicateurs, et ceci en accord avec les différentes Commissions pour le Développement Durable, la Banque Mondiale, le WRI, le PNUE, le PNUD/UNSO etc.

- + les indicateurs de l'état de l'environnement,
- + les indicateurs de pression sur l'environnement (processus naturels et activités, humaines),
- + les indicateurs de réponses apportées par l'homme et les sociétés.

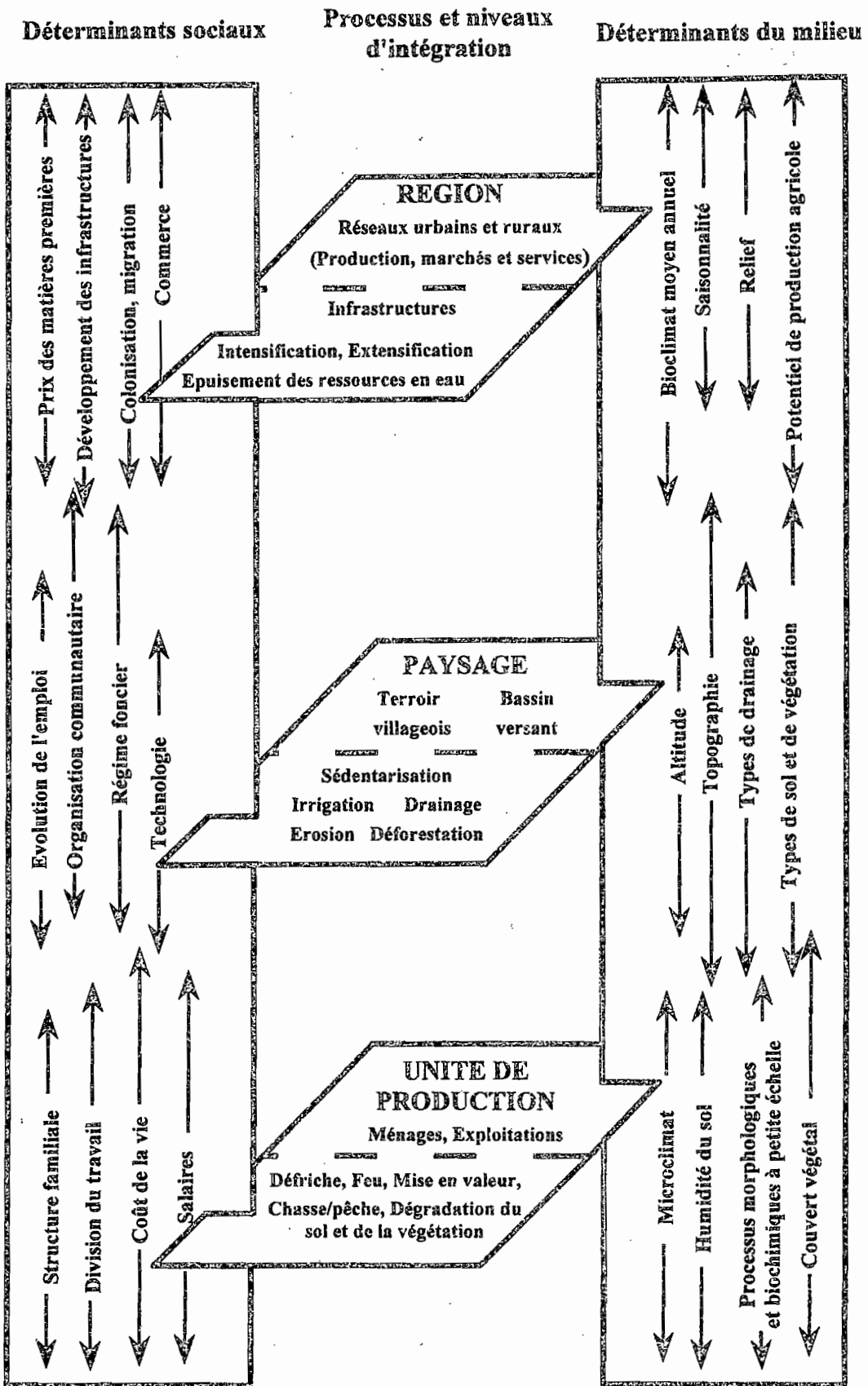


Figure 7.1-1 : Déterminants sociaux et du milieu et niveaux d'intégration (d'après Loireau et al., 1997)

Qualités des indicateurs

D'Herbes *et al.* (1997) citent les qualités recherchées pour un indicateur : *pertinence* (bonne image de la situation et réaction très sensible aux changements), *fiabilité* et *utilité* (indicateurs simples et en nombre limité). Concernant cette dernière qualité, Lawton *et al.*, (1998) ont cherché à corrélérer les états de dégradation de la forêt primaire camerounaise à huit groupes de l'entomofaune, de l'avifaune et de la mésofaune du sol afin d'identifier des indicateurs utiles et pertinents. Ils montrent que si la plupart des groupes sont des indicateurs répondent aux qualités des indicateurs, très souvent corrélés entre eux, et que certains nécessitent des coûts d'observation multipliés par cent par rapport aux plus économiques et pour le même résultat. Ils concluent donc à la nécessité de simplification et surtout de sélections rigoureuses lors du choix des indicateurs.

Echelles spatiales

L'observation et le suivi du changement peuvent s'effectuer à différentes échelles de l'organisation des espaces qu'ils soient naturels, socio-économiques ou politiques. On observe en général du local au régional ; aujourd'hui les décideurs ont aussi besoin d'indicateurs reflétant les changements à l'échelle du globe. Il est évident que pour chacun des processus ou états de ressources à suivre, correspond un ensemble d'indicateurs, adaptés au niveau d'échelle spatiale de l'observation, et que l'extrapolation, si elle est possible, à des niveaux inférieurs ou supérieurs doit toujours être faite avec prudence, et obéir à un certain nombre de règles de cohérence.

La figure 7.1-1 (*in* Loireau *et al.*, 1997), est un exemple des changements cohérents d'échelles spatiales que l'on peut faire dans des opérations de suivi interactif *état du milieu/utilisation du milieu*, en partant du plan local jusqu'au plan régional. Ce schéma renseigne sur la nature des déterminants concernés à chaque niveau d'organisation des paysages et des sociétés, ainsi que sur celle des indicateurs que l'on pourrait y associer.

Echelles de temps

L'observation de certains processus environnementaux ou sociaux, nécessite des temps très longs pour que l'observateur puisse percevoir des modifications d'enregistrement ou des valeurs remarquables des indicateurs. Dans ce cas, celle-ci se fait soit sur des modes rétrospectifs, soit par la mise en place de repères et d'observatoires pour les générations futures qui auront à charge d'effectuer une évaluation, au pas de temps de l'ordre de la décennie, par exemple (Christensen and Johnston, 1997).

A l'inverse les modifications affectant les systèmes peuvent être très rapides. Dans ce cas l'observateur a besoin d'indicateurs très sensibles, répondant rapidement au changement sans phénomène d'hystérésis. Ainsi, soit dans des situations très diverses au point de vue datation des processus (mode synchrone), soit dans des dispositifs de suivis pluriannuels ou plurisaisonniers voir journaliers (mode diachrone), l'observateur s'attachera à noter à la fréquence adéquate les variations des indicateurs les plus pertinents (Staben *et al.*, 1997).

Dans les préoccupations liées au temps, il faut souligner, à l'occasion d'études comparatives, l'importance de respecter un synchronisme parfait, lors de l'observation des indicateurs à forte variabilité saisonnière, et présentant des empreintes ou marquages de faible persistance. Donc pour de tels indicateurs il convient de connaître parfaitement la durée de persistance de l'enregistrement, et les cycles saisonniers des processus à observer, ainsi que les aléas qui peuvent les affecter (conditions climatiques, ravageurs, indisponibilité temporaire de la main d'œuvre, conflits sociaux occasionnels etc.).

Identification et élaboration d'indicateurs

Les indicateurs sont naturellement identifiés à partir des processus d'évolution et des dynamiques que l'on a choisis de suivre. La mise au point d'indicateurs du processus que l'on se propose de suivre et d'étudier par les thématiciens d'un seul compartiment du système écologique (méthode directe), conduit souvent à des opérations lourdes pour des résultats décevants. En effet, on établit alors des corrélations entre le processus et un ou plusieurs éléments de contrôle du même processus sans prendre en compte les interactivités pouvant exister entre les différents compartiments (par exemple contrôler l'accroissement de l'aridité d'un système par le seul suivi du profil hydrique du sol, sans tenir compte du couvert végétal, ou de la porosité biologique du sol...). L'exemple donné dans le paragraphe 7.2. concernant l'ébauche d'un

indicateur de risque de la dégradation de la fertilité des sols dans le Nord Cameroun est un exemple d'indicateurs complexes construits à partir de plusieurs paramètres du sol que l'on peut aisément contrôler sur le terrain.

Aussi, on a souvent recourt à l'élaboration d'indicateurs indirects, surtout s'ils sont plus facilement identifiables et mesurables. Ainsi, la caractérisation et le suivi de l'anthropisation d'une forêt primaire, très lourds par les seules méthodes des forestiers, peuvent être étudiés par d'autres groupes fonctionnels très différents de l'écosystème tels que oiseaux, nématodes, papillons, rongeurs (Lawton *et al.*, 1998), dont on a par l'analyse statistique, corrélé les états à ceux de la forêt.

7.2 L'UTILISATION DES INDICATEURS POUR LE SUIVI DU CYCLE CULTURE-JACHERE

Un des objectifs du projet jachère, était d'identifier et de mettre au point, des outils pratiques et simples d'emploi, permettant de caractériser l'état des ressources et du fonctionnement, des différents stades du cycle culture/jachère. Ces outils, que nous appellerons indicateurs (§ 7.1), doivent aussi permettre, une fois validés, d'établir facilement et rapidement, en fonction des différents âges, des diagnostics sur l'évolution des processus à suivre. Ceux-ci concernent, l'augmentation ou la baisse de la fertilité des sols, les dynamiques des couvertures végétales, l'enrichissement l'appauvrissement de la richesse spécifique, les dynamiques et adaptations aux changements, de la microflore, de la mésofaune du sol, l'évolution de l'occupation des terres en relation avec l'anthropisation et l'artificialisation du milieu et l'utilisation des ressources. Si dans un premier temps, l'effort a porté sur des indicateurs concernant le sol et ses organismes associés, ainsi que sur la végétation (tableau 7.2-1), très vite l'équipe a élargi son champ d'investigation aux aspects concernant l'utilisation et la gestion des ressources.

7.2.1 Les plantes indicatrices des états du système culture-jachère

Après abandon de la culture, la restauration de la fertilité des terres dans les jachères s'accompagne d'une modification de leur composition floristique ; c'est la succession post-culturelle. A l'inverse, la remise en culture en faisant, en partie, disparaître la strate végétale reconstituée, favorise l'apparition d'une végétation adventice, dont la composition évolue au cours de la phase de culture, laissant apparaître de nouveaux taxons, dont certains sont les témoins d'un début de dysfonctionnement du système ou encore indiquent des types de carences édaphiques. Deux démarches permettent d'appréhender ces plantes indicatrices :

- une démarche anthropologique qui prend en compte la perception que les populations ont des plantes, de l'état des champs et des cultures ;
- une démarche statistique, basée sur l'information mutuelle (ACP, AFC), qui permet d'établir des relations entre des taxons ou des groupements floristiques et les états de fonctionnement et de la qualité du système. Celle-ci permet de mettre en évidence des associations d'espèces caractéristiques des différents faciès d'âge de la jachère ou de la remise en culture.

La démarche anthropologique

Les paysans nigériens des régions de Say et de Ouallam (Soumana 1992), reconnaissent une terre redevenue fertile par mise en jachère, d'une terre épuisée, grâce à un certain nombre d'indicateurs biologiques familiers de leur environnement. Parmi les espèces végétales, les graminées jouent un grand rôle dans ce diagnostic (*Andropogon gayanus*, *Aristida mutabilis*, *Chloris pilosa*... pour les terres fertiles et *Eragrostis tremula*, *Cenchrus biflorus*... pour les champs épuisés), suivies de certaines espèces ligneuses. Ils accordent aussi beaucoup d'importance à la présence ou à l'absence de quelques espèces animales, parmi lesquelles certains taxons de l'avifaune, des reptiles, rongeurs et insectes, s'avèrent de bons indicateurs de l'état du milieu.

Donfack et Seignobos (1996), sur la base d'enquêtes auprès des paysans de la région de Maroua (Nord-Cameroun) et l'interprétation étymologique des taxons exprimés en langue Giziga, montrent comment la connaissance du développement de la végétation adventice au cours d'une culture, permet de gérer au mieux le sarclage, mais aussi de déterminer les moments et les zones propices à la mise en jachère. De même le retour, dans les jachères, de plantes annonciatrices d'une reprise des cultures est soigneusement observé ; ainsi la réapparition dans les jachères de *Cyperus pustulatus* (en Giziga *ngi ngel* qui signifie aide/grandir), est le signal pour le cultivateur de réamblaver en sorgho, les sols de texture légère. En accord avec Haman et Seiny Boukar (1992), ces auteurs fournissent, pour les deux systèmes de culture les plus fréquents de cette région, sols ferrugineux cultivés en saison des pluies (sorgho, arachide, niébé, coton...) et vertisols ou, *karal*, cultivés en sorgho de contre-saison (*mousskouari*), des listes anthropologiques de plantes témoins, dont la plupart ont été validées par l'approche statistique.

Tableau 7.2-1 : Indicateurs physiques, chimiques et biologiques suivis par différentes équipes dans le cadre du programme jachère en Afrique tropicale.

| INDICATEURS PEDOLOGIQUES | |
|---|--|
| → <i>Caractéristiques chimiques</i> | <ul style="list-style-type: none"> - matière organique - CEC, Bases échangeables - Phosphore Carbone - Azote - C/N - matière organique sur fractions granulométriques - pH |
| → <i>Caractéristiques physiques</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Densité apparente - PF - Courbes de retrait - Agrégation, Stabilité structurale |
| → <i>Caractéristiques hydriques</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Infiltrabilité - Calendrier des réserves hydriques - Indicateurs biologiques |
| → <i>Végétation</i> | <p>Végétation épigée</p> <ul style="list-style-type: none"> - Composition floristique - Plantes indicatrices traditionnelles - Biomasse herbacée - Recouvrement <p>Végétation hypogée</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biomasse racinaire - Fertilité en pôts |
| → <i>Faune du sol</i> | <p>Nématodes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inventaire - Dynamique des populations <p>Termites</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inventaire - Activité <p>Lombrics</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inventaire - Biomasse <p>Macrofaune (autres)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inventaire - Biomasse |
| → <i>Microflore</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Rhizobiums, mycorhizes |
| → <i>Activité biologique ou microbiologique</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Biomasse microbienne - Respirométrie ; minéralisation C et N |

Tableau 7.2-2 : Profils écologiques des 50 espèces les plus sensibles au facteur durée de jachère (Donfack, 1998).

| ESPECE | Fréq | Inf. mut. | Profil d'ensemble | | | | | | | Groupe |
|------------------------------------|------|-----------|-------------------|-----|----|-----|-----|-----|----|--------|
| | | | 40 | 64 | 58 | 68 | 53 | 38 | | |
| | | | A0 | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | | |
| <i>Corchorus tridens</i> L. | 56 | .06 | ++ | ++ | 0 | 0 | 0 | -- | | |
| <i>Ipomoea eriocarpa</i> R.Br. | 38 | .06 | + | + | 0 | 0 | - | - | | |
| <i>Eragrostis aspera</i> (Jacq.) | 26 | .07 | + | 0 | 0 | ++ | - | - | 1 | |
| <i>Acalypha ciliata</i> Forssk. | 35 | .09 | +++ | 0 | 0 | -- | 0 | - | | |
| <i>Commelina benghalensis</i> L. | 26 | .09 | +++ | - | 0 | 0 | - | - | | |
| <i>Leucas martinicensis</i> (Jacq) | 55 | .11 | +++ | 0 | -- | 0 | - | 0 | | |
| <i>Striga hermonthica</i> (Del.) | 55 | .08 | +++ | 0 | - | - | 0 | - | | |
| <i>Eriochloa fatmensis</i> (Steud | 37 | .06 | - | + | + | 0 | 0 | - | | |
| <i>Cassia obtusifolia</i> L. | 150 | .11 | --- | +++ | 0 | + | 0 | --- | | |
| <i>Melinis repens</i> (Willdenow) | 54 | .08 | 0 | + | 0 | ++ | --- | 0 | 2a | |
| <i>Waltheria indica</i> L. | 50 | .10 | -- | + | 0 | +++ | 0 | -- | | |
| <i>Aristida adscensionis</i> L. | 79 | .06 | -- | + | - | 0 | ++ | 0 | | |
| <i>Aristida hordeaceae</i> Kunth. | 94 | .06 | 0 | + | 0 | 0 | 0 | --- | | |
| <i>Andropogon pseudapricus</i> St | 104 | .11 | --- | - | + | +++ | 0 | 0 | | |
| <i>Andropogon gayanus</i> Kunth. | 71 | .06 | -- | 0 | 0 | + | - | + | | |
| <i>Annona senegalensis</i> Pers. | 135 | .08 | -- | - | 0 | +++ | -- | + | | |
| <i>Combretum glutinosum</i> Perro | 109 | .08 | --- | - | 0 | ++ | 0 | 0 | 2b | |
| <i>Pennisetum pedicellatum</i> Tr | 235 | .06 | -- | 0 | 0 | +++ | 0 | - | | |
| <i>Pennisetum polystachion</i> (L | 77 | .07 | -- | 0 | 0 | ++ | --- | 0 | | |
| <i>Spermacoce radiata</i> (DC.) S | 109 | .06 | -- | 0 | 0 | + | --- | 0 | | |
| <i>Anogeissus leiocarpus</i> (de | 85 | .14 | -- | -- | 0 | 0 | + | +++ | | |
| <i>Sporobolus festivus</i> Hochst | 91 | .14 | --- | --- | 0 | 0 | +++ | +++ | | |
| <i>Balanites aegyptiaca</i> (Linn | 78 | .07 | -- | 0 | 0 | 0 | +++ | + | 3a | |
| <i>Andropogon pinguipes</i> Stapf | 99 | .06 | -- | 0 | 0 | 0 | + | --- | | |
| <i>Aspilia africana</i> var. guin | 19 | .06 | 0 | 0 | 0 | 0 | +++ | | | |
| <i>Cissus cornifolia</i> (Bak.) P | 34 | .09 | - | -- | 0 | 0 | +++ | 0 | | |
| <i>Biophytum umbraculum</i> Welw. | 15 | .11 | | 0 | - | - | | +++ | | |
| <i>Cymbopogon giganteus</i> Chiov | 24 | .09 | - | 0 | - | 0 | 0 | +++ | | |
| <i>Desmodium velutinum</i> (Willd | 13 | .13 | | | | | | +++ | | |
| <i>Dioscorea dumetorum</i> (Kunth | 12 | .06 | | | | | | +++ | | |
| <i>Gardenia ternifolia</i> Schunm | 20 | .16 | | - | 0 | - | 0 | +++ | | |
| <i>Grewia bicolor</i> Juss. | 25 | .10 | - | - | 0 | 0 | 0 | +++ | | |
| <i>Hyperthelia dissoluta</i> (Nee | 10 | .08 | | | | | | +++ | | |
| <i>Pandiaka involucreta</i> (Moq. | 21 | .07 | | 0 | 0 | - | 0 | +++ | | |
| <i>Stereospermum kunthianum</i> C | 85 | .06 | - | 0 | 0 | 0 | -- | +++ | 3b | |
| <i>Strychnos spinosa</i> Lamarck | 56 | .06 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | +++ | | |
| <i>Ximentia americana</i> L. | 16 | .13 | | 0 | - | - | | +++ | | |
| <i>Cajanus kerstingii</i> Harms | 11 | .11 | | | | | | +++ | | |
| <i>Crossopteryx febrifuga</i> (Af | 11 | .06 | | | | | | +++ | | |
| <i>Detarium microcarpa</i> Guill. | 24 | .08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +++ | | |
| <i>Grewia cissoides</i> Hutch. & | 12 | .09 | | | | | | +++ | | |
| <i>Hexalobus monopetalus</i> (A. | 21 | .09 | | - | 0 | 0 | 0 | +++ | | |
| <i>Hymenocardia acida</i> Tul. | 24 | .06 | 0 | -- | 0 | 0 | - | +++ | | |
| <i>Hyparrhenia involucreta</i> (V | 9 | .09 | | | | | | +++ | | |
| <i>Hyparrhenia violascens</i> (St | 13 | .10 | | | | - | | +++ | | |
| <i>Lonchocarpus laxiflorus</i> Gu | 14 | .06 | | - | | 0 | | +++ | | |
| <i>Sphaeranthus angustifolia</i> | 9 | .06 | | | | | | +++ | | |
| <i>Steganotaenia araliacea</i> Ho | 11 | .09 | | | | | | +++ | | |

+ = espèce présente à 95% ; ++ = espèce présente à 99% ; +++ = espèce présente à 99,9%

- = espèce absente à 95% ; -- = espèce absente à 99% ; --- = espèce absente à 99,9%

L'absence de signe indique que l'échantillonnage de l'espèce ne permet pas le calcul de la probabilité. + = espèce présente à 95%

Inf ; mut. = Information mutuelle

A0 = culture ; - A1 = jachères de 1 et 2 ans ; A2 = jachères de 3 et 4 ans ; A3 = jachères de 5 à 8 ans ; A4 = jachères de 9 à 25 ans ; A5 = jachères de plus de 25 ans.

La démarche statistique

Grâce aux méthodes utilisant la théorie de l'information mutuelle (Abramson 1963), Donfack 1998 a mis en évidence, dans le Nord-Cameroun, le long d'un transect pluviométrique (600 à 1200 mm), sur 321 parcelles, échantillonnées sur les principaux types de milieux édaphiques de la région, les profils écologiques des 50 espèces (sur 6.2.3.) les plus sensibles à l'âge de la jachère. Il peut ainsi distinguer trois stades du cycle culture/jachère (tableau 7.2.2.) :

- le groupe 1, est lié aux cultures avec *Striga hermonthica*, *Commelina benghalensis*, *Leucas martinicensis*...
- le groupe 2 caractérise des jeunes jachères, avec *Cassia obtusifolia*, *Waltheria indica*, *Anona senegalensis*, *Combretum glutinosum*, ainsi que de nombreuses graminées annuelles
- groupe 3 avec *Andropogon pinguipes*, *Sporobolus festinus*, *Cissus cornifolia* et le retour des ligneux des savanes tels que *Anogeissus leiocarpus*, *Gardenia ternifolia*, caractérise les vieilles jachères.

Par contre, affinant son échantillonnage par zone climatique et par grands types de sols, cet auteur ne confirme pas tout à fait les résultats précédents, et propose pour trois éco-régions du Nord Cameroun, les espèces indicatrices du temps de jachère installées sur des vertisols à argiles gonflantes, et sur des sols ferrugineux sablo-argileux (tableau 7.2-3).

Tableau 7.2-3 : Espèces indicatrices du temps de jachère dans les 3 zones climatiques et par type de sol (Donfack, 1998).

| Zones écologiques | Sols | Jeunes jachères | Jachères intermédiaires | Vieilles jachères |
|-------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Zone soudano-sahélienne | Vertisols | <i>Setaria pumila</i> | <i>Aristida hordeacea</i> | <i>Schoenefeldia gracilis</i> |
| | | <i>Panicum laetum</i> | <i>Andropogon fastigiatus</i> | <i>Ziziphus mauritiana</i> |
| | Sols ferrugineux | <i>Merremia pinnata</i> | <i>Zornia glochidiata</i> | <i>Zornia glochidiata</i> |
| | | <i>Cenchrus biflorus</i> | <i>Guiera senegalensis</i> | <i>Guiera senegalensis</i> |
| Zone sahélo-soudanienne | Vertisols | <i>Leucas martinicensis</i> | <i>Eriochloa fatmensis</i> | <i>Andropogon pinguipes</i> |
| | | <i>Calotropis procera</i> | <i>Andropogon</i> | <i>Acacia seyal</i> |
| | Sols ferrugineux | <i>Leucas martinicensis</i> | <i>Loudetia togoensis</i> | <i>Secirinega virosa</i> |
| | | <i>Pennisetum pedicellatum</i> | <i>Andropogon pseudapricus</i> | <i>Sporobolus festinus</i> |
| Zone soudanienne | Vertisols | <i>Piliostigma reticulatum</i> | <i>Combretum glutinosum</i> | <i>Loudetia togoensis</i> |
| | | | <i>Andropogon gayanus</i> | <i>Anogeissus leiocarpus</i> |
| | Sols ferrugineux | <i>Rottboellia cochinchinensis</i> | | <i>Acacia polyacantha</i> |
| | | <i>Dactyloctenium aegyptium</i> | <i>Melinis repens</i> | <i>Aristida kerstingii</i> |
| | <i>Indigofera dendroides</i> | <i>Andropogon gayanus</i> | <i>Biophytum umbraculum</i> | |
| | <i>Annona senegalensis</i> | <i>Combretum spp.</i> | <i>Terminalia macroptera</i> | |
| | <i>Piliostigma thonningii</i> | | <i>Vitellaria paradoxa</i> | |

Analysant, à l'échelle régionale, les groupes fonctionnels végétaux indicateurs de l'âge des jachères, Donfack (1998) signale qu'un groupe de graminées annuelles à faible enracinement indique plutôt des jachères jeunes (1 à 4 ans), qu'un mélange de graminées annuelles/pérennes et de ligneux bas indique des jachères intermédiaires (5 à 8 ans), et enfin que pour les vieilles jachères (9 à 25 ans) ou savanes, ce sont les ligneux qui jouent ce rôle. Ceci est confirmé pour les autres pays de la zone du projet.

Nous voyons donc qu'il est complètement illusoire, de prétendre établir une liste universelle de plantes indicatrices pertinentes des stades du cycle culture-jachère, pour l'ensemble des zones d'intervention du projet. Nous avons vu que la prise en compte de la région écologique et celle des conditions édaphiques, améliorerait le rôle de bio-indicateurs des espèces végétales ; celui-ci peut être encore affiné par la prise en compte au niveau du terroir, de la perception qu'ont des différents taxons les paysans et éleveurs. Ces

deux approches devraient être menées de front ou même agrégées pour plus d'efficacité dans le diagnostic.

Dans un premier temps, il a été proposé pour les trois pays une liste de « bonnes » indicatrices déterminées que sur des critères écologiques ne tenant que très peu compte des approches anthropologiques (tableau 3.1.1.).

7.2.2 Les indicateurs physiques et biochimiques des sols

Une des hypothèses du projet, était que les différents états du cycle culture-jachère, pouvaient être enregistrés par certaines caractéristiques du sol, dont certaines sont listées dans le tableau 7.2-1.

Suivi de certains indicateurs de jeunes jachères au Cameroun

Un groupe de chercheurs a suivi dans le Nord Cameroun, l'évolution de quelques caractéristiques physico-chimiques du sol, ainsi que des indices de mésofaune du sol pendant 6 ans, sur un gradient climatique de 600 à 800 mm, et sur deux types de sols différents (sols sableux ferrugineux) et vertisols argileux). Les parcelles suivies subissaient trois traitements : culture, jachère avec feu et sans feu. Les analyses et mesures ont été effectuées au début et 6 ans après l'abandon de la culture.

Les résultats concernant la fertilité biochimique des sols montrent que les propriétés physico-hydriques des vertisols de Midawa ont peu évolué au cours de la durée de l'expérimentation, tant pour la porosité que pour la réserve en eau pour la végétation (tableau 7.2-4). Les analyses montrent que le feu limite l'action bénéfique de la mise en défens. La diversité de la macrofaune est moins bonne dans la parcelle soumise au feu par rapport à celle protégée du feu. Le feu semble également produire un effet dépressif sur les groupes épigés tels que les termites, les fourmis, les coléoptères et les aranéides. Les vers de terres ne sont pas sensibles à ce traitement, car ils vivent de préférence entre 20 et 30 cm de profondeur, zone du profil peu affectée par l'action des feux de brousse.

Au cours de 6 années de jachère, la porosité et la capacité de stockage de l'eau (réserve utile) des sols ferrugineux ont évolué de façon significative, avec une amélioration dans la jachère protégée contre le feu. Ce premier indicateur pertinent pour les sols à texture sableuse sera certainement accompagné d'autres dans le domaine biochimique comme semblent le confirmer les premières observations.

Concernant le carbone organique total et la matière organique, on constate dans tous les cas et surtout sur les ferrugineux de Gazad, une nette amélioration du statut organique avec la mise en jachère (près de 25%). Le feu ne semble pas avoir une grosse influence sur cette matière organique des sols, ce qui laisse penser que c'est surtout la biomasse racinaire qui participe à la reconstitution des stocks organiques.

Influence du temps de jachère sur quelques indicateurs des sols au Mali

Dhillion (1997) au Mali sur des terroirs à Sorgho testant sur une chronoséquence de jachères d'âge différent (1, 3, 7, 14 ans et culture), mais de mêmes conditions édaphiques et bio-climatiques, met évidence des relations significatives entre les valeurs de certaines caractéristiques des sols et de certains indicateurs biologiques et l'âge des jachères (tableau 7.2-5).

De même cet auteur, corrélant différents indices de diversité fonctionnelle microbienne (richesse spécifique s , indice de Shannon H' , et indice d'équitabilité E . Zak *et al.*, 1994 ; Magurran 1988), montre que les deux premières années de jachère après abandon de la culture, n'entraînent pas de modification significative de ces indices. Par contre à partir de 3 ans et surtout de 7 ans, la diversité fonctionnelle microbienne est profondément modifiée (tableau 7.2-6).

Tableau 7.2-4 : Evolution des principales caractéristiques de l'horizon) de surface (20 cm des sols) (extrait de Donfack 1998).

| Caractéristiques | Période de jachère | Vertisol de Kolofata (600 mm) | | | Vertisol de Midawa (800 mm) | | | Sol ferrugineux de Gazad (800 mm) | | |
|---|--------------------|-------------------------------|------------------|------------------|-----------------------------|------------------|------------------|-----------------------------------|------------------|------------------|
| | | Champ cultivé | Jachère avec feu | Jachère sans feu | Champ cultivé | Jachère avec feu | Jachère sans feu | Champ cultivé | Jachère avec feu | Jachère sans feu |
| Matière organique | initial | 0,4 | 0,7 | 0,7 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,6 | 1,4 | 1,5 |
| | 6 ans après | 0,8 | 1,0 | 1,1 | - | 1,7 | 1,7 | 1,5 | 2,1 | 1,9 |
| C(%) | initial | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | 6 ans après | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 1,2 | 1,1 |
| N (‰) | initial | 0,5 | - | 4,0 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,7 | 1,2 | 0,9 |
| | 6 ans après | 0,4 | 1,0 | 0,4 | 1,0 | 4,0 | - | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| C/N | initial | 7,1 | - | 10,8 | 9,2 | 10,5 | 10,2 | 7,9 | 9,1 | 9,8 |
| | 6 ans après | 11,2 | 9,9 | 10,2 | - | 15,6 | 17,1 | 11,3 | 11,2 | 83 |
| Densité apparente sans éléments grossiers | initial | - | - | - | 1,49 | 1,54 | 1,51 | 1,14 | 1,18 | 1,10 |
| | 6 ans après | - | - | - | 1,47 | 1,56 | 1,50 | 1,12 | 1,26 | 0,97 |
| Porosité(%) | initial | - | - | - | 43 | 42 | 44 | 54 | 53 | 56 |
| | 6 ans après | - | - | - | 44 | 41 | 43 | 55 | 48 | 59 |
| Réserve utile(mm /20cm) | initial | - | - | - | 39 | 41 | 39 | 13 | 18 | 14 |
| | 6 ans après | - | - | - | 43 | 68 | 44 | 42 | 24 | 18 |
| Densité de faune du sol (nbe/m ²) | 6 ans après | - | 746 | 1224 | 988,8 | 453 | 453 | 4459 | 760 | 1728 |
| Indice de diversité de mésofaune | 6 ans après | - | 2,1 | 1,7 | 1,6 | 2,3 | 3,0 | | 3,5 | 2,4 |

Tableau 7.2-5 : Relations au Mali entre l'âge des jachères et quelques caractéristiques du sol et paramètres biologiques (Dhillion 1997)

(+) relation positive (-) relation négative

| Variable | Age de la jachère | | Relation |
|---|-------------------|-------|----------|
| | r ² | p | |
| Matière organique (%) | 0.73 | 0.005 | + |
| N (mg kg ⁻¹) | 0.06 | 0.45 | - |
| P (Bray) (mg kg ⁻¹) | 0.27 | 0.052 | - |
| Ca (mg kg ⁻¹) | 0.53 | 0.01 | + |
| Mg (mg kg ⁻¹) | 0.61 | 0.01 | + |
| Biomasse microbienne (µg CO ₂ g ⁻¹ soil h ⁻¹) | 0.75 | 0.005 | + |
| Longueur des hyphes (cm g ⁻¹ soil) | 0.32 | 0.03 | + |
| activité dehydrogenase (µg g ⁻¹ soil h ⁻¹) | 0.54 | 0.01 | + |
| Spoires mycorrhiziennes (no. g ⁻¹ soil) | 0.67 | 0.02 | + |
| Densité des espèces ligneuses (nombre 10m ⁻²) | 0.74 | 0.001 | + |
| Densité des espèces pérennes (nombre m ⁻²) | 0.43 | 0.0 | |

Tableau 7.2-6 : Valeurs moyennes de la diversité fonctionnelle en fonction de l'âge de la jachère.

Les valeurs associées aux mêmes lettres ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$)

| Indexes | Culture (témoin) | Land use | | | |
|--------------------------|------------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | | Age des Jachères (ans) | | | |
| | | 1 | 3 | 7 | 14 |
| Substrate Richness | 64a | 70a | 84b | 106d | 97c |
| Substrate Diversity (H') | 1.48a | 1.52a | 1.64b | 1.83c | 1.85c |
| Substrate Evenness (E) | 0.81a | 0.83a | 0.87b | 0.93c | 0.96d |

Cette contribution aborde de façon relativement globale le problème des indicateurs. Elle explicite relativement bien le lien qui existe, pour une unité agro écologique représentée par quelques terroirs, entre le temps de jachère et la remontée biologique des sols. Si l'auteur conclut que l'âge de la jachère montre de fortes corrélations avec de nombreux propriétés liées à la fertilité biochimique des sols, en particulier en ce qui concerne l'activité microbienne et la matière organique, ces résultats ont une valeur limitée à la zone d'étude.

Bilan et stockage du carbone organique utilisés comme indicateurs du temps de jachère

Dans une autre étude ayant pour but de modéliser à l'échelle d'un petit terroir du Sénégal de la zone soudanaise, les stocks et flux de carbone organique, afin d'établir un bilan, Manlay & Masse (paragraphe 4.2) soulignent que :

- La jachère est un processus actif de régénération de la fertilité, reposant essentiellement sur des mécanismes biologiques.
- Les compartiments organiques témoignent durant le cycle culture/jachère de dynamiques diverses ; en effet les réservoirs de carbone apparemment les plus sensibles aux différentes étapes du cycle (litière, biomasse ; fécès, etc.) sont biologiquement les plus actifs, tandis que le stock de carbone du sol semble rester stable dans le cadre de son étude. (fig. 7.2-1).
- Dans ces conditions le statut organique utilisé comme indicateur du bon fonctionnement de l'écosystème, est une illusion, et doit être redéfini. La mesure du taux ou du stock de carbone total du sol est une simple photographie.

Donc cet auteur préconise qu'en milieu tropical, où les processus biologiques sont rapides et prépondérants, que la mesure du carbone total pour pouvoir être utilisée comme indicateur doit être accompagnée d'étude de dynamiques saisonnières, et de quantification des flux de carbone traversant le système sol. Cet auteur ne rejette pas le carbone comme indicateur, mais il propose de l'utiliser de façon dynamique et non statique.

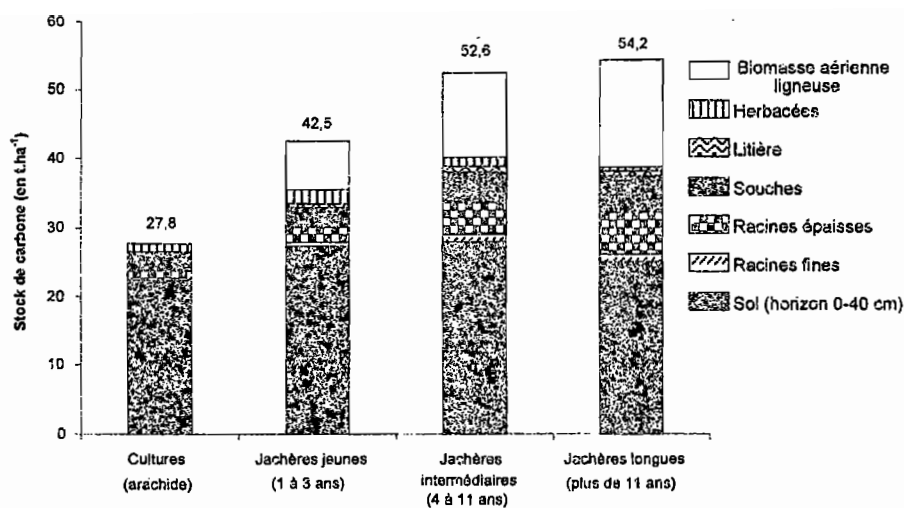


Figure 7.2-1 : Stockage du carbone durant le cycle culture-jachère. Le nombre au dessus de la barre est le stock de carbone total système.

Modification de l'horizon superficiel du sol en cours de la jachère

Toujours concernant ces indicateurs physico hydriques, Chotte *et al.*, (1997), cherche à caractériser différents stades du cycle jachère/culture par la porosité, l'aggrégation au relation avec le carbone et l'azote. Sur une grappe de jachère étudiée en mode synchrone sur un sol ferrugineux (Dior) du bassin arachidier du Sénégal, ils étudient les modifications de l'horizon superficiel (0-10 cm). Ils proposent les résultats suivants :

Matière organique

Les teneurs en C et N des sols sous jachère sont plus élevées que celles mesurées sous culture (Tableau 7.2-7). C'est dans la situation jachère 19 que les valeurs les plus élevées ont été enregistrées. Les valeurs des rapports C/N sont proches (17) sous jachère. Elle est légèrement supérieure (24) sous culture, probablement en raison de la présence de charbon de bois provenant des résidus de culture brûlés avant chaque cycle de culture.

Tableau 7.2-7 . Teneurs en carbone et azote organiques (mg.g⁻¹ sol) du sol (0-10 cm)

| Situation | C (mg g ⁻¹ sol) | | N (mg.g ⁻¹ sol) | | C/N |
|----------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|-----|
| | moyenne | écart type | moyenne | écart type | |
| Culture | 6,57 | 2,72 | 0,27 | 0,04 | 24 |
| Jachère 3 ans | 7,91 | 1,07 | 0,47 | 0,01 | 17 |
| Jachère 19 ans | 9,57 | 1,90 | 0,59 | 0,15 | 16 |

Porosité

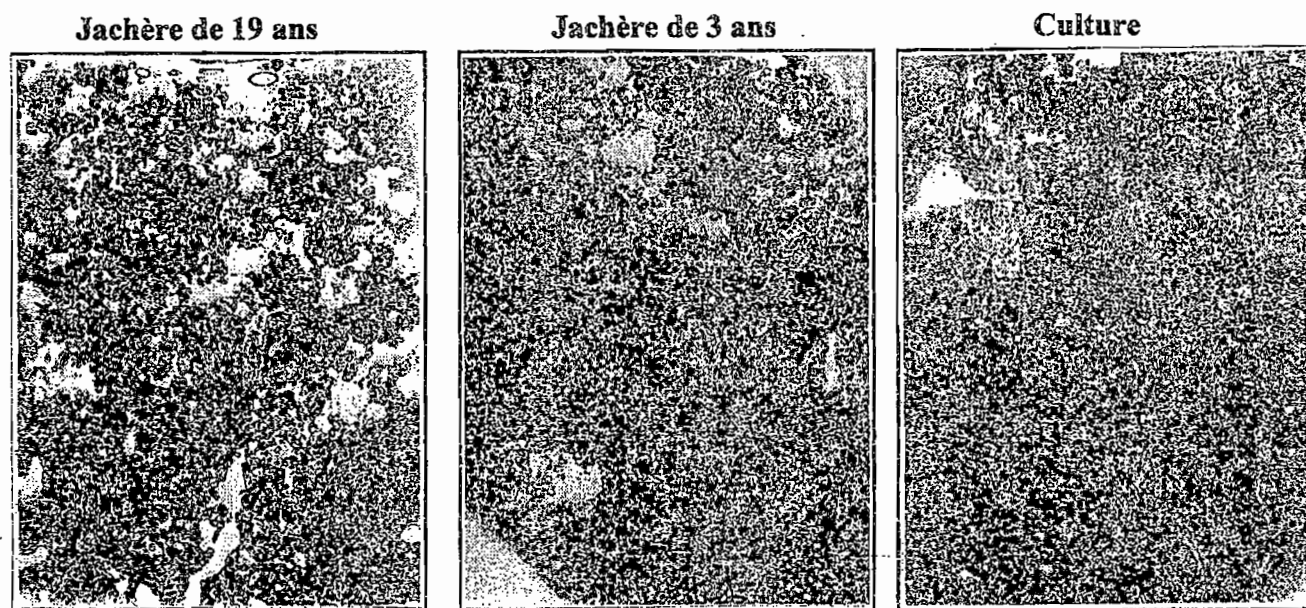
Elle est étudiée sur lame minces effectuées sur un bloc non perturbé imprégné de résine époxy. La lame est observée en lumière florescente réfléchi. Le comptage des vides est effectué par le logiciel visilog.

Pour les différentes situations, la surface occupée par les vides est la suivante :

- Culture : 6,7 %
- Jachère 3 ans : 13,0%
- Jachère 19 ans : 24,0%.

Les différences sont significatives (PLSD Fisher, $p < 0,05$). Sous culture, les vides sont surtout des vides d'entassement (Figure 7.2-2). On note cependant la présence d'une macroporosité peu abondante,

localisée dans la partie supérieure de l'horizon. Cette macroporosité est plus abondante dans la situation So.JD3. Il s'agit principalement de pores tubulaires horizontaux dont le diamètre peut aller jusqu'à 1 cm. La porosité est la plus élevée dans la situation de jachère de 19 ans, où elle représente près d'un quart de la surface totale de la lame soit deux fois plus que pour la jachère de 3 ans et 4 fois plus que dans la situation cultivée. Les pores sont de type tubulaire dont certains sont verticaux, Ces pores sont répartis sur la totalité de l'horizon 0-10 cm. Il s'agit d'une porosité d'origine biologique (macrofaune).



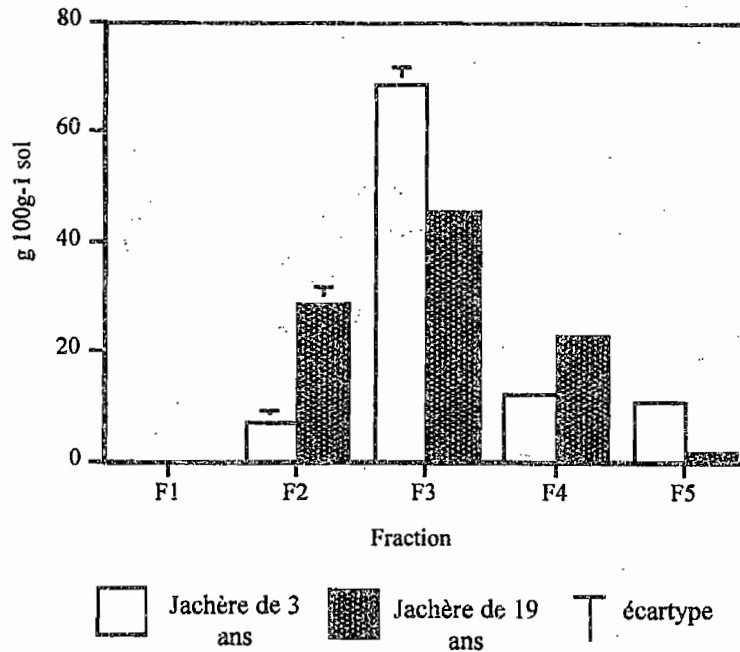
Images des lames de sol (lumière fluorescente réfléchie, grossissement 1)

Figure 7.2-2 : Transformation, durant la jachère, de l'horizon superficiel (0-10 cm) d'un sol ferrugineux du bassin arachidier sénégalais (Thysse Kaymor).

Agrégation

La classe $> 2000 \mu\text{m}$ est significativement la plus abondante dans la situation jachère de 19 ans (Figure 7.2-3). Elle représente respectivement 29% et 7% du poids du sol total des situations de 19 et 3 ans. Cette classe est constituée exclusivement d'agrégats dont la cohésion semble assurée par les racines. Les agrégats plus petits (fraction $50-2000 \mu\text{m}$) représentent respectivement 70% et 46% du poids du sol pour 3 ans et 19 ans de jachère. La classe micro-agrégée $2-50 \mu\text{m}$ est près de deux fois plus abondante à 19 ans (23% du poids du sol total) qu'à 3 ans (12%). A l'inverse, la quantité d'argile dispersée est nettement plus élevée pour 3 ans (11% du poids du sol total), comparée à celle enregistrée pour 19 ans (2%). Ces argiles représentent respectivement 100% et 20% des argiles granulométriques-obtenue par analyse mécanique, c'est à dire après destruction de la matière organique et dispersion totale des particules minérales.

En résumé, dans le terroir arachidier du Sénégal, l'arrêt des cultures et l'installation d'une jachère naturelle mise en défens permet d'accroître la teneur en matière organique de l'horizon 0-10 cm. Dans ces sols ferrugineux sableux, le développement des ligneux et d'une strate herbacée, végétation à forte restitution racinaire, favorisent l'apparition d'une macroposité d'origine biologique et de macro-agrégats $> 2000 \mu\text{m}$.



F1 : résidus végétaux ; F2 : Fraction >2000 μ m ; Fraction 50-2000 μ m ; F4 : Fraction 2-50 μ m ; F5 : Fraction 0-2 μ m

Figure 7.2-3 : Distribution pondérale en classe d'agrégats dans les deux âges de jachère

7.2.3 Ebauche d'un indicateur de risque de dégradation de la fertilité du sol dans les jachères du Nord Cameroun

L'étude s'est réalisée sur un terroir (Karéwa) déjà anciennement occupé et manifestant des signes d'épuisement de la fertilité et dans lequel les agriculteurs abandonnent certaines parcelles à la jachère de plus ou moins longue durée.

Le terroir de Karéwa, voisin de Garoua (1100 mm), se trouve sur des sols sableux ferrugineux tropicaux lessivés rouges sur grès. En surface, on note peu de termitières, des croûtes de ruissellement. Ils présentent en outre un niveau à cohésion forte et à structure massive. Ce qui expliquerait la faible exploitation de cet horizon par les racines des plantes. Topographiquement ces sols sont caractérisés par une pente régulière de l'ordre de 2%. Ils sont profonds.

La végétation naturelle est constituée d'une savane soudanienne dominée par les combretacées telles que *Combretum glutinosum*, *Terminalia avicennioides*, *Combretum nigricans* et par quelques autres espèces telles que *Strychnos innocua*, *Daniella oliveri* et *Gardenia aqualla*. La strate herbacée, est surtout dominée par les graminées dont les plus importantes sont *Aristida kerstingii* dans les clairières et *Hyptis suaveolens* dans les points de grandes concentrations de ligneux ombragés. *Louditia flavida* domine dans les fonds plus humides.

Méthode

Le but est de vérifier en mode synchrone, l'hypothèse de la remontée de la fertilité des sols grâce à la jachère. Pour cela, il a été utilisé une série dite progressive. Celle étudiée à Karéwa est constituée d'une grappe de parcelles comportant un champ considéré comme "fatigué" après plusieurs années de mise en culture, cultivé en maïs (KC), une jachère d'un an (KJ) et une jachère de 5 ans (KV). Cette grappe de défriches à Karité (*Vitellaria paradoxa*) est située sur une pente de l'ordre de 1%.

Les paramètres édaphiques mesurés sur ces parcelles ont été : la granulométrie, les densités apparentes, les densités réelles, la rétention d'eau (à pF 2,5 et pF 4,2), l'instabilité structurale des horizons

de surface (Méthode Hénin *et al.*, 1969) et le niveau trophique du sol (analyses chimiques : C par fractionnement granulométrique (Gavinelli, Feller C. *et al.*(1995)), N, pH, C/N, CEC, bases échangeables.

Résultats

Le tableau 7.2-8 montre la relative homogénéité granulométrique de la grappe. La texture sablo-argileuse présente un taux d'argile croissant le long du profil. L'horizon superficiel semble le plus touché par la variation des éléments fins. Le pourcentage de limon fin passe alors de 0,5 à 3% après 5 ans de jachère. Il y a une augmentation croissante du taux de carbone dans l'horizon de surface de la culture vers la jachère (figure 7.2-4).

Tableau 7.2-8 : Granulométrie des sols de la grappe de Karéwa (en %).

| Parcelles | Profondeur (cm) | Argile | Limons fins | Limons Grossiers. | Sable fin | Sable grossier. |
|------------------|-----------------|--------|-------------|-------------------|-----------|-----------------|
| Champ fatigué | 0-10 | 10,5 | 0,5 | 5,0 | 15 | 68 |
| | 10-20 | 10,5 | 2,5 | 6,3 | 12 | 65 |
| | 20-40 | 16,5 | 2,5 | 7,5 | 10 | 63,5 |
| Jachère de 2 ans | 0-10 | 12,0 | 2,0 | 7,0 | 17 | 62,0 |
| | 10-20 | 13,5 | 2,0 | 8,5 | 13 | 63,0 |
| | 20-40 | 18,0 | 2,5 | 7,5 | 11 | 61,0 |
| Jachère de 5 ans | 0-10 | 12,0 | 3,0 | 8,0 | 18 | 59,0 |
| | 10-20 | 13,3 | 2,5 | 6,5 | 15 | 62,5 |
| | 20-40 | 26,5 | 2,5 | 8,0 | 08 | 53,0 |

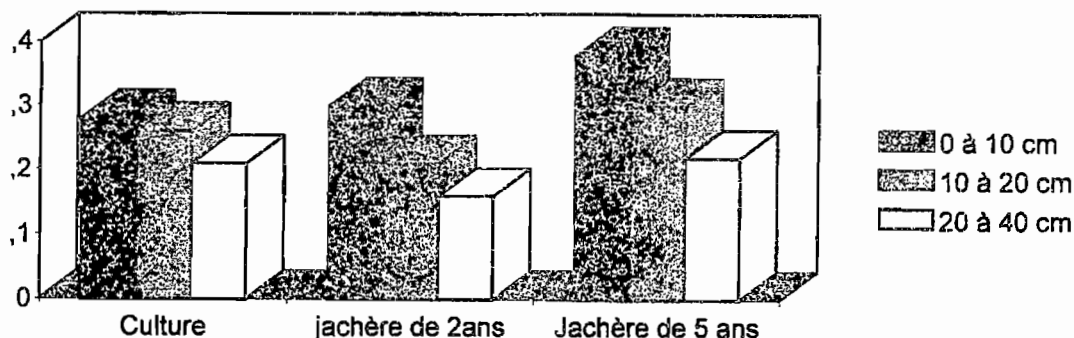


Figure 7.2-4 : Evolution du taux de carbone en fonction de la profondeur du sol dans la grappe de jachère de Karéwa

Tableau 7.2-9 : Evolution de la CEC de l'horizon de surface (0-10 cm) dans la grappe de Karéwa.

| Parcelles | CEC (T) (meq/100g de sol) | Somme des bases échangeables (S) | S/T (%) |
|------------------|------------------------------|-------------------------------------|------------|
| Culture | 6.29 | 1.19 | 19 |
| Jachère de 2 ans | 8 | 0.93 | 11 |
| Jachère de 5 ans | 8.71 | 1.42 | 16 |

La CEC seule évolue significativement (tableau 7.2-9). Du point de vue chimique, on constate une amélioration faible des propriétés du complexe d'échange en relation avec l'évolution de la teneur en carbone et de la matière organique. La somme des bases échangeables évolue mais le taux de saturation reste faible.

La mise en jachère entraîne un effet inverse, il y a une amélioration de 27% par rapport au champ fatigué, au bout de 5 années. On remarque cependant que les reconstitutions de matière organique sont insuffisantes pour retourner au bout de cinq années le taux de la savane boisée prise comme référence. Ce taux reconstitué au bout de 5 ans est cependant comparable à celui de la savane hors couvert (clairière sans arbres dans la savane boisée).

A Karéwa, aucune évolution sensible de la densité apparente n'apparaît au cours de la mise en jachère. Les valeurs de la porosité dans la grappe et en surface évoluent par conséquent très peu. Dans l'ensemble, la porosité est médiocre dans ces sols. On observe une légère amélioration de 20 à 40 cm de profondeur (tableau 7.2-10).

Tableau 7.2-10 : Porosité (en %) dans la grappe progressive de Karéwa.

| Site | 0 - 10 cm | 10 - 20 cm | 20 - 40 cm |
|------------------|-----------|------------|------------|
| Culture | 44 | 43 | 41 |
| Jachère de 2 ans | 45 | 44 | 42 |
| jachère de 5 ans | 44 | 43 | 43 |

La mise en culture semble produire une augmentation de la densité apparente dans les horizons superficiels au cours des 4 années qui suivent la mise en culture, occasionnant une dépréciation de la dynamique de l'eau. Par contre, l'amélioration au cours de la mise en jachère est très faible pour des temps de l'ordre de 5 ans.

L'indice d'instabilité structurale (Hénin *et al.*, 1969) appliqué sur les parcelles de notre étude ne présente que de faibles variations non significatives, avec des valeurs comprises entre 1,0 et 1,3, plaçant les sols concernés parmi les sols considérés comme stables.

Le temps de jachère ne semble pas modifier sensiblement l'humidité à pF 4.2 mais la teneur en eau à pF 2.5 présente une amélioration avec le temps de jachère. Il en résulte une augmentation de la réserve utile en eau au cours de la jachère (fig. 7.2-5).

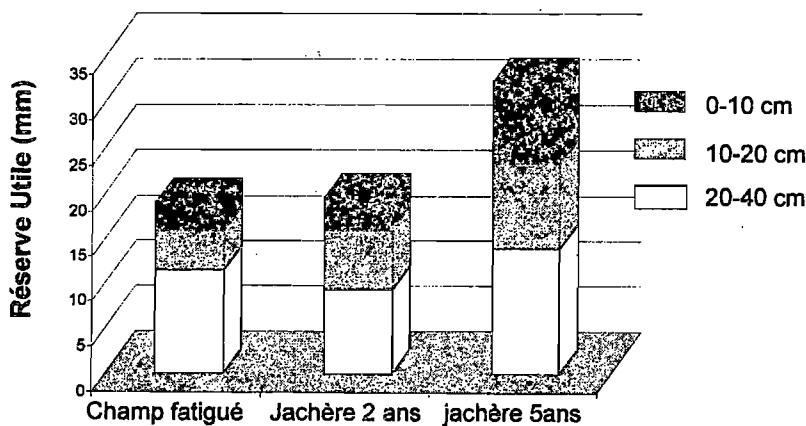


Figure 7.2-5 : Réserve utile à Karéwa

Nous avons pu montrer que l'on peut s'attendre à une amélioration des propriétés du sol soumis à une culture continue par l'utilisation de la jachère. Toutefois ces améliorations restent discrètes pour les jachères courtes dans ces sols sableux.

Enfin, il est important de souligner quelques points sensibles : le fait que les variations de paramètres, quand elles existent, sont relativement faibles ; le fait que de telles variations n'aient pu être constatées de manière aussi franche sur d'autres grappes également suivies en mode synchrone dans le cadre du programme Jachère-Biodiversité dans l'extrême Nord, voilà autant de limites et de prudence à apporter aux conclusions de cette étude.

Conception d'un indicateur de risque de dégradation de la fertilité.

Une étude succincte de la littérature permet de voir comment les concepts de la fertilité et de sa dégradation sont perçus par quelques auteurs.

Karlen et Stoot (1994) définissent la qualité d'un sol en fonction sa capacité à permettre l'infiltration de l'eau, en faciliter les transferts et l'absorption, résister aux dégradations physiques et subvenir aux besoins de la plante en croissance. Ils distinguent donc une ensemble de paramètres physiques liés au régime hydrique du sol et des paramètres chimiques liés à la nutrition des plantes.

Piéri (1991) définit les mesures à effectuer pour suivre l'évolution de la fertilité des sols cultivés comme faisant partie de trois ensembles. Le premier s'attache à mesurer la variation des stocks et des flux des facteurs de production majeurs que sont l'eau, les éléments minéraux et la matière organique. Le second type de mesure concerne l'évolution de l'organisation morphologique des sols et tout particulièrement de la structure et de la porosité qui en résultent. Le suivi du devenir des systèmes de régulation physico-chimiques (acidité, oxydoréduction) et biologiques (activité rhizosphériques, microbiologiques, fauniques) constitue le troisième ensemble.

Ce même auteur propose un organigramme simplifié de l'évolution de la fertilité des terres à l'échelle d'une parcelle cultivée (fig. 7.2.6.). Il dégage deux causes essentielles de dégradation qui ont pour effet la réduction de l'offre en eau et en éléments minéraux : l'érosion pluviale et le déficit du bilan organique. Ces réductions occasionnent divers effets négatifs, plus ou moins mesurables, au niveau du sol, qui se répercutent sur les cultures et leur croissance et dont les conséquences, bouclant un cercle vicieux, ne font qu'aggraver les causes premières de dégradation, érosion et bilan organique déficitaire.

Nous nous sommes basés sur le troisième niveau de ce schéma, celui des problèmes de fonctionnement du sol, pour tenter de construire un indice de risque de dégradation de la fertilité d'une parcelle. Cet indice doit permettre d'évaluer l'état de dégradation du sol d'une parcelle à partir d'un diagnostic basé sur quatre critères, portant surtout sur l'horizon de surface et se rattachant aux aspects physiques du sol liés à son régime hydrique, ainsi qu'aux aspects de fertilité chimique. Ces critères sont donc : le stock d'eau utile, la structure de l'horizon de surface d'une part, les réserves en éléments minéraux et le pH d'autre part.

L'indicateur IRD, pour Indicateur de Risque de Dégradation est inspiré de l'indicateur Ipest (van der Werf, Zimmer, 1998) dont il reprend la structure originale de système expert flou.

La méthode utilise les concepts de la logique floue pour aboutir à un système expert, notions que nous allons définir dans le paragraphe qui suit. Le but est d'obtenir une information synthétique à partir des informations apportées par divers variables d'entrée qui seront organisées de façon à simuler un raisonnement d'expert.

La logique floue permet de modéliser des connaissances imprécises (approximation d'une valeur numérique) ou vagues (langage naturel : un objet est "grand"), elle fut proposée par Zadeh (1965). C'est aussi un moyen de traiter, dans un même cadre, des connaissances fournies numériquement, par des instruments de mesure, et des connaissances exprimées symboliquement, par un observateur humain par exemple.

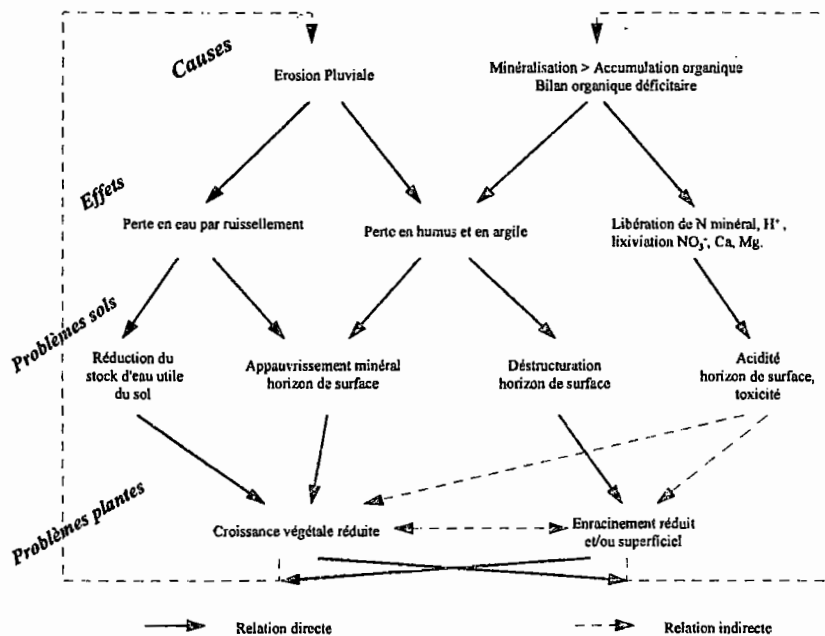


Figure 7.2- 6 : Les causes et les problèmes de dégradation de la productivité agricoles des terres de culture pluviale dans la zone de savanes au sud du Sahara (d'après Piéri, 1991).

L'indicateur est l'agrégation de quatre variables d'entrée, correspondant à 7 paramètres mesurables à l'échelle de la parcelle. Ces paramètres sont, pour l'horizon de surface : le taux de matière organique, la teneur en argile et en limons, le pH, la Capacité d'Echange Cationique et, pour une épaisseur de 80 cm de sol, les humidités à pF 2,5 et pF 4,2.

Le risque de dégradation est exprimé sous la forme d'une valeur sans dimension comprise entre 0 (risque minimum) et 1 (risque maximum). Le calcul de cette valeur met en oeuvre des mécanismes de logique floue et de système expert dont les grands principes sont rappelés ci-après.

Chacune des variables d'entrée est caractérisée par son appartenance (degré d'appartenance) à deux sous-ensembles : le sous-ensemble Favorable (variable dont la valeur ne témoigne pas d'un risque de dégradation majeur) et le sous-ensemble Défavorable (variable dont la valeur témoigne ou contribue à un risque de dégradation). Dans le cas de valeurs extrêmes, une variable d'entrée appartient totalement à l'un de ces deux sous-ensembles. Pour une valeur intermédiaire située dans l'intervalle dit de *transition*, la variable est partiellement Favorable et partiellement Défavorable.

Soit l'exemple de la variable d'entrée évaluant le risque de dégradation physique. On utilise pour cela l'indice de Piéri. Il considère les sols comme étant physiquement dégradés pour un rapport « teneur en MO/(Teneur en argile + limon fin) *100 » inférieur à 5. Il considère le risque élevé de dégradation physique pour un rapport compris entre 5 et 7, le risque faible entre 7 et 9, et considère les sols comme suffisamment pourvus en MO quand le rapport passe au-delà de 9.

Nous retenons donc ici, que pour le rapport de Piéri, nous fixons l'intervalle de transition comme étant compris entre 5 et 9 : un rapport inférieur à 5 est considéré comme totalement Défavorable (Degré d'appartenance au sous-ensemble Défavorable = 1; au sous-ensemble Favorable = 0); un rapport supérieur à 9, comme totalement Favorable (Degré d'appartenance au sous-ensemble Défavorable = 0; au sous-ensemble Favorable = 1). Pour une valeur intermédiaire du rapport, les degrés d'appartenance aux deux sous-ensembles sont calculés en fonction du profil de ces fonctions (Figure 7.27.). Les profils adoptés ici correspondent aux profils « more is better » et « less is better » décrits par Wymore ((1993) in Karlen et Stott (1994)).

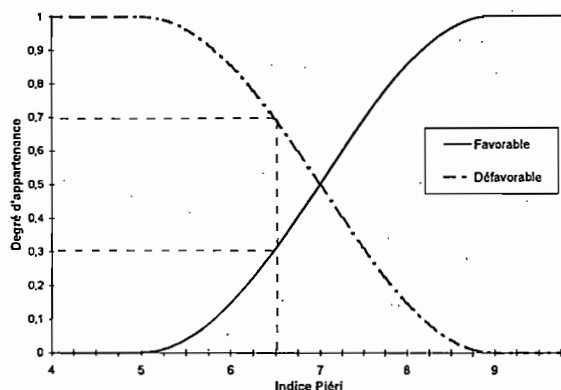


Figure 7.2-7 :Fonctions d'appartenance des sous-ensembles Favorable et Défavorable pour la variable d'entrée Rapport de Piéri.

La même démarche est adoptée pour les trois autres variables d'entrée de l'indicateur : nous en définissons les limites de l'intervalle de transition, en fonction des valeurs seuils définies précédemment à dire d'experts (Tableau. 7.2-11).

Tableau 7.2-10 : Définitions des bornes des intervalles de transition

| Variables d'entrée | Limite inférieure de l'intervalle de transition | Limite supérieure de l'intervalle de transition |
|--------------------------|---|---|
| Réserve utile pour 80 cm | 30 mm | 90 mm |
| Rapport Piéri | 5 | 9 |
| PH | 5,0 | 8,5 |
| C.E.C. | 5 meq/100 | 20 meq/100 |

Le système expert est un système de raisonnement basé sur une collection de règles de décision du type « Si (prémises). Alors (conclusion) ». Il définit, en fonction de l'aspect Favorable ou Défavorable des variables d'entrée (= prémisses), la valeur de l'indice (=conclusion de la règle) (tableau 7.2-12)

Une pondération relative des différentes variables peut s'effectuer, à dire d'expert, au travers du choix de la valeur des conclusions des règles. Nous avons ici opté pour une pondération neutre, accordant un même poids à chacun des critères. Cette pondération « floue » permet de tenir compte de l'ensemble des 16 règles de décision du tableau 7.2-12, des valeurs et de la vraisemblance de leur conclusion, pour calculer la note finale de l'indicateur IRD (Moyenne pondérée des 16 conclusions pondérées par leur degré de vraisemblance).

Tableau 7.2-12 : Ensemble des règles de décision de l'indicateur IRD.

(F: Favorable; D : Défavorable).

La lecture de ce tableau se fait comme suit (exemple de la troisième ligne) :

Si la RU est Favorable (avec un degré d'appartenance égale à d1),

Si le rapport Piéri est Favorable (avec un degré d'appartenance égale à d2),

Si le pH est Défavorable (avec un degré d'appartenance égale à d3),

Si la CEC est Favorable (avec un degré d'appartenance égale à d4),

Alors, la conclusion de la règle vaut 0,25

(avec un degré de vraisemblance égale à MIN (d1,d2,d3,d4)).

| RU | Rapport Piéri | pH | CEC | Conclusion |
|----|---------------|----|-----|------------|
| F | F | F | F | 0 |
| F | F | F | D | 0,25 |
| F | F | D | F | 0,25 |
| F | F | D | D | 0,5 |
| F | D | F | F | 0,25 |
| F | D | F | D | 0,5 |
| F | D | D | F | 0,5 |
| F | D | D | D | 0,75 |
| D | F | F | F | 0,25 |
| D | F | F | D | 0,5 |
| D | F | D | F | 0,5 |
| D | F | D | D | 0,75 |
| D | D | F | F | 0,5 |
| D | D | F | D | 0,75 |
| D | D | D | F | 0,75 |
| D | D | D | D | 1 |

Conclusion

L'indicateur présenté ici n'est qu'une première ébauche et est grandement susceptible d'être modifié après consultation et consensus d'experts : les paramètres pris en compte, les limites des intervalles de transition ou encore les pondérations des règles peuvent être aisément modifiées pour s'adapter à de nouvelles considérations dans l'évaluation du risque de dégradation.

Cependant, une première application de l'indicateur, dans cet état, laisse entrevoir un bon comportement (tableau 7.2-13). Les résultats obtenus par le calcul de l'indicateur, avec les données des parcelles de Karéwa que nous avons étudiées précédemment, correspondent a priori à l'avis qu'un expert pourrait donner, au vu des paramètres exposés, sur les risques relatifs de dégradation que présentent ces trois parcelles. L'indicateur place le champ fatigué comme étant le plus à risque, devant la Jachère de 2 ans et enfin, la jachère de 5 ans.

Il est clair que l'exposé que nous venons de faire s'est plus attaché à présenter la méthode en elle-même qu'à la valider et en utiliser concrètement les résultats. Une mise en oeuvre de l'indicateur sur un grand jeu de données pourrait en permettre une certaine validation, c'est-à-dire, apprécier si l'IRD répond à ce qu'on attend d'un indicateur : être discriminant, rendre intelligible la réalité et être facile à mettre en oeuvre. Ce dernier point est d'ores et déjà discutable, car le calcul de l'IRD suppose la mise en oeuvre d'une certaine technologie, qui éloigne l'indicateur d'une utilisation directement sur le terrain. Un tel outil pourrait être mis à contribution dans le cadre de classification et d'évaluation de terres, d'identification de zones prioritaires à protéger ou à aménager.

Tableau 7.2-13 : Mise en oeuvre de l'indicateur IRD avec les données des parcelles de notre étude.

| | Champ fatigué | Jachère de 2 ans | Jachère de 5 ans |
|----------------------------|---------------|------------------|------------------|
| Type de sol | Ferrugineux | Ferrugineux | Ferrugineux |
| Matière organique (%) | 0,48 | 0,52 | 0,65 |
| Teneur en argile (%) | 10,5 | 12 | 12 |
| Teneur en limons (%) | 5,5 | 9 | 11 |
| PH | 6,34 | 6,33 | 6,51 |
| C.E.C. (meq/100g) | 6,29 | 8 | 8,71 |
| Réserve Utile 0-80 cm (mm) | 37,82 | 38,88 | 64,24 |
| IRD | 0,872 | 0,817 | 0,689 |

Conclusions

Ces différents exemples reflètent bien la situation actuelle. Nombreux sont encore les auteurs affirmant que le temps de jachère augmente de façon significative les taux de carbone total du sol (Greedland et Nye, 1959 ; Aina, 1979 ; Areola *et al.*, 1982 ; Feller, 1995 ; Tiessen *et al.*, 1998 ; Dhillion, 1997 ; In Sam and Domsch, 1988 ; Willig *et al.*, 1996). La plupart de ceux-ci y associent les processus microbiologiques et attribuent un rôle important à la ryzosphère dans cette séquestration du carbone par les sols.

A l'inverse, d'autres auteurs, (Palm *et al.*, 1996 ; Manlay, 1998 ; Abbadie *et al.*, 1982 et 1996, Myers *et al.*, 1994) sans rejeter totalement le carbone total du sol comme indicateur de la fertilité du sol, confèrent aux processus de transformation de la matière organique (quantitatif et qualitatif) et à la connaissance des flux de carbone, un rôle de plus en plus important dans la caractérisation de l'état de la fertilité du sol dans le cycle culture-jachère.

7.2.4 Eléments de la mésofaune et de la macrofaune des sols indicateurs des stades du cycle culture-jachère

Nématodes

Pate (1997), affirme que les nématodes du sol sont d'excellents décripteurs du fonctionnement et de l'état des stades du cycle culture-jachère. Elles leurs confèrent une pertinence meilleure que celle attribuée aux indicateurs floristiques. Dans la succession post-culturale, on assiste (figure 5.4-1) à un remplacement des phytoparasites des cultures *S. Cavenessi* et *T. gladiolatus*, par d'autres *C. curvata*, *T. mashoodi*, etc. apparemment dans la même niche écologique, il s'agit non pas d'une diminution du peuplement, mais d'un changement spécifique.

Cependant pour une utilisation pertinente de ces indicateurs, il est nécessaire d'avoir une parfaite connaissance du peuplement global et de son évolution saisonnière au cours de l'année.

La macrofaune invertébrée du sol

Etudiant les populations de termites, fourmis, vers de terre etc. en Haute Casamance, Derouard *et al* (paragraphe 5.5) concluent que les jachères les plus récentes (1 ou 2 ans) et les plus anciennes (18, 31 ans) présentent les plus forte densité de vers de terre quelle que soit la date d'échantillonnage.

Ils insistent sur le fait, que sur un même lieu d'étude, les observations diachrones et synchrones, faites en fonction du calendrier pédohydrique, peuvent être valables, mais difficilement extrapolables à d'autres terroirs ou régions.

Duboisset (paragraphe 5.5.), dans le Nord Cameroun montre que le défrichement et la culture en détruisant les termites humivores et lignivores favorise le développement des champignonistes, et que après 7 années de culture continue, une mise en jachère protégée de 5 années suffit, sur un sol du nord Cameroun, pour voir revenir les peuplements initiaux des termites. Mais cet auteur insiste sur le fait que la jachère pour être efficace doit être protégée contre les prédateurs et surtout le feu, et que la connaissance du cycle biologique des espèces, reliée à celle du pédoclimat est absolument nécessaire, pour établir la relation indicateur (population termite)/état du stade cycle culture/jachère.

Nous voyons dans ces trois exemples, qu'il est possible d'établir des normes d'utilisation des indicateurs (macrofaune invertébrée) mais que dans tous les cas, il faudra avoir un calendrier de la phénologie des peuplements au cours de la saison. La variabilité des milieux et de leurs usages est telle que la validité restera limitée au terroir, au type de culture précédente, et ne pourra que difficilement être extrapolée.

7.2.5 Les indicateurs socio-économiques de l'avenir et de la place de la jachère dans les sociétés rurales et les systèmes agraires

L'essentiel des études menées dans ce projet sont corrélées aux conséquences du raccourcissement du temps de jachère. Le suivi de ce phénomène à l'échelle des terroirs ou des régions agro-écologiques doit donc se faire avec des indicateurs d'état de l'environnement, de gestion des ressources et aussi socio-économiques.

L'indicateur de la pression démographique est le premier qui vient à l'esprit. Mais à l'échelle du terroir, il n'est pas très fiable du fait de la mobilité des populations (migrations définitives ou temporaires). Bazile (1998) a tenté cependant d'établir un lien entre l'occupation des terres et la densité des exploitants ou pression sur les terres. Partant du fait que c'est la disponibilité en terre qui contribue au maintien d'une agriculture intensive, ou à l'inverse de son intensification, il a mis au point une équation qui permet de définir le pourcentage d'augmentation de la surface cultivée en fonction de la surface cultivée par habitant (fig. 7.2-8).

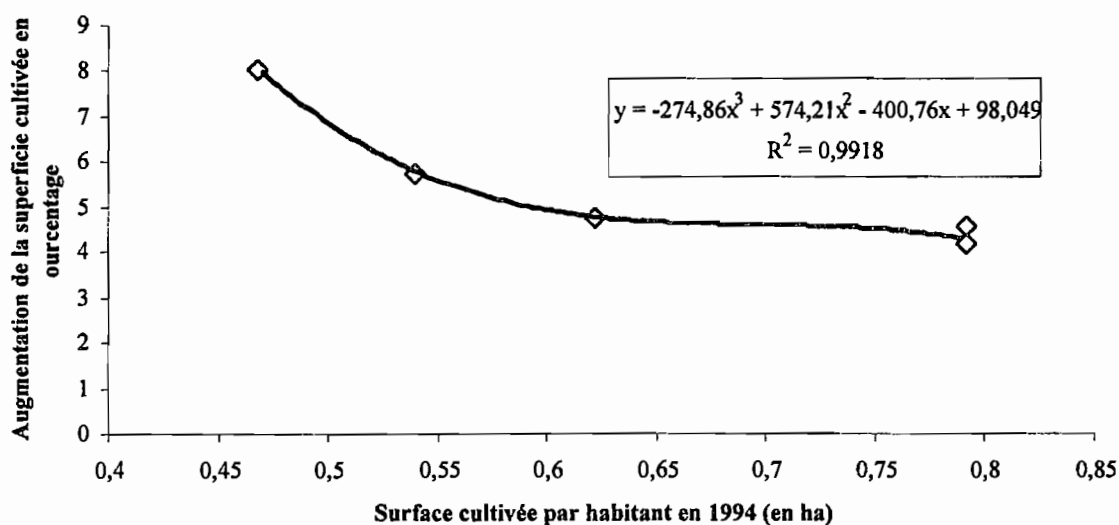


Figure 7.2-8 : Relation entre l'augmentation moyenne de la surface cultivée de la région et la surface réellement cultivée par habitant en 1994 (Koutiala) d'après Bazile (1998) Source : traitement des données de Giraudy (1996a)

Cette équation permet de dire que l'évolution générale des exploitations va dans le sens d'une intensification car, malgré un taux d'accroissement démographique plus élevé des exploitations de la zone cotonnière de Koutiala, la surface cultivée par habitant croît de moins en moins vite.

Le raccourcissement du temps de jachère à l'échelle spatiale des terroirs ou des régions, peut être suivi facilement par la connaissance de l'occupation des sols. Ceci a été fait au Sénégal, au Mali et au Cameroun, soit sur des terroirs saturés, soit sur des terroirs où la proportion des terres cultivables en friche ou en savane est encore importante. Dans les terroirs saturés, les jachères anciennes (+ de 5 à 6 ans), ont totalement disparu, alors que dans les terroirs non saturés, les surfaces cultivées (entrant dans le cycle culture jachère) ont plus que doublé en 12 ans.

Cet indicateur « occupation » des terres, est reconnu très pertinents par l'ensemble des auteurs (Bodian, 1993, Karembé *et al.*, 1998).

Donc dans le cas d'espace où l'emprise de la culture est encore faible, il semble que dans le cadre d'observatoires du changement, l'évaluation tous les 5 ans de l'occupation des terres est encore un outil très efficace pour le suivi de l'évolution de la pratique de la jachère.

A l'inverse dans les terroirs très saturés où les jachères très courtes sont souvent difficiles à distinguer des champs, le contrôle de l'occupation s'avère insuffisant pour suivre la persistance de cette pratique. Dans ces zones, il existe parmi les substitutions à la jachère des indicateurs tels que l'achat d'intrants, les contrats et les pratiques de fumure, que l'on pourrait utiliser pour le suivi du système.

Les aspects fonciers et les aspects socio-économiques, peut être pas assez étudiés pour l'instant se prêtent à l'établissement d'indicateurs de l'état des stades du cycle culture jachère. D'une manière générale sur l'ensemble des zones étudiées, outre la pression démographique, c'est l'introduction des cultures de rente qui sont à l'origine de la saturation de l'espace et de la diminution de la pratique de la jachère. Face à ces pressions externe du marché national et international les systèmes fonciers et usages traditionnels des terres ont du mal à résister à cette économie du marché (arachide, coton, muskuari et filière bois). Il en est de même pour les fonctions traditionnelles de production de la jachère, qui dans de nombreuses situations s'apparentaient à la cueillette, ou l'extrativisme. Celles-ci sont en train d'être domestiquées dans de nouveaux systèmes agraires. Suivre l'évolution, dans un terroir, des surfaces des cultures fourragères ou des alignements de haies-vives, c'est faire appel à d'excellents indicateurs de la substitution à la jachère.

Nous pouvons encore citer un exemple démonstratif de l'utilisation de ces indicateurs ; nous prendrons le cas de N'Goukan au Mali, dans la région de Koutiala (Bazile 1998).

Cet auteur prévoit que l'ampleur des défrichements en cours à N'Goukan doit se poursuivre jusqu'à l'extinction de la ressource ligneuse, car aucune mesure de protection n'est prise pour protéger les formations végétales du terroir (figure 7.2-9). Ainsi, la fonction de production de bois de la jachère et des parcs et des haies vives ne sera plus, en 2005, que de 60t pour le terroir. Ceci est dû à l'augmentation des surfaces en culture et à la disparition des savanes et jachères. Entre temps la demande en bois aura triplé.

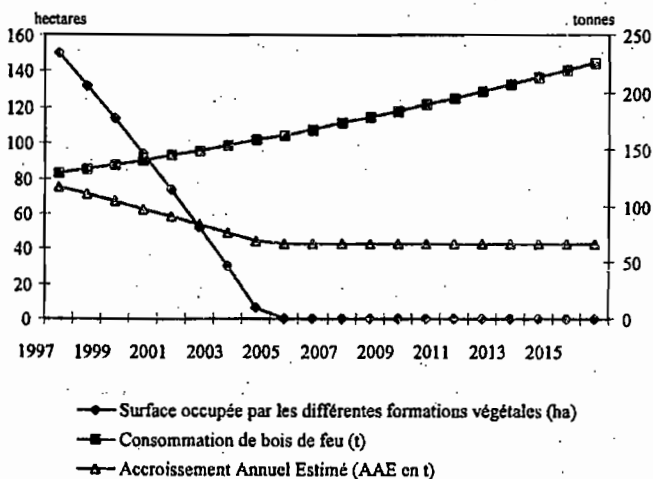


Figure 7.2-9 : Facteurs d'ajustement de la consommation en bois de feu à la production. Cas du terroir de N'goukan (Koutiala). Réalisation D. Bazile (1998).

7.2.6 Conclusions

A la fin de ce chapitre sur les indicateurs, on doit reconnaître que dans l'ensemble la mise au point et la détermination d'indicateurs des stades et faciès du système culture/jachère n'a pas toujours eu la réussite escomptée. Il faut cependant distinguer, les globaux indicateurs, voire régionaux, tels que l'occupation des terres qui dans l'ensemble sont pertinents.

Si l'on considère l'échelle des champs et parcelles du système culture-jachère, l'échec de certains indicateurs pressentis est dû :

- à de mauvaises hypothèses de départ ; l'exemple du taux de carbone total du sol en est l'exemple, et les chercheurs concernés, sans abandonner celui-ci proposent, un indicateur à mettre au point sur la base des flux de carbone ;
- à une méconnaissance des cycles biologiques et phénologiques des espèces réputées comme indicatrices, lors des études en mode diachrone et synchrone ;
- à une forte hétérogénéité spatiale du substrat ;
- à une imparfaite connaissance de l'histoire agricole des parcelles lors des études en mode synchrone.

Références citées

- ABBADIE L., LEPAGE M. ET MENAUT J. C. 1996. Paradoxes d'une savane africaine. Comment des sols pauvres entretiennent une végétation abondante. *La Recherche* 287, 36-38
- ABBADIE L., MARIOTTI A. ET MENAUT J. C. 1992. Independence of savanna grasses from soil organic matter for their nitrogen supply. *Ecology* 73 (2), 608-613
- ABRAMSON N., 1963. Information theory and coding. Mc Graw Hill, 201 p.
- AINA P.O. 1979. Soil changes resulting from long-term management practices in Western Nigeria. *Soil Science Society of America Journal* 43, 173-177
- AREOLA O., AWETO A. O. ET GBADEGESIN A. S. 1982. Organic matter and soil fertility restoration in forest and savanna fallows in
- ARONSON, J., FLOC'H, E., OVALLE, C., PONTANIER R. 1995 : Restoration et rehabilitation des Ecosystemes dégradés en zones arides et semi- arides. Le vocabulaire et les concepts. In « l'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ? Pontanier, M'Hiri, Aronson, Akrimi, Le Floc'h eds. John Libbey - Eurotext. P ; 11-29
- ARONSON, J., FLORET C., LE FLOC'H E., OVALLE C., PONTANIER R. 1993 : Restoration and Rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid regions. I A view from the South. *Restoration Ecology* ; 1 : 8-17.
- BAZILE D., 1998. La gestion des espèces ligneuses dans l'approvisionnement en énergie des populations. Cas de la zone soudanienne du Mali. Université de Toulouse Le Mirail. UFR de Géographie. Thèse de Géographie. 338p.
- BICK, H. 1982 : Bioindikatoren and Unewelt Schutz Dechemania. *Berhefte (Bonn)* 26 : 2-5
- BODIAN A., 1993. Influence de la mise en défens sur la végétation des jachères anciennes de savanes dans la région du Sine Saloum. Mémoire de confirmation chercheur ISRA-Productions forestières, Sénégal, 40p.
- BOSKSTALLER, C., GIRARDIN, P., VAN DER WERF, H.M.G., 1997 : Use of agroecological indicators for the evaluation of farming systems. *European Journal of Agronomy* 7 : 261-270.
- CHOTTE, J. L., MASSE, D., PONTANIER R., BELLIER, G. 1997. Transformation durant la jachère de l'horizon superficiel (0-10) d'un sol ferrugineux du bassin arachidier sénégalais. In Actes de l'Atelier « Jachère et maintien de la fertilité ». Floret et Pontanier (eds). CORAF, ORSTOM, UE pp. 41-45
- CHRISTENSEN, B.T., AND JOHNSTON A.E. 1997 : Soil organic matter and soil quality Lessons learned from long-term experiments at askow and Rothansted in soil quality for crop production and ecosystem health. Gregorich and Carter eds. *Developments in Soil Science* 25 : 399-430.
- D'HERBES, J.M., LOIREAU, M., & GAYTE, O., 1997 : Utilisation du SIE-ROSELT dans l'évaluation de la gestion des Ressources Naturelles Renouvelables. Atelier régional « Harmonisation des outils méthodologiques de collecte, de suivi et d'analyse des données agro-socio-économiques en Gestion des Ressources Naturelles (GRN) », INSAH, CILSS, 19/20/21/02/97, Dakar.
- DHILLION, S.S. 199 Fallow age influences microbial functional abilities soil properties and plant functional groups.....
- DONFACK, P. 1998 : Végétation des jachères du Nord-Cameroun. Typologie, diversité, dynamique, production. Thèse d'état, université de Yaounde I. 225p
- DONFACK, P., SEIGNOBOS C. 1996. Des plantes indicatrices dans un agrosystème incluant la jachère : les exemples des Peulhs et des Giziga du Nord Cameroun. *Journal Agric.trad.et de bot.appl.vol XXXVIII* (1) 231-250
- DORAN, J.W., PARKIN, T.B. 1994 . Defining and Assessing soil quality in « Defining Soil Quality for a Sustainable Environment » Doran, Coleman, Bezdicek and Stewart eds. SSSA special publication number 35. Madison, Wisconsin USA : 3-21.
- FELLER, C., 1995 : La matière organique du sol et la recherche d'indicateurs de la durabilité des systèmes de culture dans les régions tropicales semi-arides et sub humides d'Afrique de l'Ouest. In « Sustainable land management in African semi-arid and subhumid regions » Ganry et Campbell eds. SCOPE/UNEP/CIRAD/Coop. France :123-130.
- FULS, E.R. 1992 : A technique for objective habitat condition assessments in rangelands. *Journal of Arid Environments* vol 22 : 95-198.
- GAVINELLIE, FELLER, C. & AL., 1995 : A routine method to study soil organic matter by particle-size fractionation. Examples of tropical soils. *Commun.Soil Sci. Plan Anal.*26(11&12) 1749-1760.
- GAVINELLIE, FELLER, C. & al., 1995. A routine method to study soil organic matter by particle-size fractionation. Examples of tropical soils. *Commun.Soil Sci. Plan Anal.*26(11&12) 1749-1760.
- GREENLAND D. J. ET NYE P. H. 1959 Increases in the carbon and nitrogen content of tropical soils under natural fallows. *Journal of soil Science* 10 (2), 284-299
- GUGGENBERGER & al, 1995 : Land use effects on the composition of organic matter in particle-size separates of soils : II. CPMAS and Solution ¹³C NMR Analysis. *Eur.J.Soil.Sc.*, March 1995, 46, 147-158.
- HAMAN, O. ET SEINY BOUKAR, L. 1992 : Enquête sur la dégradation des vertisols dans le Nord-Cameroun. IRA/CRA Maroua ; 52p
- HENIN, S., GRAS, R., MONNIER, G., 1969 : Le profil cultural. 2eme Ed. Masson, Paris. 332 p.

- KAREMBE M., YOSSI H., BALLO M., COULIBALY M., 1998. Jachère et système d'élevage en zone soudanienne du Mali. Cas du terroir villageois de Missira. In Acte Séminaire de Niamey. 1-2 Oct. (en préparation)
- KARLEN, D.G., STOTT, D.E., 199. A Framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In *Defining Soil Quality for a sustainable Environment. Soil Science Society of America Special Publication n°35 :53-72*. Madison, USA.
- KARLEN, D.G., STOTT, D.E., 1994 : A Framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In *Defining Soil Quality for a sustainable Environment. Soil Science Society of America Special Publication n°35 :53-72*. Madison, USA.
- LAWTON, J.H., BIGNELL, D.E., BOLTAN, B., BLOEMERS, G.F., EGGLETON, P., HAMMOND, P.M., HODDA, M., HOLT, R.D., LARSEN, T.B., MAWDSLEY, N.A., STORK, N.E., STRIVASTAVA, D.S., AND WATT, A.D. 1998 : Biodiversity Inventories, Indicators of Taxa and Effects of Habitat Modification in Tropical Forest. *Nature* vol 391 : 72-76.
- LOIREAU, M. 1998 : Espace, Ressources, Usages : Interactions milieux et sociétés dans le Sahel nigérien. Thèse Doctorat. Université Paul Valéry. Montpellier.
- LOIREAU, M. & D'HERBES, J.M. 1997 : Des unités spatiales de référence pour l'étude de la dynamique des relations ressources-usages dans la zone agro-pastorale du Sahel Nigérien. In *Régulations démographiques et Environnement*, eds Auclair, Gubry, Picouët, & Sandron : pp. 45-51 Vemes Journées Démographiques de l'ORSTOM, Paris, 22-24 sept. 97. ORSTOM, CEPED, LPE.
- LOIREAU, M., D'HERBES, J.M. & GAYTE, O. 1997: Méthodes d'intégration disciplinaire : un Système d'information pour l'étude de la dynamique des paysages au Sahel. Journées du programme Savane, ORSTOM, janv. 1997, Bondy.
- MAGURRAN A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, New Jersey
- MAIRE, R., ET POMEL, S. 1994 : Enregistreurs et indicateurs de l'évolution de l'environnement en zone tropicale. Concepts et méthodologie in *Enregistreurs et Indicateurs de l'Evolution en zone tropicale*. Maire, Pomel, Salomon eds Presses Universitaire de Bordeaux. :11-26
- MYERS R. J. K., PALM C. A., CUEVAS E., GUNATILLEKE I. U. N. ET BROSSARD M. 1994. The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand dans P.L. Woomer et M. J. Switt (eds). « *The Biological Management of Tropical Soil Fertility* », pp. 81-116. Wiley-Sace Publication
- OADES, J.M. AND WALTERS, L.J. 1994 : Indicators for Sustainable Agriculture Policies to Paddock in Soil Biota. (management in sustainable farming systems). Pankhurst, Doube Gupta, Grace eds. CSIRO Australia : 219-223.
- PALM C. A., SWIFT M. J. ET WOOMER P. L. 1996. Soil biological dynamics in slash-and-burn agriculture. *Agriculture Ecosystems & Environment* 58 (1), 61-74
- PATE E., 1997. Analyse spatio-temporelle des peuplements de nématode du sol dans les systèmes de culture à jachère, au Sénégal. Thèse Doct. Univ. Claude Bernard – Lyon 1.
- PIERI C; 1991 : Les bases agronomiques de l'amélioration et du maintien de la fertilité des terres de savanes au sud du Sahara. In : *Savanes d'Afrique, terres fertiles ?* 43-74. Actes des Rencontres Internationales. Montpellier (France), 10-14 Décembre 1990. Ministère de la Coopération.
- RUIZ, L., GANRY, F., WENEUKEM, V., OLIVER, R., SIBAND, P, 1993 : Recherche d'indicateurs de fertilité azotée des terres. In « *sustainable land management in African semi-arid and subhumid regions* ». Ganry et Campbell eds. SCOPE/UNEP/CIRAD/Coop. France : 111-121.
- RUIZ, L., GANRY, F., WENEUKEM, V., OLIVER, R., SIBAND, P, 1993. Recherche d'indicateurs de fertilité azotée des terres. In « *sustainable land management in African semi-arid and subhumid regions* ». Ganry et Campbell eds. SCOPE/UNEP/CIRAD/Coop. France : 111-121.
- SOUMANA, I. 1992 : Comment les paysans différencient-ils les sols fertiles des sols pauvres au Niger ? Séminaire sur les recherches au sylvo-pastoralisme au Sahel. Dakar 7-12 mai 1992. Projet RCS Sahel Dakar ; Unesco-MAB Paris
- STABEN, M.L., BEZDICEK, D.F., SMITH, J.L. AND FAUCI, M.F. 1997 : Assessment of soil quality in Conservation Reserve Programm and Wheat-Fallow soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61 : 124-130
- TIESSEN H., FELLER C., SAMPAIO E. M. V. ET GARIN P., 1998. Carbon sequestration and turnover in semi arid savannas and dry forests. *Climatic Change* 40, 105-117
- VAN DER WERF, H.M.G., ZIMMER, C., 1998 : An indicator of pesticide environmental impact based on a fuzzy expert system. *Chemosphere* 36 (10): 2225-2249.
- WILLIG M. R., MOORHEAD D. L., COX S. B., ZAK J. 1996. Functional diversity of soil bacterial communities in the Tabonuco forest : the interaction of anthropogenic and natural disturbance. *Biotropica* (in press)
- WYMORE, A.W., 1993 : Model-based systems engineering : an introduction to the mathematical theory of discrete systems and to the tricyleton theory of system design. CRC Press, Boca Raton, Fl.
- ZADEH, L.A., 1965 : Fuzzy sets. *Information and control* 8 : 338-353.
- ZAK J. C., WILLIG M., MOORHEAD D., WILDMAN H. 1994. Functional diversity of microbial communities : a quantitative approach. *Soil Biol Biochem* 26 : 1101-1108

8 CONCLUSIONS

Objectifs et problématique du programme

L'objectif du projet était 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'espèces ou de groupes d'espèces, animales et végétales, qui concourent au maintien ou à la reconstitution des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols.

La notion de biodiversité n'a pas été 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 écosystèmes pour un développement durable. Il s'agissait :

- d'inventorier les jachères des zones sahélo-soudanienne et soudanienne du Cameroun, du Sénégal et du Mali pour essayer d'en établir une typologie et d'y mesurer la diversité animale et végétale ;
- d'expérimenter durant une phase de jachère, sur différents groupes fonctionnels (espèces fonctionnant de façon voisine) et sur des espèces-clés pour la régénération ; parmi ceux-ci citons les végétaux supérieurs, la microflore du sol (mycorhizes, rhizobiums), mésofaune du sol (termites, vers de terre) ;
- d'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 ;
- de proposer des pratiques optimales pour le maintien d'une biodiversité minimale utile à la production sur le long terme ;
- de former des chercheurs africains dans le domaine des sciences du milieu naturel.

Le cycle culture-jachère

Le cycle cultural comprend le défrichage et/ou remise en culture, la période de culture et celle de jachère. La succession de ces 3 états de la parcelle obéit à la fois à des facteurs agronomiques et socio-économiques. Ce cycle prend en compte les potentialités du milieu, la présence d'adventices ou des ligneux dans les cultures ou encore l'importance de l'érosion, mais aussi la pression de l'occupation humaine qui détermine la disponibilité des terres, l'importance des troupeaux, etc. Ce système de culture itinérante, avec ce cycle culture-jachère, a bien fonctionné jusqu'à une date récente. Actuellement, la tendance à la sédentarisation, l'augmentation de la population, la sécheresse qui a endommagé durablement le parcours, ont conduit à une forte augmentation des surfaces cultivées (doublement en 20 ans dans certains pays du Sahel) et à la réduction du temps de jachère.

Approche méthodologique du programme

L'étude de terrain s'est déroulée sur gradients climatiques (précipitations moyennes annuelles de 500 à 1200 mm), avec en particulier un gradient en Afrique Centrale (Cameroun) et deux gradients en Afrique de l'Ouest (Sénégal et Mali). Dans chaque zone climatique (au moins une en climat soudano-sahélien et une en climat soudanien dans chaque pays), l'inventaire et l'expérimentation se sont déroulés sur des « grappes » de jachères appartenant à des systèmes d'utilisation plus ou moins intensifs, définissant ainsi

des gradients de perturbation. On s'est limité aux sols les plus répandus dans les trois pays : sols ferrugineux tropicaux (sols sableux avec une profondeur souvent limitée par une cuirasse latérique). Mais au Cameroun l'étude a concerné aussi d'autres types de sols, en particulier les vertisols très répandus au Nord-Cameroun.

La recherche expérimentale s'est appliquée sur des dispositifs expérimentaux dans chaque pays. Elle a porté sur diverses manipulations dans de très jeunes jachères. De nombreux paramètres relatifs au sol et à la végétation ont été suivis régulièrement. Il s'agissait de déterminer l'influence des manipulations sur ces paramètres et de voir ainsi s'il était possible d'améliorer le fonctionnement et l'efficacité de jachères courtes (4-5 ans).

Jachère et systèmes agraires

Des différentes études menées dans les 3 pays, il ressort que la jachère apparaît avant tout, au regard des paysans, comme un moyen de renouveler les conditions culturales nécessaires à l'élaboration d'une production particulière en assurant la restauration de la fertilité et l'assainissement des infestations d'adventices.

Mais on ne saurait limiter le rôle des jachères à ces 2 fonctions. Outre leur impact sur l'assainissement du milieu et l'amélioration du sol, elles jouent un rôle dans la lutte contre l'érosion, dans la gestion foncière des terroirs, dans la conservation de la biodiversité, dans la production de fourrages, fruits, bois de toute nature (bois de feu, d'œuvre, de construction), plantes médicinales.

La pratique de la jachère se justifie par les nombreuses fonctions qu'elle remplit, les deux raisons majeures demeurant la baisse des rendements et l'envahissement des cultures par les adventices dont *Striga hermonthica*. A celles-là viennent s'ajouter : l'insuffisance de la main-d'œuvre familiale (exode des jeunes) et de moyens financiers permettant d'accéder à une main-d'œuvre extérieure, le manque de semences (en période de soudure, elles peuvent être consommées ou vendues), l'infestation par des ravageurs (criquets, cantharides, etc.), l'érosion hydrique, la pluviosité très déficitaire, la compaction du sol, l'immigration de populations. On assiste alors à une déprise des cultures et à l'apparition de "jachères" subies par le paysan plutôt que choisies, et pour des causes indépendantes de tout changement de la fertilité. Un tel phénomène peut être relié à la quantité de main-d'œuvre disponible sur l'exploitation agricole. Mais la pratique de la jachère ne répond pas uniquement à la nécessité de reconstituer la fertilité des terres ou à adapter les capacités de main-d'œuvre à la superficie des zones mises en culture. Elle représente aussi un moyen d'acquisition foncière, grâce aux droits de retour sur les jachères qui accompagnent généralement les droits de cultures consentis aux agriculteurs par les instances lignagères et villageoises.

Les raisons qui dictent la remise en culture d'une jachère sont aussi nombreuses que celles qui dictent la mise en repos d'une parcelle. La décision de remise en culture tient compte de la présence ou de l'absence de plantes indicatrices de la restauration de la fertilité, de la taille et de la densité de la strate arbustive et arborée, de la disponibilité en main-d'œuvre, en terres fertiles, de l'investissement consenti par l'exploitation.

L'introduction des cultures de rentes (arachide et coton), et avec elle le passage d'une agriculture extensive à une agriculture intensive, a fortement influé sur l'évolution des systèmes agraires et la place de la jachère en leur sein, place toujours plus réduite. La jachère n'est pas figée, il y a une évolution du type de jachère.

De l'ensemble des études menées dans les 3 pays, il ressort qu'une jachère est d'autant plus âgée qu'elle est éloignée du village. Réciproquement, elle a d'autant plus de chance d'être raccourcie, voire éliminée des systèmes de culture, qu'elle est proche du village. En effet, la proximité des champs de case fait que ceux-ci bénéficient d'une fumure organique (déjections humaines ou animales) ou minérale (engrais + cendres) qui supplée la jachère dans son rôle de restauration de la fertilité.

On peut, en simplifiant, distinguer deux « types » de terroirs, présentant chacun une tendance évolutive de l'occupation des sols, à savoir :

- des terroirs d'occupation (ou de réinstallation) relativement récente, où la pression agricole n'est pas encore très forte et les réserves en terre encore relativement importantes (sous forme de forêt sèche,

savane, galeries forestières, vieilles jachères, ...) permettant ainsi un fort accroissement des superficies cultivées et des jeunes jachères. La pratique de la jachère y est encore facilement observable.

- des terroirs saturés où il n'y a plus guère d'évolution possible parmi les différentes unités d'occupation. Les réserves en terres sont quasi inexistantes et les aires de jachère très réduites. La remontée de la fertilité qui ne peut plus être assurée par la jachère, trop coûteuse en temps et en espace, passe par l'usage des intrants et une meilleure gestion.

Les rôles très divers de la jachère font d'elle la formation végétale la plus sollicitée. On comprend dès lors que la pérennité des systèmes de production passe par une bonne gestion de cet écosystème dont les modalités, là encore, diffèrent selon de nombreux facteurs mentionnés précédemment (démographiques, socio-économiques, environnementaux,...).

Typologie des jachères et diversité végétale. La succession post-culturelle

On constate des convergences entre les jachères des trois pays, pour ce qui concerne les zones climatiques identiques étudiées. En effet, dans la zone sahélo-soudanienne, il existe beaucoup d'espèces communes caractéristiques des jeunes jachères des trois pays (*Digitaria horizontalis*, *Corchorus tridens*, *Mitracarpus villosus*, *Striga hermonthea* et *Eragrostis tremula*). *Andropogon pseudapricus* est l'espèce indicatrice commune aux jachères d'âges intermédiaires alors qu'*Andropogon gayanus* est celle des vieilles jachères. Mais d'importantes différences existent dans l'ensemble des espèces indicatrices de l'âge des jachères de ces trois pays.

Les espèces principales communes des jachères des trois pays pour la zone sahélo-soudanienne sont : *Pennisetum pedicellatum*, *Cassia obtusifolia*, *Andropogon pseudapricus*, *Pennisetum subangustum* (*Polystachyon*), *Schizachyrium sanguineum*, *Tephrosia pedicellata*, *Tephrosia linearis*, *Elionurus elegans*, *Combretum glutinosum*, *Cordyla pinnata*, *Bombax costatum*, *Lannea acida*, *Pterocarpus erinaceus* et *Piliostigma thonningii*.

Les premières années après l'abandon culturel sont les plus critiques en ce qui concerne les changements dans la composition floristique de ces savanes secondaires. En revanche, après une période de 6-10 ans, une « cassure » artificielle dans la succession est provoquée par l'homme à travers le surpâturage et la coupe sélective des ligneux pour le bois de chauffe. Quelques espèces peuvent être considérées comme indicatrices de l'âge de la jachère, mais quels que soient les changements floristiques qui apparaissent après 6-10 ans, ils ont peu d'effet sur la structure de ces savanes secondaires.

La succession post-culturelle est aussi fortement liée à l'histoire des perturbations sous la dépendance de l'homme durant la phase de culture et durant la période qui suit l'abandon du champ. Les changements les plus importants de cette succession post-culturelle se produisent durant les tous premiers stades. Les espèces adventices de la culture précédente disparaissent rapidement. A tous les stades de la jachère, plus de 80% du couvert végétal herbacé est constitué d'annuelles, résultat de la forte pression humaine. C'est seulement si cette pression diminue que les graminées pérennes savanicoles apparaissent et peuvent se développer.

Actuellement, la structure de la végétation dans les formations post-culturelles est le résultat des perturbations imposées par l'homme, avant et après l'abandon de la culture. Les facteurs de régulation de la structure et de la composition floristique y sont principalement externes. Les processus de recolonisation, des champs abandonnés par la végétation naturelle sous des conditions de pression humaine intense (feu, surpâturage, coupe de bois) en zone tropicale semi-aride sont très particuliers. De grands changements floristiques, des remplacements de groupes d'espèces, se produisent avec le temps, comme dans toute succession, mais une interruption artificielle est introduite vers l'âge de 6-10 ans après l'abandon. L'homme intervient fortement à cette période sur cette végétation devenue attractive pour le pâturage et la coupe sélective de bois. Il bloque la succession de ces savanes secondaires à un état d'équilibre méta-stable, d'autant plus pauvre en espèces que la phase de jachère se raccourcit. Les perturbations comme le labour, le feu, la coupe de bois deviennent des contraintes permanentes du système qui sélectionnent un petit nombre d'espèces adaptées grâce à des caractéristiques biologiques

particulières. L'exclusion compétitive n'est plus un facteur déterminant dans la sélection des espèces restantes.

Lors de l'abandon cultural, les différents groupes biologiques et morphologiques qui se succèdent structurent la végétation. La diversité végétale dans un tel contexte traduit les processus de recolonisation du site, de réajustement des interactions de nature écologique et compétitive entre populations. L'indice de diversité croît les premières années de jachère. Par exemple, les valeurs maximales sont atteintes à 3-5 ans pour les régions du Sénégal Oriental et de Haute Casamance. Cette croissance rapide des premiers stades d'abandon cultural correspond au remaniement floristique en début de jachère qui est le fait d'espèces thérophytes à grande capacité de dispersion et à multiplication rapide. On constate également que ces valeurs maximales sont atteintes au moment où les perturbations anthropiques commencent à devenir plus importantes (l'hypothèse des perturbations intermédiaires). Les plus faibles valeurs de l'indice sont atteintes dans les stades anciens. On peut expliquer la baisse de la diversité des espèces végétales jusqu'à atteindre ses valeurs les plus faibles dans les vieilles jachères, par la prédominance d'un nombre restreint d'espèces dans cette catégorie de jachères, même si la richesse floristique évolue peu. D'une façon générale la diversité des ligneux augmente avec le temps de jachère, alors que celle des herbacées diminue.

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.

La reconstitution du peuplement ligneux après défrichement avec dessouchage est très lente et dépend, en plus des facteurs déjà évoqués dans le premier cas, de l'intensité du dessouchage. Le dessouchage conduit souvent à la dégradation physique du sol (formation de croûte de battance) défavorable au développement des ligneux. Le développement de la strate herbacée empêche aussi les ligneux de s'installer. Le dessouchage empêche l'installation et le développement de la végétation ligneuse, même sur des jachères de plus de 20 ans.

Le type de végétation qui survit aux processus de succession par dégradation est le résultat des interactions entre les caractéristiques biologiques des principales espèces avec ces perturbations, en particulier les labours et les longues périodes de culture. Les tendances qui se dessinent, suite à ces courtes périodes de jachère dans les cycles culture-jachère, sont les suivantes :

1) - Dès le début de la mise en culture, les adventices reviennent rapidement et massivement, puisque les temps de jachère ne sont pas assez longs pour les éliminer par exclusion compétitive.

2) - Les herbacées pérennes n'ont pas le temps de se réinstaller.

3) - Les espèces ligneuses issues de graines deviennent de plus en plus rares.

4) - La strate ligneuse est réduite aux espèces résistantes au labour superficiel par leur aptitude à drageonner (*Dichrostachys cinerea*, *Lanea humilis*, *Combretum aculeatum*, etc.) ou leur aptitude à rejeter de souche (*Piliostigma reticulatum*, *Guiera senegalensis*, *Acacia spp.*, etc.). Cependant, même ces espèces peuvent être affaiblies, et éventuellement éliminées, si la phase culturale est prolongée.

Les tendances à long terme de cette dynamique post-culturale sous influence humaine intense conduisent à des savanes à base des seules herbacées annuelles, dominées par de rares individus d'espèces rejetant de souche, comme on peut en rencontrer déjà au voisinage de nombreuses villes et villages en Afrique semi-aride.

Dans les zones à forte pression anthropique, les formations à végétation naturelle disparaissent en laissant la place à des "savanes parcs" ou "parcs agro-forestiers" qui sont constitués uniquement d'espèces d'intérêt socio-économique, intentionnellement laissées par les paysans. Parmi ces espèces on peut citer : *Acacia albida*, *Adansonia digitata*, *Sclerocarya birrea*, *Vitellaria paradoxa*, *Prosopis africana*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica*, *Balanites aegyptiaca* et *Lanea microcarpa*.

Dynamique du carbone dans le cycle culture-jachère

La jachère est souvent considérée comme une phase de repos, de non activité. Dans les sols tropicaux sableux, cette idée paraît a priori confortée par l'inertie de la plupart des variables physico-chimiques du sol. L'examen de l'évolution des compartiments organiques avec l'âge de la jachère montre qu'il s'agit d'une conception erronée de la jachère. La jachère est un processus actif de régénération de la fertilité, reposant essentiellement sur des mécanismes biologiques.

De nombreux travaux ont montré de façon claire que la mise en culture de sols tropicaux occupés par des formations climaciques s'accompagne d'une chute drastique, parfois de moitié, du taux de carbone du sol. Cette observation est attribuée à l'arrêt des retours organiques au sol, à la modification des conditions pédo-climatiques et au travail du sol.

La réversibilité d'un tel phénomène, par la pratique de la jachère en climat tropical sec et sur sol sableux, est cependant loin de faire la même unanimité. Certains travaux font état d'une augmentation significative du taux de carbone du sol suite à plusieurs années de jachère tandis que d'autres n'observent aucune évolution significative. Les résultats de cette étude ne laissent pas non plus supposer une réelle capacité de la jachère à stocker le carbone dans le sol.

Plusieurs facteurs permettent d'expliquer ici la faible réponse des stocks de carbone du sol à la mise en jachère. Par exemple, sur les plateaux de Casamance, les forts taux de sables grossiers (40 à 50%) et la rareté des argiles (moins de 15%) ne permettent pas la protection de la matière organique du sol contre les attaques microbiennes et l'érosion. La durée limitée de croissance végétale (5 à 6 mois par an), l'ampleur des phénomènes de lessivage et d'érosion liés à la violence des pluies, ainsi que les conditions de température élevées peu favorables à l'humification sont d'autres déterminants abiotiques du faible taux de matière organique du sol. Les feux fréquents, qui constituent autant de transferts directs de carbone vers l'atmosphère, sont également incriminables, quoique leur effet sur les sols des jeunes jachères soit controversé.

Le contrôle biologique de la matière organique du sol explique cependant tout autant la faible capacité de stockage du carbone du sol. La décomposition très rapide des racines de ligneux et de litière observée localement témoigne de l'extraordinaire potentiel de décomposition-minéralisation du milieu, expression d'une activité biologique intense.

Dans ces conditions, le statut organique, utilisé comme indicateur du bon fonctionnement de l'écosystème, doit être redéfini. La mesure du taux ou du stock de carbone total du sol est une simple photographie. En milieu tempéré, où les processus biologiques sont limités par la température, cette mesure a pu être utilisée comme indicateur de qualité du sol. En milieu tropical, où les processus biologiques sont sans doute prépondérants dans la pédogenèse, la mesure du taux de carbone total doit être complétée par :

- une caractérisation qualitative permettant de prédire la dynamique de la matière organique du sol. Cette caractérisation peut être faite par fractionnement granulométrique, mesure de la biomasse microbienne ou recherche d'éventuelles dynamiques saisonnières du taux de carbone.
- la prise en compte du statut racinaire du sol, qui doit être considéré comme une composante du statut organique du sol. La biomasse racinaire peut représenter jusqu'à 30% du carbone stocké dans le sol de jachère, et elle est un indicateur précieux de stabilité et de viabilité de l'écosystème.
- la quantification des flux traversant le système sol, en mesurant les entrées (production de litière, estimation – plus délicate – de l'exsudation et du taux de renouvellement des racines) et les sorties (estimation indirectes par quantification des besoins des décomposeurs, mesures directes d'émissions de dioxyde de carbone ou CO₂ par cloche).

Jachère et rhizobiums

L'ensemble des travaux menés sur les rhizobiums isolés de nodules des autres légumineuses de jachère étudiées confirme l'existence d'une grande diversité parmi les rhizobiums telle qu'elle a été observée pour les souches isolées de crotalaires. Cette diversité se manifeste aussi bien au niveau de la spécificité de nodulation qu'au niveau génomique, reflet possible de différences de capacité d'adaptation aux conditions environnementales. Cette diversité est à prendre en compte lors de la sélection de souches pour une

éventuelle inoculation de légumineuses. A ce niveau, une ou plusieurs souches très effectives ont pu être sélectionnées pour les principales espèces de légumineuses, et pourront servir d'inoculum pour des essais d'optimisation de la fixation d'azote.

Par contre il n'a pas été possible de mettre en évidence d'effet du raccourcissement du temps de jachère sur la diversité de ces rhizobiums. Du fait de l'ampleur de cette diversité, ainsi que du grand nombre d'espèces de légumineuses rencontrées, la seule approche qui était disponible lors de la réalisation de ces études (isolement de souches à partir des nodules, puis caractérisation génomique et symbiotique) s'est révélée inappropriée pour analyser un nombre suffisant de souches permettant de tester cette hypothèse. Par contre la caractérisation des différents groupes de rhizobiums majoritairement présents permet d'envisager la recherche de zones génomiques spécifiques de chaque groupe, et, dans un proche avenir, l'utilisation de ces zones spécifiques pour le suivi des différentes populations (notamment par hybridation *in situ* avec des sondes moléculaires fluorescentes). Ces techniques moléculaires, en cours de développement dans différents laboratoires, devraient permettre de préciser aussi bien le devenir de souches introduites par inoculation que l'impact des techniques de gestion des jachères sur le comportement des différentes populations de rhizobiums naturellement présentes dans les sols.

Jachère et mycorhizes

Les résultats obtenus au Sénégal ne vérifient pas ceux obtenus au Mali où une influence positive de l'âge de la jachère sur le nombre total de spores mycorhiziennes par unité de sol a été observée.

Au Mali, il a été montré que l'âge de la jachère est positivement corrélé avec le nombre d'activités fonctionnelles microbiennes. Il n'a pas été noté de différences significatives au niveau des indices de diversité fonctionnelle (richesse, équitabilité, diversité) entre champs cultivés et jachères de un an alors que le sol des jachères de trois ans est significativement différent de celui de la plus jeune et de la plus vieille jachères, avec des valeurs intermédiaires. On a relevé que certains groupes de constituants expliquent bien les types de changements observés dans le sol, comme les acides aminés qui séparent bien les sites dans les analyses. En outre, plusieurs éléments nutritifs inorganiques du sol, la matière organique, la biomasse microbienne en carbone, la longueur des hyphes, le nombre de spores mycorhiziennes, l'activité enzymatique et la densité des espèces pérennes (ligneuses et herbacées), ont des relations (liaisons) positives avec l'augmentation de l'âge de la jachère. On attribue ces relations à des différences de disponibilité des ressources le long de la chronoséquence de la jachère. Les données recueillies laissent à penser que plusieurs propriétés du sol, biotiques en particulier, sont rehaussées avec l'âge de la jachère via plusieurs mécanismes possibles déclenchés par l'installation d'espèces pérennes et les interactions des intrants, probablement via les racines, avec le biocénose-édaphique et les éléments nutritifs du sol.

Toutefois ces résultats ne donnent pas d'informations sur l'efficacité de ces différents groupes au niveau de leur impact sur la croissance de la plante culture qui suit la jachère (ex. : mil). Cet aspect est actuellement en cours d'étude en mesurant les potentiels mycorhiziens de parcelles de jachère d'âges différents.

Jachère et micro-organismes des cycles N et C

Les résultats de la campagne de mesure de la biomasse microbienne, réalisée dans diverses situations de jachère au Sénégal, indiquent que la biomasse C des situations sous jachère est supérieure à celle des situations sous culture et que la réponse des micro-organismes aux variations saisonnières d'humidité des sols semble être influencée par les caractéristiques physiques des sols et l'abondance des résidus végétaux. En effet, pour les sols sous cultures, l'augmentation de l'humidité du sol se traduit par une diminution de la biomasse microbienne. La saturation en eau de la porosité totale, en créant des conditions anaérobies, provoque la disparition des micro-organismes. En revanche, sous jachère, la biomasse microbienne tend à augmenter avec l'humidité. Ces conditions anaérobies ne sont donc pas atteintes dans ces sols, probablement en raison d'une macroporosité importante créée par les micro-organismes et les racines. L'augmentation de l'humidité des sols se traduit par la colonisation de nouveaux sites devenus accessibles aux micro-organismes. Les résidus végétaux, abondants dans ces situations sous jachères et localisés dans la macroporosité, pourraient représenter ces nouveaux sites.

L'effet de l'âge de la jachère sur l'organisation du sol est illustré par l'apparition de macro-agrégats > 2000 µm qui sont pondéralement près de deux fois plus abondants que dans la jachère de trois ans. L'importance de l'organisation du sol sur les activités des microorganismes telluriques est confirmée dans ce travail. En effet, les résultats obtenus indiquent que le gain de fixation libre d'azote enregistré dans la jachère la plus ancienne, est en grande partie dû aux bactéries associées à ces macro-agrégats. Elles trouvent dans ces habitats microbiens les conditions physico-chimiques favorables à leur activité. L'étude de la diversité génotypique d'une partie de ces bactéries (*Azospirillum*) montre une diminution de la diversité dans la jachère la plus ancienne.

L'examen de l'ensemble de ces résultats permet de tirer les conclusions suivantes quant aux effets des jachères sur les micro-organismes des cycles C et N. Ces effets sont :

- des effets directs : par apport de substrat carboné dans le système sol-végétation qui stimule le développement des microorganismes. Parmi ces substrats, les plus importants sont les résidus végétaux et les composés solubles impliqués dans les processus d'agrégation,
- des effets indirects : en modifiant les conditions physico-chimiques des sols et tout particulièrement l'organisation des particules minérales et organiques. Dans les jachères anciennes la présence de macro-agrégats > 2000 µm sont pour les micro-organismes du sol de nouveaux sites dans lesquels ils trouvent les conditions favorables à leur activité.

Jachères et nématodes

Les nématodes du sol apparaissent comme de bons descripteurs du fonctionnement de la jachère. Ils reflètent l'évolution quantitative et qualitative des ressources, notamment celle de la matière organique, et leur utilisation au cours de la jachère. L'évolution du peuplement de nématodes met en évidence l'effet des facteurs anthropiques, tels que la gestion des terres et l'exploitation de la jachère, et celui des facteurs physiques, comme les variations de pluviométrie. Les deux espèces de nématodes considérées comme pathogènes pour les cultures vivrières de la zone d'étude, *Scutellonema cavenessi* et *Tylenchorhynchus gladiolatus*, ont des effectifs qui décroissent au cours de la jachère. Même si elles sont progressivement remplacées par d'autres espèces de nématodes phytoparasites, la pression parasitaire diminue au cours de la succession. Les nématodes se révèlent utiles comme indicateurs pour estimer l'état de dégradation du milieu, élaborer des programmes de gestion des jachères et améliorer la productivité potentielle des systèmes de culture.

Au cours de la jachère, la qualité et la diversité des communautés se substituent à la quantité : le contrôle physique des écosystèmes juvéniles, fortement soumis aux fluctuations du milieu, fait place alors au contrôle biologique des systèmes matures.

Outre le stade de maturité de l'écosystème, les peuplements de nématodes reflètent aussi les conséquences de l'exploitation des ressources végétales de la jachère (pâturage, coupe de bois), les différences de gestion et d'occupation des terres et les conditions édaphiques particulières.

Les conditions de milieu, l'évolution de la circulation de l'énergie et du fonctionnement de l'écosystème, l'importance des relations biotiques déterminent mieux les variations observées dans les peuplements de nématodes au cours de la jachère, que l'effet ponctuel et spécifique de la végétation. Le caractère ectoparasite des nématodes étudiés explique en partie ce résultat.

La disparition des jachères contribuera nécessairement à une perte de biodiversité nématologique, entraînant l'accroissement de la pression parasitaire sur les cultures pratiquées.

Jachère et méso et macrofaune invertébrée du sol

L'abondance et la structure des peuplements de la faune du sol peut varier de façon importante en fonction des conditions climatiques, du sol et de la végétation. Les densités (500 à 2000 ind. m⁻²) et les biomasses (10 à 40 g m⁻²) de macro-invertébrés trouvées dans les jachères en Haute Casamance Sénégalaise sont relativement importantes compte tenu des conditions climatiques existantes: période sèche d'une durée supérieure à 6 mois; pluviométrie annuelle: 1000 mm. Elles sont du même ordre de grandeur que celles trouvées dans différents agro-écosystèmes tropicaux de zones plus humides. Ces

biomasses sont plus élevées que celle trouvées dans le Nord-Cameroun où les précipitations sont plus faibles (environ 750 mm).

Dans l'étude menée au cours de l'hivernage 1996 dans 6 jachères âgées de 1 à 31 ans au Sénégal, il apparaît que la structure des peuplements de macro-invertébrés du sol est peu différente entre les jachères étudiées; les groupes dominants sont les mêmes quel que soit l'âge de la jachère. Cependant les densités et les biomasses les plus élevées sont trouvées pour les jachères d'âge intermédiaire, les jachères d'1 an, 2 ans et de 31 ans ayant des densités, plus particulièrement en isoptères et en hyménoptères, sensiblement plus faibles que les autres parcelles. L'évolution saisonnière de la macrofaune durant l'hivernage fait apparaître des différences entre les valeurs de densités et de biomasses totales. Au milieu de la saison des pluies, les biomasses sont plus élevées, liées à une activité biologique plus importante du fait d'une augmentation des sources de nourritures (végétation et activité microbiologique importantes) et d'habitat (sol meuble et humide); ce sont les vers de terre qui dominent alors le peuplement, représentant entre 30 et 70% du peuplement en biomasse. Les vers de terre sont relativement abondants dans jeunes jachères ; or les vitesses de colonisation de ces invertébrés sont plus lentes que un an ou deux. Il semble donc que ces organismes aient toujours été présents dans les agrosystèmes précédant la période de jachère. Il apparaît que les différents groupes majeurs ont une activité décalée au cours du temps; les vers de terre sont principalement actifs (plus forte abondance et plus forte biomasse) au coeur de la saison des pluies; les termites abondants au début et au milieu de la saison des pluies cèdent le pas aux fourmis à la fin de la saison des pluies; ces deux groupes doivent conserver une forte activité durant la saison sèche, contrairement aux vers de terre qui vont entrer en quiescence.

La protection de la jachère contre le feu et le pâturage joue un rôle important pour le maintien d'une grande diversité et d'une abondance de termites. La densité de la végétation liée à la protection favorise l'installation des lignivores et des humivores. La richesse spécifique observée dans la jachère protégée pourrait être liée à la richesse en micro-habitats différents et en nourriture. Les espèces dominantes sont *Odontotermes latericius*, *Microcerotermes spp*, *Amitermes evuncifer*, *Microtermes hollandei* et *Cubitermes aff. Orthognathus*.

Les perturbations du milieu d'origine anthropique (défrichements, mise en culture, coupes de bois et création de zones de parcours sur des surfaces de plus en plus petites, etc.) ont une influence négative sur le peuplement de termites. En effet, la simplification des biotopes a entraîné une simplification de la diversité. Le défrichement élimine les lignivores et les humivores et permet une dominance des champignonnistes qui représentent 82% de la densité totale dans la zone cultivée et 30% dans la jeune jachère. La disparition de certaines espèces de termites est liée : à la destruction des nids sub-affleurants de certains humivores à la destruction des nids épigés de petite taille de *Cubitermes* et *Trinervitermes* et à la destruction de la strate ligneuse qui occasionne la disparition des lignivores. La perturbation liée à la mise en culture préserve les espèces souterraines. C'est ce qui explique la présence importante de termites humivores du groupe des *Anoplotermes* (Apicotermittinae) dans les jachères soumises à une pression accrue et dans les zones cultivées.

Quand les prélèvements de l'homme sur la jachère (fourrage, bois) sont trop importants, le prolongement du temps de jachère n'entraîne pas une évolution de la richesse spécifique de termites. Ainsi, il suffirait, après 7 ans de culture, d'une jachère protégée pendant 5 ans pour voir se réinstaller des termites ayant disparu sous l'effet de la culture et, d'autre part, le développement de celles dont la fréquence a diminué.

Dynamique écologique des jachères naturelles de courtes durées

Les résultats obtenus sur quatre années d'expérimentation permettent de mieux connaître les fonctions de différents groupes de végétaux impliqués dans des jachères de courtes durées.

Les jeunes ligneux n'ont pas une influence significative sur les caractéristiques chimiques du sol. Ils créent par leur système racinaire une immobilisation temporelle de matière organique (de l'ordre de 3,5 tMS.ha⁻¹ en zone soudano-sahélienne à 15 tMS.ha⁻¹ en zone soudanienne), qui pourra, à moyen terme (deux à trois ans d'après les résultats de Manlay présentés au chapitre 4), être exploitée par une phase de culture succédant à la phase de jachère. La phytomasse herbacée, surtout racinaire, entre dans le cycle de

la matière organique à très court terme et modifie rapidement les équilibres biologiques pendant la phase de jachère.

L'introduction de graminées pérennes dans une jachère de courte durée accélère les processus de reconstitution du potentiel biologique. Les espèces pérennes sont surtout caractérisées par leur système racinaire qui concentrent en partie des éléments nutritifs transférés des parties aériennes vers les parties souterraines. Les graminées pérennes ont une forte action améliorante des états structuraux du sol. Cependant, l'amélioration apportée par les graminées apparaît limitée dans le temps puisque ces modifications ne concernent en général que le compartiment organique du sol le plus labile.

Les légumineuses ligneuses fixatrices d'azote, telles qu'*Acacia holosericea* semblent provoquer une modification favorable de la dynamique de l'azote du sol. Au Cameroun, travaillant sur des jachères à *Acacia polyacantha*, espèce indigène en Afrique de l'Ouest, Harmand (1997) montre que le cycle de l'azote est nettement amélioré.

Les interactions biologiques sont influencées par les différents groupes de végétaux. Les modifications après abandon cultural de la population de la méso et macrofaune, ainsi que la composition des différents groupes trophiques, seraient largement liées aux modifications de l'habitat écologique, de la qualité et de la quantité des ressources nutritives pour ces organismes. Les ligneux modifient plus rapidement ces conditions que les herbacées. Il reste à vérifier l'impact de ces changements sur les cycles de la matière organique. L'application d'un pesticide a modifié la composition des termites (élimination des termites champignonistes et humivores). Ces changements n'impliquent pas une évolution des caractéristiques chimiques des sols mais modifient le comportement des autres organismes : on a relevé une activité plus importante de vers de terre sur les zones traitées.

Les jachères assurent un rôle de lutte contre les adventices. La strate ligneuse par la croissance rapide des rejets de souche modifie assez vite la composition de la strate herbacée entraînant une disparition rapide des adventices des cultures. La dynamique des populations de nématodes n'est pas directement liée à la présence d'espèces ligneuses ou d'herbacées pérennes, mais la jachère rééquilibre la composition spécifique avec diminution des phytoparasites majeurs.

Concernant les produits exportables et consommables par l'homme, autre rôle joué par les jachères dans les agrosystèmes tropicaux, les ligneux apportent une production de bois de chauffe importante, même dans les jachères de courtes durées : 6,5 tMS.ha⁻¹ et 13,6 tMS.ha⁻¹ respectivement en zone soudano-sahélienne et en zone soudanienne. Sur des parcelles dont le potentiel de régénération ligneuse est limitée, l'introduction d'espèces exotiques à croissance rapide est nécessaire et efficace (environ 30 tMS.ha⁻¹). Les graminées pérennes peuvent constituer une ressource fourragère importante : leur introduction apparaît d'une grande utilité dès les premiers stades de jachère, pour la reconstitution des caractéristiques physiques du sol, si l'on envisage un système de cultures incluant une sole fourragère.

L'utilisation d'indicateurs pour le suivi du cycle culture-jachère

Un des objectifs du projet jachère, était d'identifier et de mettre au point, des outils pratiques et simples d'emploi, permettant de caractériser l'état des ressources et du fonctionnement, des différents stades du cycle culture-jachère. Ces indicateurs devaient aussi permettre, une fois calibrés et validés, d'établir facilement et rapidement, des diagnostics sur l'évolution des processus à suivre. Ceux-ci concernaient, l'augmentation ou la baisse de la fertilité des sols, les dynamiques des couvertures végétales, l'évolution de la richesse spécifique, les dynamiques et adaptations aux changements, de la microflore, de la micro et mésofaune du sol, l'évolution de l'occupation des terres en relation avec l'anthropisation et l'artificialisation du milieu et l'utilisation des ressources. Si, dans un premier temps, l'effort a porté sur des indicateurs concernant le sol et ses organismes associés, ainsi que sur la végétation, très vite l'équipe a élargi son champ d'investigation aux aspects concernant l'utilisation et la gestion des ressources.

Il apparaît qu'on ne peut prétendre identifier des listes universelles, pertinentes de plantes indicatrices des stades du cycle culture-jachère, pour l'ensemble des zones d'intervention du projet. Il a été montré cependant que la prise en compte de la région écologique et celle des conditions édaphiques, amélioraient le rôle de bioindicateurs des espèces végétales ; celui-ci peut être encore affiné par la prise en compte, au

niveau du terroir, de la perception qu'ont des différents taxons les paysans et éleveurs. Ces deux approches doivent être menées de front ou même agrégées pour plus d'efficacité dans le diagnostic.

Une des hypothèses du projet était que les différents états du cycle culture-jachère, pouvaient être enregistrés par certaines caractéristiques physiques et biochimiques du sol. Un Indicateur de Risque de Dégradation (IRD) a été mis au point. La méthode utilise les concepts de la logique floue pour aboutir à un système expert. Le but est d'obtenir une information synthétique à partir des informations apportées par diverses variables d'entrée qui seront organisées de façon à simuler un raisonnement d'expert. L'indicateur est l'agrégation de quatre variables d'entrée, correspondant à 7 paramètres mesurables à l'échelle de la parcelle. Ces paramètres sont, pour l'horizon de surface : le taux de matière organique, la teneur en argile et en limons, le pH, la Capacité d'Echange Cationique et, pour une épaisseur de 80 cm de sol, les humidités à pF 2,5 et pF 4,2. L'IRD testé sur une grappe de jachères du Nord Cameroun, s'est montré pertinent.

En ce qui concerne l'utilisation des indicateurs de macrofaune invertébrée, il faudra avoir un calendrier de la phénologie des peuplements. La variabilité des milieux et de leurs usages est telle que la validité restera limitée au terroir, au type de culture précédente, et ne pourra que difficilement être extrapolée.

Le suivi du raccourcissement du temps de jachère à l'échelle des terroirs ou des régions agro écologiques a été réalisé avec des indicateurs de l'état de l'environnement, de gestion des ressources, d'occupation des terres et aussi d'indicateurs socio-économiques. Dans le cas d'espace où l'emprise de la culture est encore faible, il semble que dans le cadre d'observatoires du changement, l'évaluation tous les 5 ans de l'occupation des terres est encore un outil très efficace pour le suivi de l'évolution de la pratique de la jachère. A l'inverse dans les terroirs très saturés où les jachères très courtes sont souvent difficiles à distinguer des champs, le contrôle de l'occupation s'avère insuffisant pour suivre la persistance de cette pratique. D'autres indicateurs d'usage peuvent être utilisés.

Il faut reconnaître que dans l'ensemble la mise au point et la détermination d'indicateurs des stades du système culture-jachère n'a pas toujours eu la réussite escomptée. Il faut cependant distinguer, les indicateurs globaux voir régionaux, qui dans l'ensemble se sont montrés pertinents. Par contre au niveau des champs et des parcelles, l'échec de certains est dû, (i) soit à de mauvaises hypothèses de départ, (ii) soit à une méconnaissance des cycles biologiques et phénologiques des espèces réputées comme indicatrices, lors des études en mode diachrone et synchrone, (iii) soit encore à une forte hétérogénéité spatiale du substrat (iv) soit enfin à une imparfaite connaissance de l'histoire agricole des parcelles.

Amélioration de la jachère

Les nécessaires propositions d'amélioration, et de substitution à la jachère en Afrique de l'Ouest doivent tenir compte des multiples services qu'elle assure au paysan par ses productions. Mais les innovations devront également favoriser les phénomènes biologiques de reconstitution de la fertilité du sol : maintien des ligneux, gestion des feux, restitutions organiques, entretien des communautés biologiques telluriques. Il ressort également de l'étude que le bénéfice de cette remontée biologique peut être prolongé par quelques mesures simples : défrichement sans dessouchage chaque fois que cela est possible, travail minimal du sol, mulching.

Pour assurer les fonctions des jachères de courte durée, il apparaît que sont surtout nécessaires d'une part un potentiel de régénération important, et une croissance rapide des ligneux, et d'autre part une forte production de biomasse par le système racinaire. L'intervention sur les jachères de courte durée doit donc avoir pour but d'introduire le matériel végétal nécessaire, s'il manque, dès l'abandon cultural. Dans les parcelles qui ont été cultivées sur une longue durée, caractérisées par un potentiel de régénération faible, l'apport de ligneux à croissance rapide est nécessaire. Dans les zones soudaniennes et à faible pression anthropique, la manipulation des jachères n'apparaît pas essentielle puisque des souches de ligneux persistent souvent durant la phase de culture. On peut toutefois intervenir pour associer à une strate ligneuse naturelle, une graminée pérenne qui a disparu de la flore originelle et qui interviendra dans la dynamique de la matière organique du sol de l'horizon cultivé, tout en améliorant les qualités fourragères de la strate herbacée.

9 PUBLICATIONS ET TRAVAUX

Cameroun

- DONFACK, P. & SEIGNOBOS, C., 1996. Des plantes indicatrices dans un agrosystème incluant la jachère : les exemples des peuls et des giziga du nord-Cameroun. *Journ. d'Agr. Trad. et de Bota. Appl.*, vol. XXXVIII(1), pp. 231 à 250.
- DONFACK, P., C. FLORET & R. PONTANIER. 1995. Secondary succession in abandoned fields of dry tropical northern Cameroun. *Journal of Vegetation Science*, 6 : 499-508p.
- DONFACK, P., 1993. Etude de la dynamique de la végétation après abandon de la culture au Nord-Cameroun. Thèse 3ème cycle, Université de Yaoundé, Cameroun, 192p.
- DONFACK P., 1998. Végétation des jachères du Nord-Cameroun : Typologie, diversité, dynamique, production. Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Yaoundé I, 225p.
- MASSE, D. ; DONFACK, P. ; FLORET, C. ; PONTANIER, R. ; SEINY BOUKAR, L. 1995. Réhabilitation de vertisols dégradés (sols « hardés ») au Nord Cameroun. « L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ? », PONTANIER, R. ; M'HIRI, A. ; AKRIMI, N. ; ARONSON, J. ; LE FLOC'H, E. John Libbey Eurotext, Paris, pp. 127-137.
- MASSE, D. ; FLORET, C. ; PONTANIER, R. & SEINY BOUKAR, L. 1993. Amélioration du régime hydrique des vertisols dégradés du Nord-Cameroun en vue de leur réhabilitation. *Pédol.*, Vol. XXVIII, n° 2, 1993. 203-215
- SEGHIERI, J., C. FLORET & PONTANIER, R. 1994. Development of an herbaceous cover in an Sudano-sahelian savanna in North Cameroon in relation to available soil water. *Vegetatio*, 114 : 175-184.
- SEGHIERI, J., C. FLORET & R. PONTANIER. 1995. Plant phenology in relation to water availability . herbaceous and woody species in the savannas of northern Cameroon. *Journal of Tropical Ecology*. 11 : pp. 237-254.
- SEIGNOBOS, C. 1993. Hardé et karal du nord Cameroun : leur perception par les populations agropastorales du Diamaré. In : « Les terres hardés ». Mémoires et travaux de l'IRA (6), CIRAD Forêt, pp 9 à 28.
- SEIGNOBOS, C., IYEBI MANDJEK, O. (1993) Les jachères dans les terroirs Giziga L'exemple de Muda (Nord-Cameroun). In : Floret, C. Serpantié, G. (eds.). La jachère en Afrique de l'Ouest. pp 147-156, ORSTOM Paris
- SEIGNOBOS, C., Iyebi-Mandjeck O. & Nassourou A. 1995 Terroir de Balaza- Domayo saturation foncière et Muskwaari. Rapport D.P.G.T. (ORSTOM / SODECOTON / MINAGRI), 64p.
- SEINY BOUKAR, L., 1990. Régime hydrique et dégradation des sols dans le Nord-Cameroun. Thèse de Doct. 3ème cycle, Université de Yaoundé, 226p.
- TAMWOKAM, J. P. 1997. Influence de la mise en jachère et de son mode d'exploitation sur la faune du sol. Mémoire DESS. CRSA - Niamey.

Mali

- ANONYME. 1997. Projet FED 7 ACP 269. Recherche sur l'amélioration et la gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest. Organismes, chercheurs, thèmes de recherche et localisation des chercheurs. IER/PRF. 13p.
- BALLO, M., 1996. Production et amélioration des ressources pastorales des jachères en zone soudanienne nord du Mali. Cas du terroir villageois de Missira. Mémoire de fin d'étude. IPR/IFRA, Katibougou, Mali, 53p.
- BAZILE, D. 1997. Gestion des espèces ligneuses énergétiques. 3^{ème} session du comité de programme. Bamako du 16 au 26 septembre 1997. IER/DS. 10p.
- BAZILE, D., 1997. La filière bois-énergie au Mali. Analyse bibliographique critique. CORAF - Union Européenne - ORSTOM. Amélioration et gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest - Projet 7 ACP RPR 269. 73p.
- BAZILE D., 1998. La gestion des espèces ligneuses dans l'approvisionnement en énergie des populations. Cas de la zone soudanienne du Mali. Thèse de Doctorat en Géographie. Université Toulouse Le Mirail. 338p.
- BERTON, O., 1997. La lutte contre l'érosion hydrique dans les jachères sur pente. ORSTOM - Bamako - Mali. 58p.
- CAMARA, I., 1996. Impact de certains aménagements anti-érosifs sur le pâturage dans les jachères sur pentes. Cas du terroir de Gouani. Mémoire de fin d'étude 3ème Année. IE, IPR de Katibougou, Mali, 49p.
- DAKOUO, J. M., 1996. Influence des pratiques culturales sur la dynamique de la végétation ligneuse des jachères dans le terroir de Gouani (Zone soudanienne Sud, Mali). DEA, ISFRA, Bamako, Mali, 89p.
- DEMBELE F. 1996 Influence du feu et du pâturage sur la végétation et la biodiversité dans les jachères en zone soudanienne-nord du Mali. Cas des jeunes jachères du terroir de Missira (Cercle de Kolokani). Thèse de Doctorat de l'Université d'Aix-Marseille III. Option biologie des Populations et Ecologie; 182p.
- DEMBELE, F., YOSSO, H. & KAREMBE, M. 1996. Influence du feu et du pâturage sur la dynamique de la végétation post-culturelle dans les jeunes jachères en zone soudanienne Nord au Mali : conséquences sur les ressources pastorales . séminaire. « Activités et bilan du projet Renforcement des capacités scientifiques au Sahel de 1990 à 1995 », Nouakchott, 20, 25 Avril 1996., 16p.
- DEMBELE, F., YOSSO, H. & KAREMBE, M., 1996. Influence du feu et du pâturage sur la dynamique de la végétation post-culturelle dans les jeunes jachères en zone soudanienne Nord du Mali : conséquence sur les ressources pastorales : Séminaire. « Atelier et bilan du projet Renforcement des capacités Scientifiques au Sahel de 1990 à 1995 », Nouakchott, 20, 25 Avril 1996, 12p.

- DEMBELE, F. 1997. Influence du feu sur la dynamique de la végétation post-culturale et la biodiversité. 3^{ème} session du comité de programme. Bamako du 16 au 26 septembre 1997. IER/DS 19p.
- DEMBELE, F., 1996. Influence du feu sur les performances germinatives de quelques espèces ligneuses et herbacées. Rapport de stage au Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive Louis Emberger, Montpellier, France, 20p.
- DEMBELE, F., MASSE, D. et YOSSSI, H. 1997. Rôle des feux de brousse sur la dynamique des adventices sur la qualité des sols au cours des premières années de jachère, dans les régions soudanaises du Mali. Atelier jachère et maintien de la fertilité des sols du 1^{er} au 4 octobre 1997. Bamako-Mali. 11p.
- DEMBELE, S. G., FAMATA, M. ; SABA, Y. R. & SOGODOGO, D. 1997. La culture des légumineuses, fondement de la restauration de la fertilité azotée des sols. Une expérience au Mali. Atelier jachère et maintien de la fertilité des sols du 1^{er} au 4 octobre 1997. Bamako-Mali.
- DIALLO, B., 1996. Etude de la nodulation d'Acacia senegal et Dolichos lablab utilisés pour l'amélioration de la fertilité des sols en zone soudanienne au Mali Mémoire de fin d'étude. IPR de Katibougou.
- DIARRA, I. B. ; KOUYATE, M. A. ; YOSSSI, H. & DEMBELE, S. B. 1997. Utilisation optimale des ligneux à usages multiples pour l'amélioration de la jachère au Mali. Cas du terroir villageois de N'Goukan dans le cercle de Koutiala Atelier de Programmation du devis Programme n° 3. Bamako, 27 et 28 Mars 1997. IER/PRF. 36p.
- DHILLON, S. S. 1997. Fallow age influences plant functional groups, microbial functional abilities and soil properties. In H. Insam and A. Rangger (eds). Microbial Communities – Structural Versus functional diversity in terrestrial community diversity. Springer-Verlag.
- IBRAHIM, B. 1996. Dynamique et aménagement des jachères dans la zone agro-écologique de la plaine du Gondo. Mémoire de fin d'étude. IPR de Katibougou, Mali, 82p.
- KAREMBE, M. 1997. Production et utilisation optimale des ressources pastorales des jachères en zone soudanienne au Mali. 3^e session du comité de programme du 16 au 26 septembre 1997. IER/DS. 7p.
- KAREMBE, M. ; DAKOULO, J.M. & DIARRA, I. 1997. Etude de l'occupation et de l'utilisation actuelle des terres en zone soudanienne au Mali (cas du terroir villageois de Gouani). Atelier de Programmation du devis Programme n° 3. Bamako, 27 et 28 Mars 1997. IER/PRF. 55p.
- KAREMBE, M., 1997. Evolution de l'occupation et de l'utilisation actuelle des terres dans des terroirs villageois en zone soudanienne au Mali. 3^e session du comité de programme du 16 au 26 septembre 1997. IER/DS. 15p.
- MAGASSOUBA, S., 1996. Amélioration de la jachère en zone Mali-sud. Cas du terroir villageois de N'Goukan, Koutiala. Mémoire de fin d'étude. IPR de Katibougou.
- MAIGA, A. H. 1996. Etude de l'effet de l'association ligneux herbacées sur l'accélération de la remontée biologique des terres après le cycle cultural et la production fourragère : Suivi de l'évolution de la biomasse herbacée au cours de la saison des pluies. Mémoire de fin d'étude. IPR de Katibougou, 46p.
- MAIGA, B. G. 1997. Techniques alternatives à la jachère : Effet de l'émondage et de l'enfouissement des feuilles de Prosopis africana sur le rendement du mil dans le terroir de Lagassagou. 3^e session du comité de programme Bamako du 16 au 26 septembre 1997. IER/DS. 5p.
- MAIGA, B. S., 1995. Dynamique et aménagement des jachères en zone Mali-sud. Cas du terroir villageois de N'Goukan. Mémoire de fin d'étude, IPR de Katibougou, 85p.
- MAÏGA, M., 1996. Etude de la nodulation d'Acacia auriculiformis et Stylosanthes hamata utilisés pour l'amélioration de la jachère en zone soudanienne au Mali. Mémoire de fin d'étude IPR de Katibougou.
- MAIGA, O. 1997. Les fonctions de la jachère dans les systèmes agraires 3^e session du comité de programme Bamako 16 au 26 septembre 1997. IER/DS. 8p.
- MAIGA, O. Dynamique socio-démographique et évolution de la place des jachères dans deux systèmes ruraux sahélo-soudanais au Mali. Thèse de Doctorat. Université du Mali. ISFRA. 159p.
- MALI. 1996. Rapport Scientifique. « Recherche sur l'amélioration et la gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest ». Projet 7 ACP RPR 269. IER. Bamako, 144p.
- MASSE, D. ; DEMBELE, F. ; LE FLOC'H, E. & YOSSSI, H. 1997. Impact de la gestion des feux de brousse sur la qualité des sols des jachères de courtes durées dans les régions soudanaises du Mali. Séminaire régional « Gestion de la fertilité des sols dans les systèmes d'exploitation d'Afrique de l'Ouest ». Université de Hohenheim/ICRISAT/INRAN, 4-8 mars 1997, Niamey, Niger
- MASSE, D., DEMBELE, F., LE FLOC'H, E., YOSSSI, H. 1997. Impact de la gestion des feux de brousse sur la qualité des sols des jachères de courte durée dans la zone soudanienne du Mali. *Soil Fertility Management in West African Land Use Systems*. p. 115-121.
- MILLET J., 1996. La lutte anti-érosive dans les jachères. Rapport de recherche, ORSTOM/Programme Jachère, Bamako. 16p.
- MOUNKORO, B. et SOGOBA, S., 1995. Influence du feu sur la dynamique de la végétation post-culturale en zone soudanienne nord au Mali. Cas de la succession dans les jeunes jachères sur le terroir de Missira. Mémoire de fin d'étude, IPR de Katibougou, 75p.
- PINABEIGAG Théophile. 1996. Contribution à l'étude du comportement d'espèces ligneuses pour l'amélioration de la jachère en zone soudanienne au Mali. Mémoire de fin d'étude 3ème IEF, IPR de Katibougou, Mali, 65p.
- PROGRAMME SYSTEME DE PRODUCTION ET GESTION DES RESSOURCES NATURELLES, 1996. Diagnostic sur la jachère dans le terroir de Gouani. 4ème session du Comité Technique Régional du Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba, 16 - 19/04/1996. 27p.
- PROGRAMME SYSTEME DE PRODUCTION ET GESTION DES RESSOURCES NATURELLES, 1995. Diagnostic des contraintes et des potentialités pour l'amélioration et la gestion de la jachère dans le terroir de N'Goukan. ESPGRN/Sikasso, 12p.
- ROUX M. B., 1996. Diversité des espèces ligneuses et anthropisation des jachères. Cas de deux terroirs villageois du Mali. DEA, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, France 28p.
- SIDIBE, D. K. & YOSSSI, H. 1997. Effet de l'âge de la jachère sur le nombre de spores de champignons endomycorhiziens en zone soudanienne du Mali. Atelier jachère et maintien de la fertilité des sols du 1^{er} au 4 octobre 1997. Bamako-Mali.
- SIDIBE, M., 1995. Effet de quelques aménagements associés à la plantation d'espèces buissonnantes sur l'amélioration des jachères sur pente. Mémoire de fin d'étude, IPR de Katibougou, 43p
- SISSOKO, H. T. 1997. Effet de l'association de ligneux et d'herbacée pérenne sur la vitesse de récupération des sols et la production fourragère des jachères : cas du village de Gouani Synthèse des travaux CRR/SPGRN/Sotuba, 34p.
- TIMBELY, S., 1995. La jachère et les modes d'utilisation de ses ressources naturelles : le cas du terroir villageois de Lagassagou. Mémoire de fin d'étude, IPR de Katibougou, 31p.
- TOGO, I., 1996. Techniques de gestion des parcs agroforestiers : évaluation de l'efficacité agronomique du pailage des feuilles de Prosopis africana sur la fertilité des sols dans la plaine du Séno. Mémoire de fin d'étude. IPR de Katibougou.
- TRAORE, A. 1996. Rôle de Pergularia daemia dans la gestion des terroirs : son importance dans la culture du mil dans le Séno. DEA, ISFRA, Bamako, Mali, 84p.
- TRAORE, D., 1995. Contribution à l'étude des fonctions de la jachère dans le système agricole du terroir de Gouani (Cercle de Kati) Mémoire de fin d'étude, IPR de Katibougou, 64p.

- TRAORE, M., 1997. Utilisation de l'*Andropogon gayanus* pour l'amélioration de la production fourragère et la fertilité du sol en zone de savane. Dans : C. Floret (ed), *La jachère, lieu de production*, 123-132. CORAF/ORSTOM/Union Européenne, Dakar.
- YATTARA, I., 1996. Les rhizobia des jachères : étude écologique et valorisation pour l'amélioration de la fertilité des sols au Mali. Evaluation en milieu réel de la performance des souches de rhizobia sélectionnées sur croissance de 5 légumineuses en plantation pour l'amélioration de la jachère en zone soudanienne sud au Mali. IER/ENSUP-Bamako. Rapport scientifique annuel. 61p.
- YOSSI, H., 1997. Mise au point de techniques d'installation et de gestion de haie vive : identification d'espèces performantes. 3^e session du comité de programme. Bamako du 16 au 26 septembre 1997 IER/DS. 5p
- YOSSI, H., 1997. Utilisation optimale des ligneux à usage multiples pour l'amélioration des jachères au Mali. 3^e session du comité de programme. Bamako du 16 au 26 septembre 1997. IER/DS. 28p.
- YOSSI, H. ; SIDIBE, D. K. ; KAREMBE, M. ; MAIGA, B. G. ; BOUBACAR, I. ; SOMBORO, H., 1997. Influence du temps de jachère et la fertilité du sol. Atelier de programmation du devis programme n° 3. Bamako, 27 et 28 Mars 1997 IER/PRF. 3^e session du comité de programme. Bamako du 16 au 26 septembre 1997. IER./DS. 19p
- YOSSI, H., 1996. Dynamique de la végétation post-culturelle en zone soudanienne au Mali. Thèse de Docteur de spécialité Population-Environnement, Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée, Bamako, Mali. 141p
- YOSSI, H., DEMBELE, F. & KAREMBE, M., 1996. Dynamique de la végétation ligneuse post-culturelle en zone sahélo-soudanienne au Mali. Conséquences pour l'amélioration et la gestion de la jachère. Dans : C. Floret (ed), *La jachère, lieu de production*, 19-31 CNRST/CORAF/ORSTOM/Union Européenne, Dakar.
- YOSSI, H., KAREMBE, M., MAIGA, B. G., DEMBELE, F., DIALLO, O. I., COULIBALY, M., DEMBELE, F., DIARRA, B. I. & SOMBORO, H., 1996. Etude du comportement d'espèces ligneuses en plantation pour l'amélioration et la gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest, 3^e réunion du comité de coordination du Projet Régional Jachère, Bobo-Dioulasso 29/09 au 5/10/1996. 50-63 - IER Bamako

Sénégal

- ANONYME., 1994. Raccourcissement du temps de jachère biodiversité et développement durable en Afrique Centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali). Rapport Scient. 1994, Comm. des Communautés Europ. Contrat TSA-CT93 (DG 12), 148p.
- ANONYME., 1995. Organismes, chercheurs, thèmes de recherche, localisation des recherches, assistance technique et scientifique. Projet de recherche sur l'amélioration et la gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest (Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Mali, Niger, Sénégal) Projet FED 7 ACP RPR 269, CORAF et ORSTOM, Dakar, Sénégal, 95p
- ANONYME., 1995. Projet jachère. Programme national du Sénégal par sites d'activités ISRA/DRPF.
- ANONYME., 1996 Organismes, thèmes de recherche, localisation des recherches, chercheurs, assistance technique et scientifique. « Recherche sur l'amélioration et la gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest ». Projet 7 ACP RPR 269. CORAF, Union Européenne (DGVIII), ORSTOM-Dakar, Sénégal, 79p
- BA, A., 1996. Problématique du transfert de technologies d'amélioration et de gestion de la fertilité des sols à Médina Kébé (Région de Kaolack - Sénégal). Mémoire d'Etude ENESAD, Dijon - ENGREF, Montpellier, France, 57p
- 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 40p.
- CADET, P. & C. FLORET., 1995 An initial study of fallow periods on the nematode community in the soudanese-sahelian zone of Senegal. *Acta Oecologica*, 16 (1) : 77 - 88.
- CADET, P., B. MARTINY, D. MASSE & J. THIOULOUSE, 1995 Development of nematode population during fallow periods in the soudanese-sahelian region of Senegal. *Nematologica* (sous presse).
- CAMARA, Y., 1997. Effet du raccourcissement du temps de jachère sur la régénération de *Pterocarpus erinaceus* en Haute Casamance (Sénégal). Mémoire de fin d'étude. Ecole nationale des cadres ruraux - Bambej. Département Production Forestières. Ziguinchor. 32p. + Annexes.
- DIALLO, M.T., 1995. Importance des ligneux dans des jachères naturelles et améliorées en Basse Casamance. Structure, Biomasse et Fertilité induite. Mémoire de fin d'études. Ecole Nationale des Cadres Ruraux, Bambej, Sénégal, 50p.
- DIAO, O., 1995. Comportement des systèmes racinaires des ligneux durant le cycle culture-jachère en Afrique soudanienne. Etude sur un terroir de la région de Kolda, (Haute Casamance), Sénégal. Mémoire de fin d'études. Ecole Nationale des Cadres Ruraux, Bambej, Sénégal, 35p.
- DIATTA, M., & FAYE, E. H., 1997. Effets de quelques années de protection sur la jachère en zone sahélo-soudanienne du Sénégal : structure et production primaire. Dans : C. Floret (ed), *La jachère, lieu de production*, 33- CORAF/ORSTOM/Union Européenne, Dakar.
- DHILLION, S. S. 1997. Fallow age influences plant functional groups, microbial functional abilities and soil properties. In H. Insam and A. Røngger (eds). *Microbial Communities - Structural Versus Functional Diversity in Terrestrial Community Diversity*. Springer-Verlag
- DIONE, F., 1997. Production de phytomasse des ligneux et pratique du brûlis dans les systèmes culture-jachère en Haute Casamance. Mémoire de fin d'études. Ecole nationale des cadres ruraux - Bambej Département Production Forestières. Ziguinchor. 43p. + Annexes.
- DIOP, G., 1997. Contribution à la connaissance des potentialités des jachères en espèces forestières ligneuses alimentaires et en espèces forestières ligneuses à usage médicinal dans le département de Bignona Mémoire d'étude. Etablissement national d'enseignement supérieur agronomique de Dijon. Option Forestière ENGREF. ISRA.
- FALL, M., 1996. Contribution à l'identification des contraintes pour l'adoption des nouvelles technologies agroforestières en basse casamance (Sénégal) Mémoire d'Etude ENESAD. Dijon - ENGREF - Montpellier (France). 83p.
- FLORET, C., PONTANIER, R. & SERPANTIE, G., 1993. La jachère en Afrique Tropicale. Dossier MAB n° 16. UNESCO, Paris, France, 86p.
- FLORET, C. ; CORNET, A., 1996. Les pratiques paysannes et la conservation de la biodiversité en zone sèche. Programme « Raccourcissement du temps de jachère, biodiversité et développement durable en Afrique centrale et occidentale (Cameroun, Mali, Sénégal) Congrès mondial de conservation-UICN/Montreal. « Biodiversity conservation in arid lands »
- FLORET, C. (ed), 1997 La jachère, lieu de production. Actes de l'atelier international, Bobo Dioulasso 2-4 octobre 1996. CORAF/ORSTOM/Union Européenne, Dakar, 144p
- GNING, M., 1996. Pratique et place de la jachère dans les systèmes de production de trois terroirs villageois de la haute Casamance (Sénégal) Mémoire de fin d'études, Centre Régional d'Enseignement Spécialisé en Agriculture, Faculté d'Agronomie, Niamey, 53p.
- 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, 52p
- 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.
- KAIRE, M., 1996. Ressources ligneuses dans les jachères d'un terroir villageois de Haute Casamance. DEA ISFRA, Bamako.
- KAIRE, M., 1997. La production ligneuse des jachères et son utilisation par l'homme en zones soudanienne et soudano-sahélienne du Sénégal. Dans : C. Floret (ed), *La jachère, lieu de production*, 1-17. CORAF/ORSTOM/Union Européenne, Dakar.

- KOITA B., 1998 Végétation post-culturale en zone soudanienne du Sénégal. Influence des pratiques culturales et des facteurs anthropiques sur la reconstitution végétale après abandon cultural Thèse Doctorat 3^e cycle. Université de Corse Pascal Paoli, Corté. 169p.
- 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 DEA Université d'Aix-Marseille. 69p.
- MASSE, D. & MANLAY, R., 1994. Influence du temps de jachère sur des paramètres physico-chimiques du sol et sur la biomasse racinaire dans les régions semi-arides du Sénégal. Séminaire International d'Agroforesterie. Septembre 1994. ISRA/DRPF, Dakar. Sénégal.
- MASSE, D., CADET, P., MARTINY, B. & THIOULOUSE, J. 1995 Development of nematode population during fallow periods in the soudanese-sahelian region of Senegal. Nematologica (sous presse)
- MASSE, D., MANLAY R., DEROUARD L., DIATTA M., CADET P., CHOTTE J. L., FLORET C., PONTANIER, R. 1998. Influence du temps de jachère sur les propriétés du sol dans les régions semi-arides du Sénégal Identification d'indicateurs de fertilité des sols (poster). Actes du Congrès Mondial de Science du Sol, Montpellier, 20-26 août 1998. ISSS-AJSS-IBG-SICS, AFES.
- MASSE D., CADET P., CHOTTE J. L., DIATTA M., FLORET C., NDIAYE-FAYE Nd PATE E., PONTANIER R., THIOULOUSE J., VILLENAVE C. 1998. Jachères naturelles et restauration des propriétés des sols en zone semi-aride. Cas du Sénégal. Agriculture et développement N° 18.
- NDENE, S., 1996 Jachère expérimentale et comportement hydrique du sol Mémoire de fin d'études. Ecole Nationale des Cadres Ruraux, Bamby, Sénégal, 37p
- NDIOUR, P. A., 1996 Rôle et importance des fruits forestiers issus de la jachère dans la formation des revenus des ménages dans le département de Bignona. (Sénégal). Mémoire d'Etude ENESAD, ENGREF, Montpellier, France, 78p
- NDOME, M., 1996. Caractérisation de la macrofaune invertébrée des sols des jachères arborées de Haute Casamance (Kolda, Sénégal). Mémoire de fin d'études, Ecole Nationale des Cadres Ruraux, Bamby, Sénégal, 59p.
- NIANG, A., 1995. Caractérisation pédologique de jachères expérimentales dans le Sine Saloum et en Haute Casamance. DEA. Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.
- PATE, E., CADET P. & DEBOUZIE D. Structure of nematode communities during a fallow period in Senegal (Abstr.). III^eme Congrès International de Nématologie, 7 au 12 juillet 1996, Gosier, Guadeloupe.
- RIPPERT, G., 1996. Approche de la biodiversité de la végétation de jachères expérimentales en zone soudano-guinéenne au Sénégal Gestion des espaces agro-sylvo-pastoraux en Zones Tropicales DESS Université Paris XII Val de Marne.
- SARR, M., 1995. Contribution à l'étude des peuplements de termites dans le cycle culture-jachère. DEA. Université Cheikh Anta Diop, Dakar, (Sénégal)
- SARR, M., AGBOGBA, C. RUSSEL-SMITH, A., 1998. The effects of length of fallow and cultivation on termite abundance and diversity in the sahelian zone of Senegal. A preliminary note : Pedobiologia, 42 : 56-62
- SARR M., 1998. Effets de la durée de la jachère et de la culture sur les peuplements de termites en zone soudano-sahélienne, au Sénégal. Thèse de 3^{ème} cycle. Université Cheikh Anta Diop. Dakar. 135p.
- SCHWARTZMANN, A. 1997. L'effet jachère et l'écologie des microorganismes : localisation, activité et diversité des fixateurs libres d'azote. DEA. Université Claude Bernard - Lyon 1 et l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon
- SENEGAL, 1996. Rapport technique annuel. Programmation devis-programme année 2 « Recherche sur l'amélioration et la gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest ». Projet 7 ACP RPR 269. ISRA. Dakar, 79p.
- SERPANTIE, G. & C FLORET., 1995. Un mode de gestion des ressources en Afrique tropicale : la jachère longue Regards différenciés sur une pratique en crise. Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture, 80 : 73-85p.
- UGUEN, K., 1996 Effet des litières ligneuses de jachère (*Guiera senegalensis*, *Acacia holocericea*, *Combretum glutinosum* et *Eucalyptus camadulensis*) sur la disponibilité de l'azote du sol pour la plante à Thyssé Kaymor. DEA Université Paris VI.
- VILLENAVE, C., CADET, P., PATE E., & N'DIAYE N., (Sous presse) Microcosm experiment on development of different parasitic nematode fauna in two soils from the soudanese-sahelian zone of West Africa. Biology and Fertility of Soil.

Cameroun

- DUBOISSET, A. 1997 - L'exploitation agricole des termitières d'Odontotermes X et de Macrotermes X : intérêts, limites et potentiels (extrême-nord Cameroun) Université Paris XII. ORSTOM/IRA.
- DONFACK, P - Conséquence du raccourcissement du temps de jachère sur la diversité floristique et sur la production végétale des formations post-culturelles à forte pression anthropique. Thèse d'Etat. Université de Yaoundé.
- NTOUPKA, M. - Impact des perturbations anthropiques (pâturage, feux et coupe de bois) sur la dynamique de la savane arborée en zone soudano-sahélienne du Nord Cameroun. Thèse 3è cycle. Université Aix-Marseille
- SEINY-BOUKAR, L - Contribution à la caractérisation des processus de dégradation et de remontée biologique des vertisols du nord Cameroun. Thèse d'Etat. Université de Yaoundé.

Mali

- BAZILE, Didier - La gestion des espèces ligneuses dans l'approvisionnement en énergie des populations. Cas de la zone soudanienne du Mali Thèse Université Toulouse le Mirail. U.F.R. de Géographie.
- DEMBELE Fadiaa 1996 - Influence du feu sur la dynamique de la végétation post-culturelle en zone soudanienne au Nord du Mali. Thèse Université Aix-Marseille.
- KAREMBE Moussa - Production et utilisation optimale des ressources pastorales des jachères en zone soudanienne du Mali. Thèse ISFRA (Encadrement Christian Floret).
- MAÏGA Ousmane, 1997.- Les fonctions de la jachère dans deux systèmes ruraux sahéliens : les cas de Missira et de Lagassagou. Thèse ISFRA, Bamako, Mali
- SIDIBE Daouda. - Influence de la jachère sur la mycorhization du Mil Thèse Wageningen, Hollande.
- YATTARA Inamoud Iby - Les rhizobiums des jachères : étude écologique et valorisation pour l'amélioration de la fertilité des sols au Mali. Thèse ISFRA, Mali.
- YOSSI Harouna. 1996 - Dynamique de la végétation ligneuse herbacée après abandon cultural en région nord soudanienne. Thèse ISFRA, Mali.

Sénégal

- DEROUARD Laurent - Faune du sol dans des jachères du Sine Saloum et de la Haute Casamance. Thèse. Université Paris VI. Laboratoire des sols tropicaux de Bondy, ORSTOM.
- KOITA Bothié.- Jachère et biodiversité végétale : étude des pratiques de mise en jachère dans les systèmes de culture de Casamance et au Sénégal oriental. Thèse Université de Corse.
- MANLAY Raphaël. Etude et modélisation de la dynamique de la matière organique sur un terroir soudanien de Haute Casamance Thèse ENGREF-Paris.
- NDIAYE Ndéye.- 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.
- PATTE Emmanuelle, 1997.- 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 Université Cheikh Anta Diop de Dakar, (Sénégal).
- SANOOGO Diaminatou - Réintroduction de l'arbre dans les paysages agraires du bassin arachidier Thèse Université Cheikh Anta Diop de Dakar, (Sénégal).
- SARR Makhfouss.- Influence du raccourcissement du temps de jachère sur les populations de termites, Sénégal. Thèse Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal).
- SY Abdoulaye. Utilisation de quelques légumineuses fourragères spontanées dans les jachères du Sénégal et caractérisation de leur rhizobiums. Thèse Université Cheikh Anta Diop de Dakar, (Sénégal).