

**THESE de DOCTORAT DE L'UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE
-Paris 6-**

**Spécialité
Ecologie générale - Production végétale**

Présentée par

Namwinyoh Antoine SOME

pour obtenir le grade de DOCTEUR de L'UNIVERSITE Pierre et Marie CURIE
-Paris 6-

**LES SYSTEMES ECOLOGIQUES POST-CULTURAUX
DE LA ZONE SOUDANIENNE (BURKINA FASO):
STRUCTURE SPATIO-TEMPORELLE DES COMMUNAUTES VEGETALES
ET EVOLUTION DES CARACTERES PEDOLOGIQUES**



Soutenu le 12 Septembre 1996

devant le jury composé de:

M. Daniel-Yves ALEXANDRE
M. Robert BARBAULT
M. Claude CHEVERRY
M. Alain LACOSTE
M. Jean-Claude MENAUT
M. Henri PUIG



AVANT-PROPOS

Ce travail est l'aboutissement de cinq années d'observations et de recherches sur les systèmes écologiques post-cultureux de la forêt classée du Nazinon. A travers le terrain, le laboratoire, les bibliothèques ou la vie de tous les jours, il m'a été donné de rencontrer des hommes et des femmes dont la gentillesse et la sympathie ont largement favorisé la réalisation de ce travail. Aussi, je voudrais trouver ici les mots pour leur exprimer toute ma reconnaissance.

Je remercie vivement Monsieur le Professeur Robert BARBAULT qui m'a reçu en cours de thèse dans son laboratoire. Ses définitions des concepts scientifiques avec lesquels j'ai essayé de me familiariser au cours de cette thèse sont pour moi des références de premiers ordres. Je le remercie vivement d'avoir accepté participer à ce jury.

Que Monsieur Daniel-Yves ALEXANDRE trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance pour l'intérêt particulier qu'il a porté à mon travail depuis notre rencontre. Sans sa disponibilité constante à m'aider physiquement sur le terrain et parfois même au laboratoire, j'aurai certainement eu des difficultés à collecter méthodiquement les données. Au delà de la préparation à une thèse, il m'a initié à une vie professionnelle au sein du laboratoire d'Ecologie de l'Orstom/Ouaga. Je lui dois une formation et une ouverture d'esprit indispensable pour poursuivre une carrière dans la recherche. Je garde un bon souvenir de ces discussions riches d'enseignements que nous eûmes très fréquemment tard dans la nuit à Sobaka et dont la trame fut ce rêve partagé de voir Sobaka de part sa particularité scientifique servir de site de teste à cette foules d'interrogations scientifiques qui nous titillaient l'esprit. Il m'a permis de valoriser certains résultats de terrain. Je lui doit de nombreux contacts. Ma reconnaissance va également à son épouse qui a participé à la correction de ce manuscrit.

Monsieur de BLIC qui m'a initié à l'étude du profil cultural, a grandement contribué à donner une forme cohérente à la partie physique du sol de ce travail. Je lui suis profondément reconnaissant pour cette collaboration franche qui s'est instaurer entre nous et qui a permis de valoriser certains de nos résultats sur la jachère. Sa sympathie et un certain sens de l'humour m'ont souvent ému.

Ce travail doit beaucoup à Monsieur Jean Claude MENAUT. Ses conseils et ses corrections m'ont permis de définir une méthodologie suffisamment rigoureuse pour cette étude. Je lui suis particulièrement reconnaissant pour ses critiques et suggestions concernant le manuscrit. Ils m'ont été d'un grand apport scientifique. J'ai, à travers lui, bénéficié de l'appui matériel de SALT, programme pour lequel je reste reconnaissant.

Monsieur le Professeur Alain LACOSTE qui avec courtoisie et chaleur humaine m'a ouvert depuis plusieurs années les portes de son laboratoire et constamment prodigué des conseils. Je lui suis très reconnaissant pour ses heures passées ensemble à discuter certains résultats.. Je le remercie vivement d'avoir accepté juger ce travail. A travers lui je voudrais exprimé mes sincères remerciements à Monsieur BRIANE qui, avec patience et sympathie, m'a initié à l'utilisation des logiciels de statistiques

A Monsieur le Professeur Henri PUIG, je dois la définition d'un sujet de thèse passionnant et une attention particulière malgré son départ à Toulouse. Qu'il trouve ici ma profonde reconnaissance pour avoir accepté être rapporteur et membre de jury de cette thèse.

Je suis très honoré de la présence à ce Jury de Monsieur le Professeur Claude CHEVERRY, qui par ailleurs a accepté faire le rapport de ce travail. Je l'en remercie vivement.

J'ai constamment bénéficié de la part de Monsieur Sibiri Jean OUEDRAOGO, conseils et encouragements. Ces années passées à ces côté, aussi bien à l'Orstom qu'à

l'IRBET, ont été une véritable initiation à la rédaction et à la conduite de programmes de recherches. Je le remercie pour les nombreux gestes de sympathie en mon endroit.

Je suis reconnaissant à Monsieur Luc ABBADIE, qui m'a beaucoup aidé dans la définition de la méthodologie relative à l'étude de la matière organique et dans l'interprétation des résultats. Il a apporté par ses hypothèses de la «lumière» à ce qui me paraissait au départ assez complexe et difficile.

Je remercie vivement le Docteur Brigitte BASTISDE qui a corrigé avec beaucoup d'attention le manuscrit. Merci pour ses encouragements.

A mon Etat, je reste reconnaissant pour avoir financé ces études.

Aux Représentant de l'Orstom/Ouaga (M GRANDIN, et M. FAGES) et à travers eux l'Ortom, je dis Merci pour les moyens matériels et financiers qui ont été mis à ma disposition dans le cadre de ce travail.

A l'IRBET et au personnel, je dis Merci pour la collaboration et les soutien multiformes.

A la FIS, je reste reconnaissant pour le soutien matériel et financier qui m'a été accordé au début de cette thèse.

Aux amis (BATIONO, MEDA, SOMDA, SAWADOGO, TAMINI, BARRY, BELY, BAYALA, YAMEOGO, NACRO...) je dis vivement Merci.

Au personnel du Laboratoire d'Ecologie de l'ENS (BENEST, GUILLAUME, MICHEL) et aux collègues stagiaires (OUEDRAOGO, GUILLAUME, GARCIA, ...) je suis reconnaissant pour leur soutien.

*De mes parents (Lazare MEDA, feu Marie Joseph SOME, Nicolas SOME...),
j'ai toujours eu compréhension, soutien et encouragement
pour ces nombreuses années d'études ininterrompues;*

De Clarisse et Laetitia-Karen, «l'énergie et la force» pour continuer

*A eux et à tous ces paysans de Sobaka pour qui je suis un
frère, à leur courage, à leur sagesse, à leur gentillesse*

je rends Hommage.

Liste des figures, tableaux et cartes	9
INTRODUCTION	12
CHAPITRE I: DYNAMIQUE POST-CULTURALE ET FERTILITE: CONCEPTS ET MODELES	19
I.1. Problème de définition	19
I.2. La jachère: définition et terminologie « paysannes » du concept	20
I.3.- De la question du système culture-jachère au BURKINA FASO	21
I.4. la fertilité des sols: concept, gestion et traduction	23
I.4.1. Essai de définition	23
I.4.2. le concept africain: « savoir paysan et lecture des indices de fertilité du sol »	25
I.5. Dynamique végétale post-culturelle: théories et modèles	30
CHAPITRE II: LA ZONE D'ETUDE	34
II.1. Le cadre géographique et phytogéographique	34
II.2. Le milieu naturel	35
II.2.1. Le climat	35
II.2.2. La pluviosité	37
II.2.3. Les températures	37
II.2.4. L'humidité relative	37
II.3. Géologie et sols	38
II.4. Végétation naturelle et occupation du sol	39
II. 5. Population: son histoire et ses activités socio-économiques	40
CHAPITRE III: MATERIELS ET METHODES	43
III.1. Le choix des sites d'étude	43
III.2. Etude de la végétation et du milieu	46
III.2.1. Etude de la végétation ligneuse et du milieu	46
III.2.2. Etude de la végétation herbacée	48
III.2.3. Caractérisation et cartographie des faciès de végétation	51
III.3. Etude de l'état physico-chimique du sol et de son évolution	53
III.4. Echelles spatiales et temporelles -Méthode d'échantillonnage	66
CHAPITRE IV: CARACTERISATION DES PAYSAGES MORPHOPEDOLOGIQUES ET DES FACIES DE VEGETATION DU TERROIR DE SOBAKA	73

IV.1. Les paysages morphopédologiques	73
IV.1.1. Les unités morphopédologiques	73
1. Unité cartographique U1	73
2. Unité cartographique U2	75
3. Unité cartographique U3	77
IV.1.2. Les caractéristiques morphopédologiques	78
1. Classe des sols minéraux bruts	78
2. Classe des sols peu évolués	78
3. Classe des sols à sesquioxydes de fer et de manganèse	79
Classe des sols hydromorphes	83
IV.1.3. Etats de surface et susceptibilité à la dégradation des unités morphopédologiques	85
IV.2. Caractérisation des faciès de végétation	89
IV.2.1. Importance des types biologiques	89
IV.2.2. Affinités et niveaux d'homogénéité écofloristique identifiée par ACP et CHA	90
IV.2.3. Les différents faciès post-cultureaux	102
IV.2.4. Carte des stades d'évolution de la végétation et de l'occupation du sol	106
IV.3. Conclusion	108
CHAPITRE V: STRUCTURE SPATIO-TEMPORELLE DES COMMUNAUTES VEGETALES	111
V.1. Stratégies bio-démographiques des espèces de la jachère	111
V.1.1. Les espèces sous-ligneuses: quelques traits biologiques	111
1. Régénération et croissance	111
2. Le système racinaire	113
V.1.2 Les espèces herbacées: remplacement progressif des types bio-morphologiques	116
V.1.3. Les espèces ligneuses: stratégie de croissance et développement	119
V.2. Structures des peuplements végétaux	120
V.2.1. Structure du peuplement herbacé: recouvrement et diversité spécifique	121
1. Recouvrement et état d'équilibre des biocoenoses herbacées	121
2. Distribution spatio-temporelle et dynamique interannuelle de <i>Andropogon</i> spp.	126
3. La diversité spécifique: mesure de l'organisation des biocoenoses herbacées	128
V.2.2. Structure du peuplement ligneux: profils de stratification et diversité taxonomique	134
1. Définition de profils de stratification en milieu post-cultural	134
2. Diversité taxonomique	140
V.3. Modèle de représentation: les trajectoires d'évolution des faciès pilotés par l'âge et l'intensité des pressions.	142
CHAPITRE VI: DIFFERENCIATION STRUCTURALES DU SOL ET NATURE DU COUVERT VEGETAL	150
VI.1 Différenciation verticale: caractéristique intrinsèque du sol	150
VI.2. Différenciation latérale	152
VI.2.1. Type de structure et nature du couvert végétal	152
VI.2.2. Profils racinaires herbacés	157
1. Système racinaire et occupation du sol	157
2. Distribution spatiale des racines	157
VI.2.3. Résistance à la pénétration	160
VI.2.4 Porosité	161
1. Macroporosité observée in situ	161
2. Porosité totale	162

3. Distribution dimensionnelle des pores	165
VI.2.5. Le profil granulométrique: diagnostic indirect du fonctionnement hydrique	166
DISCUSSION	167
CONCLUSION	170
CHAPITRE VII: LA MATIERE ORGANIQUE ET SON NIVEAU DE MINERALISATION	173
<i>VII. 1 Les hypothèses de travail</i>	173
<i>VII.2. Approche quantitative: les stocks organiques et leur niveau de minéralisation</i>	175
<i>VII.3. Approche fonctionnelle</i>	181
<i>VII.4. Variation du signal isotopique $\delta^{13}\text{C}$ de la matière organique: mesure de la contribution des types biologiques à la formation des stocks organiques</i>	188
CONCLUSION GENERALE	193
BIBLIOGRAPHIE	201

Liste des figures, tableaux cartes, planches et annexes

Figures

- Figure 1: Démarches pour l'analyse de la fertilité (p.24)
- Figure 2: Localisation géographique du terroir de Sobaka (p.33)
- Figure 3: Evolution de la pluviosité: moyennes annuelles de 1983 à 1994 (p.36)
- Figure 4: Diagramme ombrothermique: 1983 à 1994 (p.36)
- Figure 5: Evolution de l'humidité relative et de la température: moyennes mensuelles 94/95 (p.38))
- Figure 6: Dynamique post-culturale: méthode d'étude (p.69)
- Figure 7: Dendrogramme simplifié des relevés (herbacées) (p.97)
- Figure 8: Dendrogramme simplifié des relevés (ligneux) (p.98)
- Figure 9 Dendrogramme simplifié des espèces herbacées (p.99)
- Figure 10: Dendrogramme simplifié des espèces ligneuses (p.100)
- Figure 11: Evolution du recouvrement herbacé (p.122)
- Figure 12: *Andropogon gayanus* et *A. ascinodis*: distribution spatio-temporelle. (p.124)
- Figure 13: Remaniements floristiques et évolution de la diversité spécifique herbacée (p.129)
- Figure 14: Diagrammes rangs-fréquences des peuplements herbacés (p.130)
- Figure 15: Spectre floristique intra-parcellaire (p.131)
- Figure 16: Profils de stratification en milieu post-cultural (p.135)
- Figure 17: Remaniements floristiques et évolution de la diversité spécifique au sein des strates ligneuses (138)
- Figure 18: Diagrammes rangs-fréquences des peuplements ligneux (p.139)
- Figure 19: Modèle de représentation: les trajectoires d'évolution des faciès de végétation (p.144)
- Figure 20: Différenciation structurale du sol sous *Andropogon spp.* (p.151)
- Figure 21: Distribution des structures édaphiques dans l'horizon 0-10 cm (p.153)
- Figure 22: Résistance à la pénétration et type de structure (p.161)
- Figure 23: Distribution dimensionnelles des pores en % de la porosité totale (p.164)
- Figure 24: Modèle de représentation de la distribution de la matière organique, de ses fractions et de leur niveau de minéralisation. (p.183)

Tableaux

- Tableau 1: Synthèse des paysages morphopédologiques du terroir de Sobaka (p.77)
- Tableau: 2: Représentativité effective des espèces herbacées et ligneuses au sein des parcelles (pp.92-93)
- Tableau 3: Groupes d'homogénéité floristique établis après analyse ACP et CHA. (pp.94-95)
- Tableau 4: Présence des types biomorphologiques au cours de la succession post-culturale (p.118)
- Tableau 5: Valeurs moyennes de densité racinaire chez *Andropogon spp.* (p.158)
- Tableau 6: Distribution verticale des racines de *Andropogon spp.* (p.159)
- Tableau 7: Résistance à la pénétration sous différents faciès à *Andropogon spp.*(p.161)
- Tableau 8: Porosité totale (p.162)
- Tableau 9: Fractions granulométriques d'échantillons de terre (0-10 cm) (p.166)
- Tableau 10: Teneurs moyennes en Carbone total et Azote total (p.177)

Tableau 11: Production cumulée de CO₂ après 72 h d'incubation et potentiel de minéralisation du Carbone (p.178)

Tableau 12: minéralisation potentielle de l'azote (p.179)

Tableau 13: Biomasse microbienne (p.179)

Tableau 14: coefficient de régression linéaire entre la Biomasse microbienne et les autres éléments du sol (p.180)

Tableau 15: Valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ de la matière organique (p.189)

Cartes

Carte 1: Carte pédologique du terroir de Sobaka (p.74)

Carte 2: Carte des stades d'évolution de la végétation des jachères (p.109)

Planches

Planche 1: Espèces indicatrices d'une évolution progressive ou régressive des sols (p.27)

Planche 2: Quelques dispositifs d'étude (p.58)

Planche 3: Micro-organisations pelliculaires superficielles (p.84)

Planche 4: Quelques stades successifs de la dynamique post-culturale (p.103)

Planche 5: Débourrement et croissance des tiges chez une espèce sous-ligneuse (112)

Planche 6: Organes aériens et souterrains des espèces sous-ligneuses (p.114)

Planche 7: *Andropogon gayanus* et *A. ascinodis*: évolution de la morphologie des touffes et diverses associations (p. 125)

Planche 8: Distribution des racines de *A. gayanus* au niveau du profil et chevelu racinaire obtenu par tamisage. (p.156)

Annexes

Annexes 1: Fiche d'inventaire de la végétation ligneuses et du milieu

Annexes 2: Fiche d'étude du profil cultural

Annexes 3: Quelques descriptions de profil

Annexes 4: mesures de porosité

Annexes 5: Fractions granulométriques des sols de Sobaka

INTRODUCTION

L'écologie s'intègre aux sciences humaines; elle se détache de la science dominante qui se donne le pouvoir de disposer de la nature. Par ses prolongements politiques, l'écologie appliquée reflète une réflexion critique des humains sur le mode de vie qui leur est imposé à travers un progrès technico-scientifique ressenti comme implacable - et présenté comme incontournable. (FRONTIER ET PICHOD-VIALE, 1993)

Les communautés rurales des régions tropicales d'Afrique ont introduit depuis longtemps dans leurs pratiques culturelles le système culture-jachère. Dans ces zones, l'application de la jachère a été favorisée par la grande disponibilité des terres. Il s'y est développé un système agricole traditionnel très consommateur d'espace, lié à une pratique qui privilégiait des durées de mise en jachère relativement longues. L'aspect le plus important dans la gestion traditionnelle des jachères, qui en assurait la durabilité, c'est de "restaurer la fertilité du milieu, c'est-à-dire de permettre des productions plus élevées" (SEBILLOTTE, 1985).

La mise en culture d'une zone forestière ou simplement boisée, endommage profondément la structure et l'état du fonctionnement de l'écosystème initial. L'abandon cultural qui suit, fait alors appel aux potentialités de rétablissement de cet écosystème, à son pouvoir de cicatrisation.

L'effet améliorant des jachères a été montré par de nombreux auteurs. En 1964, MOREL et QUANTIN, définissaient des "stades de jachères qui correspondent à un certain état structural du sol que l'on peut définir par un intervalle de l'indice d'instabilité structurale de Henin (Is)". Ils émettaient alors l'hypothèse d'une probable relation entre un stade défini de jachère et un intervalle défini de « fertilité » du sol. Dans cette étude, l'indice d'instabilité structurale de Henin (Is) fut utilisé comme indicateur de l'évolution des caractéristiques physiques du sol. En 1972, ces mêmes auteurs affirmaient que l'effet améliorant des jachères porte essentiellement sur la structure du sol. A la suite d'expérimentations conduites en zone tropicale plus sèche, CHARREAU (1972), plus nuancé dans ses conclusions, montre que ce

type d'amélioration dépend surtout de certaines caractéristiques du sol, en particulier de la texture et de la nature des argiles.

Quelques thèmes relatifs à la jachère ont été traités par différents auteurs. FLORET et PONTANIER (1993) en font une synthèse dans leurs «Recherches sur la jachère en Afrique tropicale». Les thèmes généralement abordés par les chercheurs sont relatifs à:

- la jachère et la dynamique de la matière organique: des écrits prouvent en effet la baisse de la fertilité des terres de savane après leur mise en culture et l'augmentation de la teneur en carbone et azote des sols durant la phase de jachère naturelle (GREENLAND et NYE, 1959; FELLER et MILLEVILLE, 1977; MOREAU, 1983; FELLER *et al.*, 1993. MENAUT *et al.* (1985) s'intéressent de façon plus générale au cycle de la matière organique dans les savanes et fournissent un modèle conceptuel de l'humification et de la minéralisation en savane. ABBADIE (1990) précise les aspects fonctionnels du cycle de l'azote dans la savane de LAMTO.

Des recherches ont été effectuées sur le temps minimum indispensable, selon les types de climat et de sol, à la restauration d'un taux de matière organique nécessaire pour les cultures suivantes (SEBILLOTTE, 1985; YOUNG, 1989, HIEN *et al.*, 1993);

- la dynamique de la végétation des jachères: ce thème est traité aussi bien par des ouvrages généraux que de façon spécifique par des auteurs comme ALEXANDRE *et al.* (1978), ALEXANDRE (1989), MITJA et PUIG (1993). Ces travaux abordent surtout la reconstitution de la végétation en forêt dense humide. En zone plus sèche, quelques études portent sur l'évolution floristique des premiers stades de la jachère. Ce sont notamment ceux de MIEGE, BODARD et CARRERE (1966); OUEDRAOGO (1985); DEVINEAU (1986); POUPON (1980);

- la jachère et les stratégies foncières et culturales: face à la dégradation des terres et à la pression démographique, des auteurs ont proposé un apport d'engrais pour le maintien de la fertilité (PIERI, 1986 et 1990, *in* FLORET et PONTANIER, 1993), d'autres ont suggéré une accélération des processus de la remonté biologique par la pratique d'une jachère dite artificielle à base de cultures fourragères ou de plantes dites améliorantes (MIEGE, *et al.*, 1966; TALINEAU et HAINEAUX, 1974).

Les études concernant les états post-cultureux sont plus rares et les relations avec le fonctionnement du système ne sont pas abordées (FLORET *et al.* 1993). Le milieu post-cultural, système spatial dynamique, est le site même de reconstitution des potentiels biologiques naturels «détruits» par la période de culture. Il offre de ce fait un champ expérimental de choix pour l'étude des mécanismes et du fonctionnement de type régénération et succession.

LEPART et ESCARRE (1983), analysant les différents mécanismes et modèles de succession végétale proposés par divers auteurs, soulignent la difficulté de dégager une théorie unique de la succession; il apparaît plutôt un faisceau de conceptions parfois convergentes, parfois divergentes ou même contradictoires. En milieu post-cultural, MOREL et QUANTIN (1964) ont montré que l'évolution d'une jachère naturelle est plus ou moins rapide, mais passe toujours par une série de phases. A chaque phase correspond une composition floristique spécifique qui apparaît dans un ordre donné, alors que la densité végétale se modifie...

En milieu paysan, la composition floristique des différentes séries d'une succession post-culturelle fournit, par rapport à la présence d'une espèce en un lieu donné, une valeur informative. Lors de nos travaux sur « la conception et la pratique de la jachère à Sobaka, zone soudanienne du BURKINA FASO », nous avons recensé certaines espèces herbacées

dont l'implantation en période post-culturelle permet au paysan d'identifier l'évolution du sol, de sa «fertilité» (SOME, 1992). La lecture que le paysan soudanien fait de la «fertilité» se fonde sur une connaissance longuement acquise sur la valeur indicatrice de la végétation.

La valeur informative de la végétation, par la précision et la cohérence dans l'apparition et la succession des espèces (cf. chapitre I), a suscité en nous cette question: la présence de ces espèces qui se succèdent dans le temps est-elle liée à la transformation des états de surface, à la modification de la structure des sols et de leur teneur en matière organique ou induit-elle plutôt une certaine évolution physique, biologique et chimique des sols? Les phases d'abandon culturel où les changements sont relativement rapides, offrent ainsi l'opportunité de traiter de façon spécifique des liens de causalité pouvant éventuellement exister entre la formation de groupements végétaux et la régénération des sols.

Par ailleurs, la pression démographique a entraîné aujourd'hui - partout en zone tropicale - une diminution des surfaces et de la durée des jachères et a ainsi affecté les possibilités d'évolution progressive de la flore et de régénération des sols. Le développement de systèmes agro-écologiques durables et économiquement viables (dont la pérennité repose sur des processus biologiques), reste une option prioritaire pour la recherche et pour certains grands programmes au plan mondial: «l'Homme et la biosphère» (MAB)....

Aussi, l'étude des jachères et de leur évolution afin d'améliorer la gestion du système culture-jachère par le biais des processus biologiques (et dans un contexte agricole à faible utilisation d'intrants, comme c'est le cas du BURKINA FASO), est apparue comme une voie privilégiée pour proposer une alternative d'agriculture durable. C'est pourquoi notre projet de recherche s'est donné pour ambition de rassembler et d'analyser des données ethnobotaniques, écologiques et phytosociologiques sur les communautés végétales caractéristiques ou

spécifiques des jachères et ceci en relation avec l'évolution de certains paramètres pédologiques.

L'objectif général de ce travail est (1) d'analyser la composition floristique spécifique à chaque stade de la jachère, après identification si possible de stades de jachère et de séries de végétation, (2) d'étudier la structure de la végétation selon les stades de jachère, et, concomitamment, (3) de suivre l'évolution physique, chimique et biologique du profil cultural et des états de surface en période de jachère, les résultats découlant de ces travaux pouvant éventuellement conduire (4) à l'identification d'espèces améliorantes dans les jachères naturelles.

«De tels résultats permettraient également de répondre aux questions plus générales sur les potentialités de rétablissement de la végétation après des perturbations importantes sporadiques, questions se rapportant directement à la résilience des milieux savaniens» (ZOUGRANA, 1993) et d'apporter quelques éléments de réponse à l'étude entamée par le programme SALT sur la dynamique et le fonctionnement des savanes (SALT = Savanes A Long Terme, MENAUT, 1993).

Notre mémoire, dans un premier chapitre analyse quelques définitions et concepts relatifs à la «jachère» et à la «fertilité» en zone tropicale et présente les concepts scientifiques plus larges au sein desquels les modèles applicables à la dynamique post-culturelle ont été élaborés.

Le second chapitre donne les caractéristiques géographiques, climatiques et pédologiques de la zone d'étude.

Dans un troisième chapitre, sont présentés les objectifs spécifiques de l'étude et les approches méthodologiques. La fin de ce chapitre précise les différentes échelles spatiales et temporelles adoptées en fonction de la particularité des observations à faire. Elle relève les principales difficultés à utiliser les méthodes diachronique et synchronique dans l'étude de la

succession post-culturelle; il est alors proposé, une approche qui réduit l'échelle d'observation prenant la plante et son environnement immédiat comme un «microcosme» où s'établissent diverses fonctions.

Les résultats sont exposés dans les trois derniers chapitres: le quatrième chapitre où est faite une caractérisation à l'échelle du terroir des paysages morphopédologiques et des faciès de végétation; le cinquième analyse à partir des données de terrain, et à l'échelle de la parcelle, la structure des communautés végétales; la différenciation structurale du sol est abordée à l'échelle stationnelle. Le sixième chapitre traite du fonctionnement des espèces de la jachère et de la matière organique à l'échelle stationnelle ou à celle de la plante.

La conclusion rappelle les principaux mécanismes mis en jeu lors de la succession post-culturelle et propose quelques perspectives de recherches complémentaires et des applications possibles de nos résultats.

CHAPITRE I

DYNAMIQUE POST-CULTURALE ET FERTILITE:

CONCEPTS, THEORIES ET MODELES

Ce qui est à rejeter, c'est l'ignorance et l'inculture, et c'est pourquoi la notion de jachère «préparation du champ» doit être enseignée à côté de l'autre «repos du sol»... L'essentiel (...) c'est de prêter la même attention et d'exiger la même précision dans le choix des mots techniques que dans celui des mots scientifiques.

Ce qui implique un retour sur l'histoire et sur les dialectes, car à la différence des notions scientifiques, les notions techniques sont souvent d'origine traditionnelle » François SIGAUT (1993)

La jachère: définition et concept

I.1. Problème de définition

Les définitions et concepts que véhicule aujourd'hui le terme «jachère» conduisent souvent à des considérations réductrices qui ne révèlent que la gestion purement agronomique de cette pratique. Ainsi, au mot jachère associe-t-on rapidement ses fonctions agronomiques au lieu d'y voir comme le suggère SEBILLOTTE (1993) un état¹. En effet, on retient très souvent que la jachère sert à restaurer le niveau des éléments nutritifs, améliorer la structure des sols, supprimer les mauvaises herbes, les parasites, diminuer l'érosion...en somme améliorer la capacité de réponse productive du sol aux sollicitations culturales futures. De ce fait, sa disparition en occident, suite à l'intensification agricole, est apparue comme un signe positif d'évolution agraire² d'autant plus que l'argument des *antifallowistes* («anti-jachériens») contre les *fallowistes* («jachériens») dans les années 1780 était que «la jachère est condamnable parce que absurde. C'est l'ignorance, la paresse, et la routine qui ont fait naître chez nos paysans l'idée stupide que la terre pût se fatiguer, alors qu'en réalité elle manque d'engrais » (SIGAUT, 1993³). Le maintien de la jachère en zone tropicale apparaît alors comme une pratique archaïque. Cependant, FLORET *et al.* 1993 soulignent que la pratique «a été de fait encouragée dans les sociétés féodales et par les états coloniaux et

¹SEBILLOTTE (1991) donne une définition de la jachère proche de celle du Petit Robert; la jachère serait alors « l'état de la terre d'une parcelle entre la récolte d'une culture et le moment de la mise en place de la culture suivante. La jachère se caractérise entre autres par sa durée, par les techniques culturales qui sont appliquées à la terre, par les rôles qu'elle remplit ». Défini comme un état, il est certainement plus aisé de caractériser la jachère et d'en dégager les fonctions.

²On peut cependant émettre une petite réserve comme JOUVE (1993) qui note à cet égard, et pour l'Europe, que « la réussite même de l'intensification, par la surproduction qu'elle a entraînée, a conduit à la pratique du gel de terre qui n'est rien d'autre que la résurgence de la jachère, sous une autre forme et pour d'autres raisons que celles du passé ».

³Communication de SIGAUT F. (1991) lors de l'atelier international tenu à Montpellier en Décembre 1991. Le thème traité sur « La jachère dans les agricultures pré-contemporaines » est à cet égard très explicite. Il y explique notamment le sens premier du mot jachère, la nomenclature et l'histoire de la jachère.

modernes, dans un esprit de conquête foncière autant que de production de surplus agricoles au moindre coût». Dans les systèmes de cultures traditionnels, la gestion agro-écologique de l'espace incluait la pratique de la jachère comme «technique de régulation et de stabilisation des milieux constamment perturbés par l'homme», (ZOUNGRANA, 1993). Cette pratique répondait aussi à une stratégie foncière à laquelle il faudrait bien y associer une «gestion sociale» comme le souligne JEAN (1993). En Occident, la notion de jachère -«ensemble de labours de printemps et d'été jugés nécessaires à la préparation du champs pour des semailles» (SIGAUT, 1993)- a changé au cours de l'histoire, prenant aujourd'hui l'acception qui lui est couramment donnée.

I.2. La jachère: définition et terminologie «paysannes» du concept

La communauté rurale de Sobaka a introduit depuis longtemps, dans sa pratique culturelle, le système culture-jachère. Dans ce terroir, la jachère a toujours été incluse dans l'organisation et la structuration de l'espace. Ainsi est née une terminologie afférente à la jachère et à ses variantes. Le mot «pouwèga» en langue mooré signifie étymologiquement «champ inutilisable». Il s'en dégage une notion d'utilisation, voire même d'utilité potentielle. En milieu rural, l'utilisation d'un terrain est dictée par sa productivité, donc par ses potentialités agricoles. On peut penser que ce terme sous-entend une notion de perte de fertilité et donc d'abandon. En effet, les paysans tout en regroupant sous ce vocable tout terrain ne portant plus de récoltes après en avoir produit pendant une ou plusieurs années, lui préfèrent le terme «poutkuitgo» qui se rapporte à une vieille parcelle qui porte encore ou non des cultures.

I.3. - De la question du système culture-jachère au BURKINA FASO

Les systèmes fonciers africains sont «une des conditions de la reproduction des sociétés agraires, permettant à la fois l'accès à la terre pour l'individu et son contrôle par le groupe» SERPANTIE, (1993). En garantissant «le droit sur les jachères et le devoir de solidarité foncière⁴» (JEAN, 1975), les systèmes fonciers africains ont favorisé *ipso facto* une reproduction dans le temps, une répétabilité des pratiques agraires. L'évolution actuelle du droit foncier, dans la plupart des Etats africains et particulièrement au BURKINA FASO, modifie les rapports entre le paysan et la terre, crée la propriété privée et annule de fait ce droit sur la jachère et ce devoir de solidarité foncière. Ce nouveau droit nie le caractère sacré de la terre, modifie le mode d'acquisition du patrimoine foncier et fait de la terre un objet de spéculation (rente foncière). Au BURKINA FASO la gestion de l'espace rural annoncée par la réorganisation agraire et foncière (la RAF) a créé un vide juridique et organisationnel aggravé par le transfert de l'autorité et du pouvoir aux CDR⁵ les premières années de la révolution. L'Etat, officiellement propriétaire des terres depuis 1984, ne peut en assurer une gestion satisfaisante dans une société profondément traditionnelle. On a cependant réussi à créer la méfiance chez certaines communautés, à briser un système qui permettait la reproduction d'une pratique agraire: l'alternance culture-jachère.

Le développement de nouveaux systèmes de cultures (culture de rentes: coton et arachide), impliquant une gestion différente de l'espace agricole, a contribué quelquefois à modifier le système. A cela s'ajoutent la pression démographique, la tendance à la sédentarisation et les contraintes climatiques(tendance générale à la baisse de la pluviosité)

⁴Le droit sur les jachères réserve au premier défricheur d'une brousse la possibilité d'un retour sur ses terres après une période de jachère. Il est possesseur du sol, du sous-sol donc des arbres et peut concéder à autrui des droits de culture. La solidarité foncière est l'obligation qui est faite aux possesseurs de terre d'accepter de céder à une famille migrante une portion de terre pour développer une exploitation selon ses besoins.

⁵Comités de Défense de Révolution: milices populaires chargées sous la révolution (1983-1987) de gérer le pouvoir et d'administrer certaines affaires notamment celles relatives au foncier.

qui, de nos jours, contraignent les agriculteurs à diminuer les surfaces en jachère et la durée de celles-ci.

C'est dans ce contexte apparemment défavorable au maintien à long terme du système, que l'Etat recherche depuis quelques années des solutions qui passent par une résolution globale ou sectorielle des crises (crise écologique, crise des politiques foncières et de démographie, crises technologiques) et associe une recherche qui se veut aujourd'hui très écologique sur les jachères. Le sujet est en effet d'importance, car sous l'intitulé «étude, amélioration et gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest», un programme régional est né se donnant pour ambition «d'insérer le cycle culture-jachère ou les modes de substitution à la jachère lorsqu'elle a disparu, dans une stratégie de développement durable» (FLORET et PONTANIER, 1993). Le BURKINA FASO a adopté ce programme. Notre travail, qui analyse la jachère sous l'angle écologique, est donc une contribution à cette réflexion.

Mais, comme le souligne SERPANTIE, (1993), si la jachère devait disparaître, «les finalités sociales de l'agriculture (subsistance, rémunération du travail et du capital) et ses contraintes économiques (prix des intrants et du capital) devront elles-mêmes évoluer». Le remplacement de la jachère devrait d'abord «passer par une connaissance des fonctions et des significations de la jachère... Elle nécessite ensuite une réflexion sur des règles et des techniques alternatives de gestion agro-socio-écologique des espaces ruraux, mais aussi une analyse d'ensemble des fonctions sociales de l'agriculture et de son environnement économique et politique» (FLORET *et al.*, 1993).

On doit surtout et légitimement se questionner sur les chances d'emporter l'adhésion enthousiaste des agriculteurs dans une proposition qui paraît plutôt comme une invitation à gérer un risque dans une pratique dont ils n'auront pas eu l'initiative.

La jachère reste même sous des pratiques très diverses, un moyen de gestion de la «fertilité» des sols.

I.4. la fertilité des sols: concept, gestion et traduction *

I.4.1. Essai de définition

Le mot «fertilité», d'usage courant, véhicule en fait un concept qui se prête difficilement à une définition précise. L'école agronomique française (SEBILLOTTE *et al.*, 1991) tentera d'être plus précise, s'écartant ainsi des synonymies vagues (richesse chimique, fécondité de la terre...) communément admises. Elle appliquera cette notion de fertilité «au niveau le plus général, c'est-à-dire celui du milieu rural considéré comme un système dont les productions résultent des interactions entre ses trois constituants fondamentaux: le milieu humain, le milieu naturel (climat, sol, plantes, animaux) et le milieu technique ou mode de gestion des espaces ruraux» (PIERI, 1990). L'idée de fertilité appartiendrait plus au domaine des représentations sociales qu'à celui des concepts scientifiques (SEBILLOTTE, 1991). Aussi, BOIFFIN et SEBILLOTTE (1982), contesteront l'intérêt même du terme fertilité, - «notion floue et peu opérante»- et lui préféreront celle d'aptitude culturelle d'un milieu et non plus seulement d'un terrain (REBOUL, 1989). Eu égard à cette difficulté de trouver un critère synthétique d'appréciation de la fertilité, REBOUL (1989) propose alors de nommer «fertilité agronomique», l'ensemble des fonctions de production relatif à un sol dans un milieu agronomique donné. Il en découlerait d'une part que la fertilité agronomique d'un sol exprime «sa capacité de réponse productive aux interventions culturelles dans un milieu agronomique

* Ce chapitre regroupe des éléments acceptés pour publication par le numéro spécial de la revue «Espaces Société, Temps» sous le titre: «Savoir paysan et lecture des indices de fertilité du sol en zone soudanienne». A paraître dans un numéro spécial aux éditions Karthala.

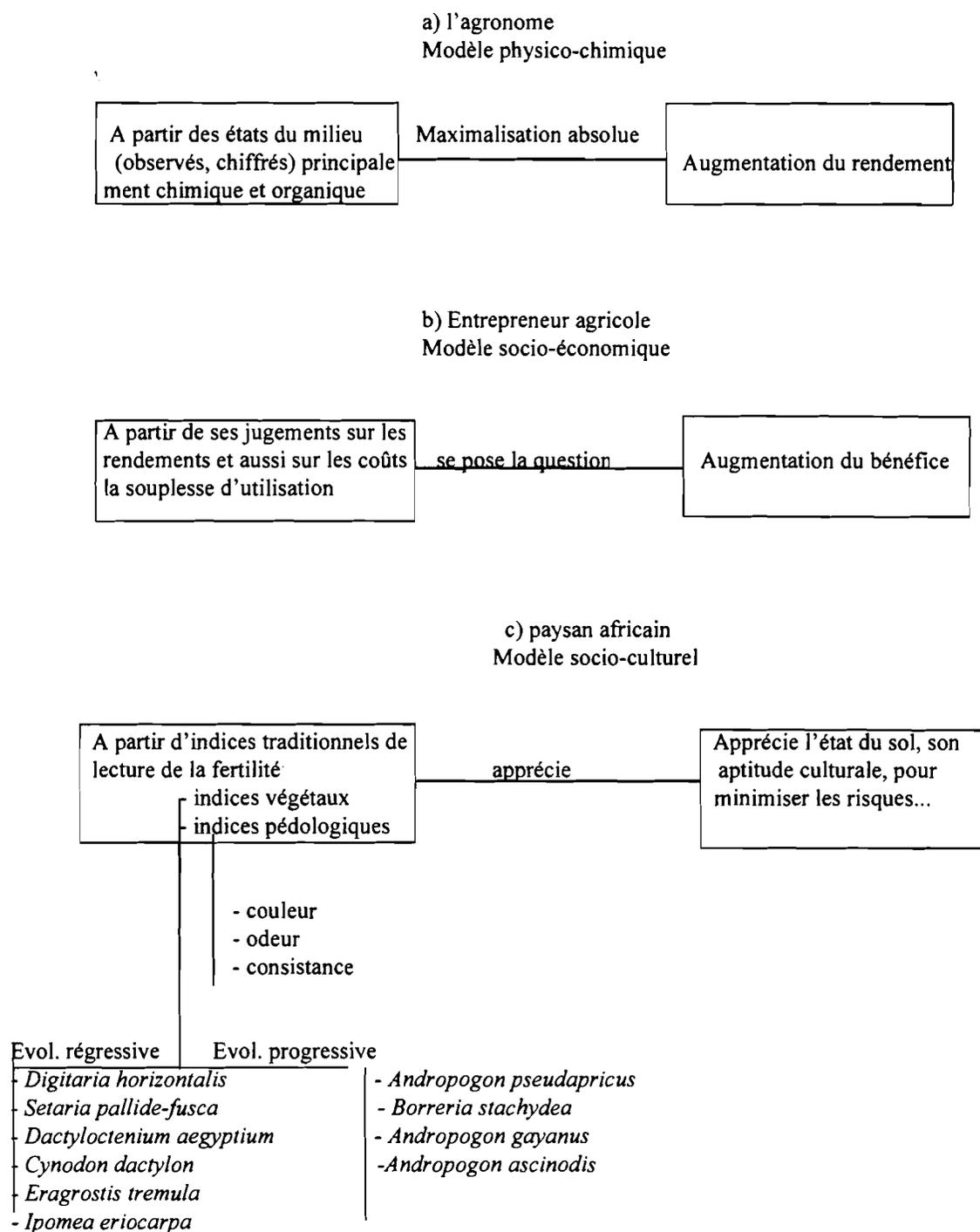


Figure 1: Démarches pour l'analyse de la fertilité (d'où les choix)

(adaptation de SOME et ALEXANDRE, 1996, d'après SEBILLOTTE, 1989)

donné» et, d'autre part, que celle-ci serait différente d'une fertilité naturelle, fonction des propriétés intrinsèques du sol, et d'une fertilité économique, qui fournirait plutôt une base d'appréciation globale de la valeur des terres. En milieu paysan africain, seules les fertilité agronomique et naturelle ont un sens (figure 1)

I.4.2. le concept africain: «savoir paysan et lecture des indices de fertilité du sol»

Pour le paysan de la zone soudanienne, la fertilité d'une terre n'apparaît pas comme un vague concept, mais comme une réalité physique traduite par la présence d'une espèce végétale, par l'aspect du sol ou par sa production. La perception de la fertilité des sols par les cultivateurs africains «s'appréhende à travers les rapports qu'ils ont avec cette terre qui apparaît comme une mère nourricière, un don du ciel, sinon comme une divinité» (RIZT, 1991). La terre a une valeur sacrée; c'est pourquoi, le paysan sollicite sa générosité par des rituels, la maintient et l'entretient par son travail.

Dans l'échelle sociale des valeurs paysannes, comme le note par ailleurs RIZT (1989), la fertilité n'apparaît pas comme une valeur significative. Ceci expliquerait peut-être la difficulté de donner une traduction littérale du mot «fertilité» dans la plupart des langues africaines. En effet, la connaissance et la reconnaissance paysannes des qualités d'un sol se traduisent par les notions de «bonne» ou «mauvaise» terre ou celle de terre «possédant de la pourriture» (la pourriture étant la matière organique en cours d'humification).

La lecture que le paysan fait de la fertilité se fonde sur une connaissance longuement acquise de la valeur indicatrice de la végétation. Cette valeur indicatrice repose sur des principes reconnus également en écologie. En effet, «la composition floristique de la végétation spontanée est le résultat d'une combinaison précise de facteurs écologiques; ceux-

ci fournissent par rapport à la présence d'une espèce en un lieu donné une valeur informative qui peut ne pas être d'une précision constante pour toutes les espèces» (BALENT et FILY, 1991).

Des espèces, essentiellement herbacées, sont utilisées par le paysan pour définir un itinéraire technique à appliquer aux parcelles en culture. En effet, l'abandon et la remise en culture d'une parcelle dépendraient de la germination de certaines plantes qui, pour le paysan, marquent des seuils dans l'évolution progressive ou régressive des terres. L'alternance culture-jachère n'est donc pas systématisée par le respect d'une durée fixe de culture ou d'abandon ; elle est plutôt dictée par la vitesse d'apparition de ces espèces.

Un certain nombre d'espèces sont considérées par les paysans comme indicatrices d'une baisse de la fertilité, qu'il est temps de mettre en jachère. Il s'agit principalement de *Eragrostis tremula*, et dans une moindre mesure de *Digitaria horizontalis*, *Setaria pallide-fusca*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Cynodon dactylon* et dans les zones les plus humides *Ipomea eriocarpa* (planche 1). Ces espèces, adventices de cultures, ont une chronologie d'apparition sur les parcelles. L'observation paysanne apprécie l'aptitude culturale en fonction d'une chronologie de mise en place de population ou peuplement constitués de ces espèces. On aurait ainsi:

- 0-3 ans: *Digitaria horizontalis*, *Setaria pallide-fusca* ou «basoure»

- 3-5 ans: *Dactyloctenium aegyptium* ou «guanaguan», *Cynodon dactylon* ou «titimtèga»

- plus de six: *Eragrostis tremula* ou «saaga». Elle serait l'herbe indicatrice par excellence de la baisse de la fertilité d'un sol.

Le suivi de ces espèces, qui du reste ne sont les seules adventices de cultures, permet par ailleurs au paysan d'estimer les périodes de culture pendant lesquelles il restera encore sur



1



5



2



6



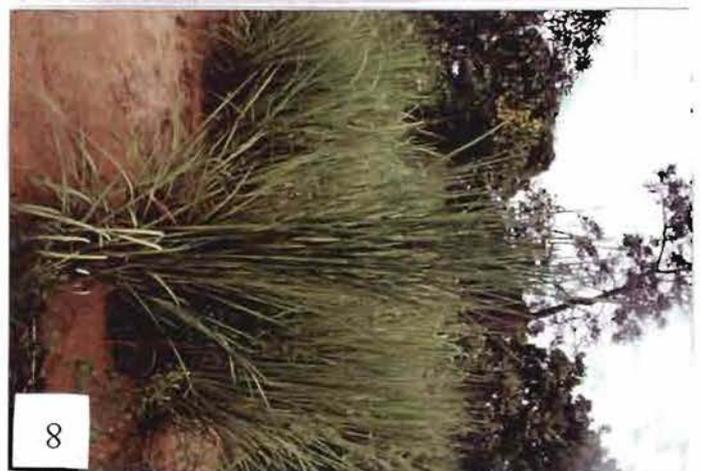
3



7



4



8

Planche 1: Espèces indicatrices d'une évolution progressive ou régressive des sols
 Evolution régressive des sols: 1- *Digitaria horizontalis*; 2- *Setaria pallide-fusca*; 3- *Dactyloctenium aegyptium*; 4- *Eragrostis tenuis*
 Evolution progressive des sols: 5- *Acanthospermum hispidum*; 6- *Brachiaria lata*; 7- *Andropogon sp.*; 8- *Andropogon ascinioides*

la même parcelle. Ainsi, il commencera souvent de nouveaux défrichement après la mise en place de *Eragrostis tremula*.

Restant dans une certaine «vision paysanne» des observations sus-décrites, nous ne faisons donc pas une analyse des phénomènes de compétition et de nuisibilité biologique⁶ qui existent certainement.

Certaines espèces sont liées à une forte fumure organique (fèces et pissats animaux, ordures ménagères en décomposition) telles *Acanthospermum hispidum* et *Brachiaria lata*.

A l'inverse, trois stades de reconstitution sont reconnus par les paysans. Le premier est marqué par l'apparition de *Andropogon pseudapricus* et *Borreria stachydea* (vers 0 à 3 ans), le second, qui marque une possibilité de remise en culture, est caractérisé par la présence de *Andropogon gayanus* (6 ans). Enfin le retour à une fertilité complète est assimilé avec la présence de *Andropogon ascinodis* (plus de 20 ans).

La mise en place de *Andropogon gayanus* peut inciter le cultivateur à remettre en culture sa terre s'il le désire. Mais cette étape ne signifie par une reconstitution complète des facteurs de fertilité du sol. A une époque récente où la grande disponibilité des terres a favorisé une agriculture consommatrice d'espace avec des jachères de longue durée, il lui était loisible d'attendre l'occupation de l'espace par *A. ascinodis* vers vingt à vingt-cinq, sinon trente ans. Cette période voit l'apparition, au niveau de la parcelle, de plantules d'espèces ligneuses et une transformation progressive de la couleur des horizons de surface qui deviennent plus ou moins noirâtres. Le paysan remettra sa terre en culture quand celle-ci possédera de la «pourriture». Il dira alors «tjè pita» ce qui signifie étymologiquement «enlever les andropogonées». Cette expression, liée à un niveau de fertilité marquée par la

⁶ Le seuil de nuisibilité biologique correspond à la densité de mauvaises herbes à partir de laquelle une perte de rendement est statistiquement décelable (CAUSSANEL, 1989 in LE BOURGEOIS, 1993)

présence de *Andropogon gayanus* ou de *Andropogon ascinodis* est donc différente de deux autres termes utilisés également: «pèsongo» pour défricher et «viou» pour dessoucher.

A ces espèces, le paysan ajoute *Pennisetum pedicelatum* et *Vetiveria nigriflora* dont la présence sur un site révélerait une bonne qualité des caractères pédologiques.

1.5 Discussion

Les observations partent d'un cortège floristique initial, c'est-à-dire la végétation au moment du défrichement, caractérisé par des espèces herbacées en équilibre avec les feux et/ou avec les autres éléments végétaux (ligneux et sous-ligneux)..

L'ouverture du champ et les pratiques culturales qui y sont appliquées favorisent certes la mise en place et la sélection des espèces. La germination et l'installation de ces espèces, d'abord dictées par des facteurs naturels d'ordre écologique, restent souvent «soumises aux effets combinés des différents éléments du système de culture que sont l'âge de la parcelle, la rotation et les différentes étapes des itinéraires techniques employés» (LE BOURGEOIS, 1993).

La succession des espèces est observée sur des parcelles de champs de brousse qui ne reçoivent aucune fumure. Cependant, l'histoire culturale induit des différences de stocks organiques et minéraux. En effet, entre un champ de village qui reçoit régulièrement un épandage de fèces d'animaux et les champs de brousse dont les stocks organique et minéral suivent un cycle interne sans apport extérieur (autre que les poussières atmosphériques), il existe certainement différents niveaux de fertilité au moment de l'abandon. Cela se traduit, au niveau des champs situés à proximité des villages, par l'apparition d'espèces très fortement liées à la présence de matières organiques: *Acanthospermum hispidum* et *Brachiaria lata* (SOME et ALEXANDRE, 1996).

L'utilisation des indices traditionnels d'appréciation de la fertilité permet de s'affranchir, dans le choix des parcelles, des contraintes de variabilité microstationnelle, de caractériser objectivement les parcelles et de caler mesures et expérimentations. Une telle approche revient donc à tester l'appréciation traditionnelle par des mesures scientifiques.

1.6. Dynamique végétale post-culturelle: théories et modèles

En dehors d'écrits épars sur la succession végétale faisant souvent état des variations floristiques, les modèles applicables à la dynamique post-culturelle ont été élaborés au sein de concepts plus larges tels que les théories sur la succession végétale secondaire. La diversité des modèles et les débats autour de la notion de succession⁷ montrent certainement l'importance que celle-ci revêt en écologie» LEPART et ESCARRE (1983). Les successions sont expliquées à travers l'analyse d'un certain nombre de mécanismes, aussi variés que les modèles élaborés pour décrire leur déroulement. La dynamique post-culturelle est prise en compte par des mécanismes notamment relatifs à:

- «la réaction des espèces sur le milieu et la compétition», mécanismes qu'explique le modèle de CLEMENTS (1916, 1936). La présence des espèces sur une station induit des modifications du milieu qui sont interprétées de manière antinomique: amélioration du milieu (CROKER et MAJOR, 1955, *in* LEPART et ESCARRE, 1983) ou diminution des ressources (le remplacement des espèces sur le site se fait en fonction de leur adaptation à un niveau de ressources de plus en plus faible). La prise en compte de ces mécanismes permettra surtout d'aborder l'interaction entre l'évolution du sol (évolution de la matière organique et de niveau

⁷ La succession selon LEPART et ESCARRE (1983), «désigne le processus de colonisation d'un biotope par les êtres vivants et les changements dans le temps de la composition floristique et faunistique d'une station après qu'une perturbation ait détruit partiellement ou totalement l'écosystème préexistant; les modifications liées à la dynamique interne de l'écosystème et celles corrélatives du milieu sont prises en compte»

Parinari curatellifolia et les espèces herbacées, *Andropogon ascinodis*, *A. gayanus*, *A. pseudapricus*, *Elionurus elegans*, *Eragrostis tremula*, *Loudetia togoensis*. La présence de *Butyrospermum paradoxum*, souvent associé au *Parkia biglobosa* dans les champs, indiquerait une occupation humaine plus ou moins ancienne. Le couvert arbustif atteint 5 m en moyenne, les arbres 8 à 10 m. La végétation d'ensemble des galeries, qui est caducifoliée, se présente comme des forêts claires installées sur les hautes levées de terres des zones d'inondation. Nous présentons dans le chapitre IV une cartographie des faciès de végétation du terroir de Sobaka.

II. 5. Population: son histoire et ses activités socio-économiques

La population installée sur le site de Sobaka, est arrivée dans la forêt depuis le début des années 1900. Elle appartient à l'ethnie *Mossi*, ethnie majoritaire du pays. Initialement la zone aurait été occupée par l'ethnie *Gourounsi*, qui a dû, face aux flux migratoires des *Mossi*, se déplacer au sud. Les *Gourounsi* restent cependant les responsables coutumiers des terres et sont conviés à exécuter certains rituels lors d'événements importants (sacrifices annuels, funérailles...). La population de Sobaka descend du même patriarche et porte donc de ce fait le même nom de *ZOUNDI*. Il s'y pratique une exogamie qui peut conduire à une fusion de coutumes, à une évolution des pratiques.

L'agriculture de subsistance, essentiellement à base de céréales (sorgho, mil) reste la principale activité de la population. Quelques cultures comme l'arachide, le pois de terre, le niébé, le maïs, le gombo sont pratiquées. C'est une agriculture traditionnelle, faite avec des outils aratoires rudimentaires (daba, coupe-coupe, feu...), sans intrants agricoles. La seule

de minéralisation) et la dynamique de la végétation. Ces mécanismes ont été appliqués à l'étude des stades post-cultureux (RICE et PANCHOLY, 1972; HAINES, 1987);

- la compétition et aux facteurs de blocages. Des phénomènes d'allopathie observés dans les premiers stades des successions post-culturelles bloqueraient l'installation de nouvelles espèces (RICE, 1979).

- la dissémination des diaspores par les animaux en relation avec le mode de succession post-culturelle (HARPER *et al.*, 1970).

Le modèle basé sur les caractéristiques biologiques développé par NOBLE et SLATYER (1977, 1978, 1980) nous semble mieux adapté à l'étude de la succession post-culturelle, parce que accordant une importance aux cycles biologiques des espèces, à la détermination du temps mis à atteindre des stades de vie considérés comme importants et à la longévité de ces stades.

L'évolution de la végétation post-culturelle aura surtout servi à construire le «modèle de succession autogénique⁸» défini par CLEMENTS (1916, 1928, 1936) et dont les mécanismes seront remis en cause par EGLER (1947, 1954) qui propose un modèle dit de «composition floristique initiale⁹».

La succession post-culturelle donne des possibilités de tester une conception, de définir les mécanismes de la succession ou de valider un modèle.

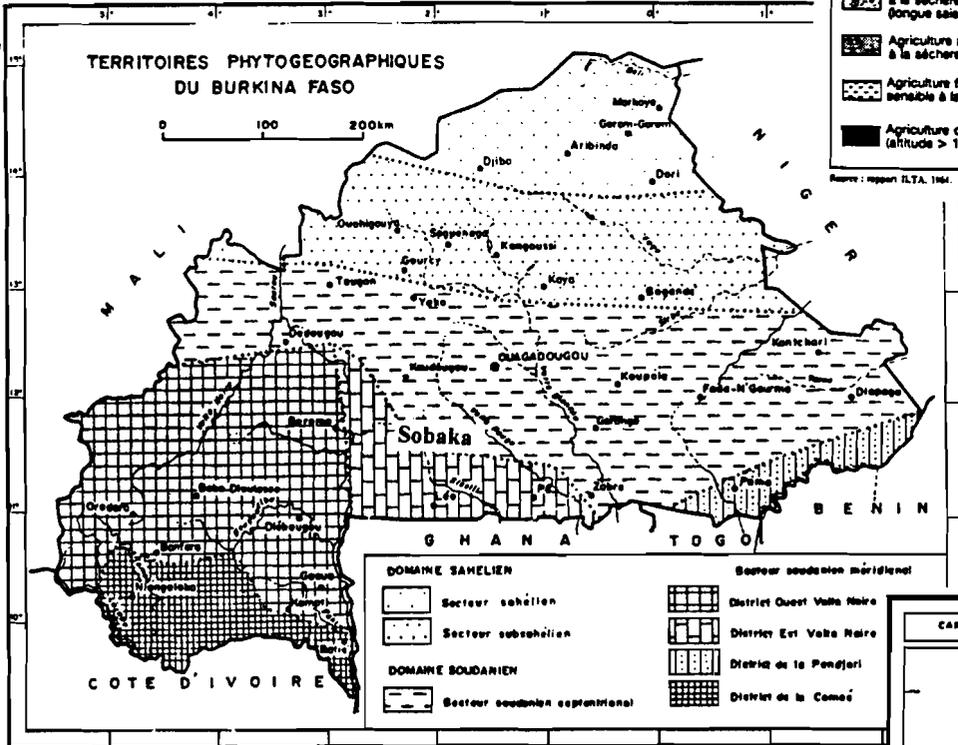
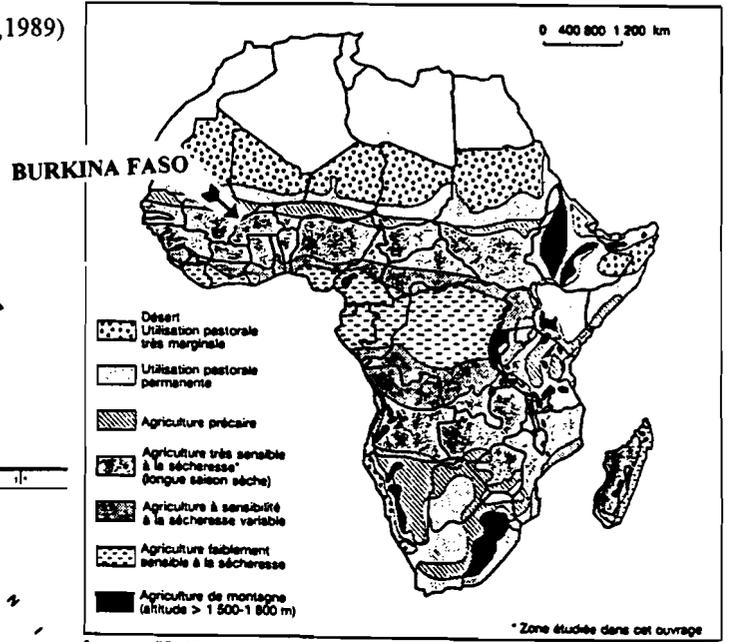
⁸ Dans ce modèle, les espèces pionnières créent des conditions favorables à l'installation de nouvelles espèces qui les remplaceront graduellement et les élimineront.

⁹ Pour le modèle de composition floristique initiale, le sol reçoit beaucoup de diaspores qui sont disséminées à la suite des cultures et du pâturage. Le développement de la végétation post-culturelle se ferait surtout à partir de cette banque de graines et le simulacre de succession ne serait en fait dû qu'aux vitesses de croissance différentes des végétaux.

CHAPITRE II**LA ZONE D'ETUDE**

Zones agroclimatiques de l'Afrique
(source: rapport ILTA 1984 in PIERI, 1989)

Les grandes zones agroclimatiques
de l'Afrique



Zones phytogéographiques du BURKINA FASO
(Source: GUINKO, 1984)

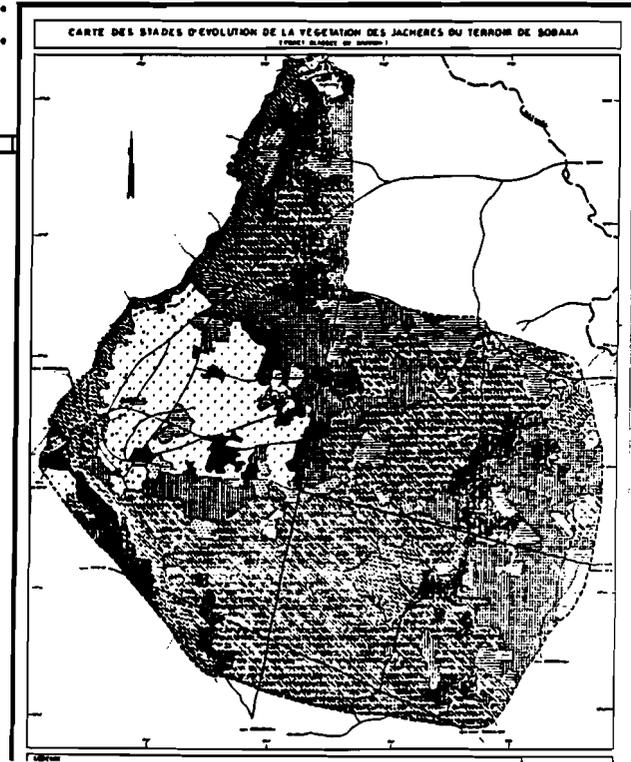


Figure 1: Localisation géographique du terroir de Sobaka

II.1. Le cadre géographique et phytogéographique

A partir des données du climat, de la flore et de la végétation, le territoire du **BURKINA FASO**, entièrement inclus dans la région phytogéographique soudano-zambeziennne a été subdivisé par GUINKO (1984) en deux domaines phytogéographiques: sahélien et soudanien.

Notre étude est conduite au sein d'une savane boisée dite «forêt du Nazinon», située dans le domaine soudanien, au nord du secteur phytogéographique soudanien méridional, à l'intérieur du «district Est Mouhoun» (GUINKO, 1984) (Figure 2: carte phytogéographique du Burkina Faso). Cette zone forestière, à 70 km au sud de Ouagadougou, sur la route nationale n° 6 (Ouagadougou-Léo) a été classée par l'administration coloniale. Le terroir¹ sur lequel nous avons porté nos observations, désigné dans le présent texte « terroir de Sobaka », s'étend sur 3687,2 ha entre les latitudes 11°43 et 11°48 Nord et les longitudes 1°38 et 1°43 Ouest. Le statut dont a bénéficié cette formation forestière devait la protéger des actions anthropiques négatives. Classée le 23 janvier 1952 par un texte colonial, cette forêt, selon les dires des habitants de Sobaka, était constituée de formations végétales très denses et très variées. Elle aurait renfermé jusqu'à une époque récente de nombreux animaux sauvages. C'est la raison principale qui en a fait un refuge pour la population de Sobaka dont le patriarche a fui les travaux forcés des années 1900 et pour le roi des Mossi WOBGO qui s'y était également réfugié².

¹Terroir défini comme «portion de territoire appropriée, aménagée et utilisée par le groupe qui y réside et tire ses moyens d'existence» SAUTTER, 1985

²L'histoire rapporte que le Mooro Naaba fuyant son frère qui s'était emparé du trône, s'est réfugié à Bassawarga. Aujourd'hui une avenue de la ville de Ougadougou porte ce nom, certainement en hommage à ce village qui a sauvé le roi des Mossi.

La sécheresse des années 70, l'excédent démographique du nord du pays, ont favorisé un courant migratoire vers le sud du pays, et la forêt classée du Nazinon a connu -depuis lors et ce jusqu'en 1986- un très fort déboisement et d'intenses activités agricoles et pastorales. Ces actions ont fortement endommagé la structure et le fonctionnement de ces écosystèmes.

La mise en oeuvre du Programme National d'Aménagement des Forêts Naturelles (PNAFN), en 1986, a conduit au départ des populations illégalement installées et à la récupération de la zone en vue d'un aménagement forestier. Les écosystèmes nés de cette histoire récente et particulière présentent de ce fait -aujourd'hui et au niveau spatial- l'aspect d'une mosaïque où sont juxtaposés des formations arborées plus ou moins denses, des groupements végétaux post-culturels dominés par des strates arbustives et herbacées et des champs en culture (appartenant à l'enclave constituée par le village de Sobaka).

II.2. Le milieu naturel

II.2.1. Le climat

De par son appartenance au district «Est Mouhoun», le terroir de Sobaka est situé dans la zone de climat de type sud-soudanien (caractérisée par la présence de *Isobertinia doka*, espèce arborée, dominante des forêts sèches). Le climat de cette zone est considérablement influencé par l'anticyclone du Sahara qui donne naissance à un vent sec et chaud de secteur est, l'harmattan, et par l'anticyclone de Sainte-Hélène, vent maritime tiède et humide, responsable de la «mousson» et le déplacement du Front Intertropical (F.I.T.), (CASENAVE et VALENTIN, 1989). La zone de rencontre de ces deux masses d'air est le lieu des pluies. Le FIT se déplace du nord au sud et du sud au nord selon la saison.

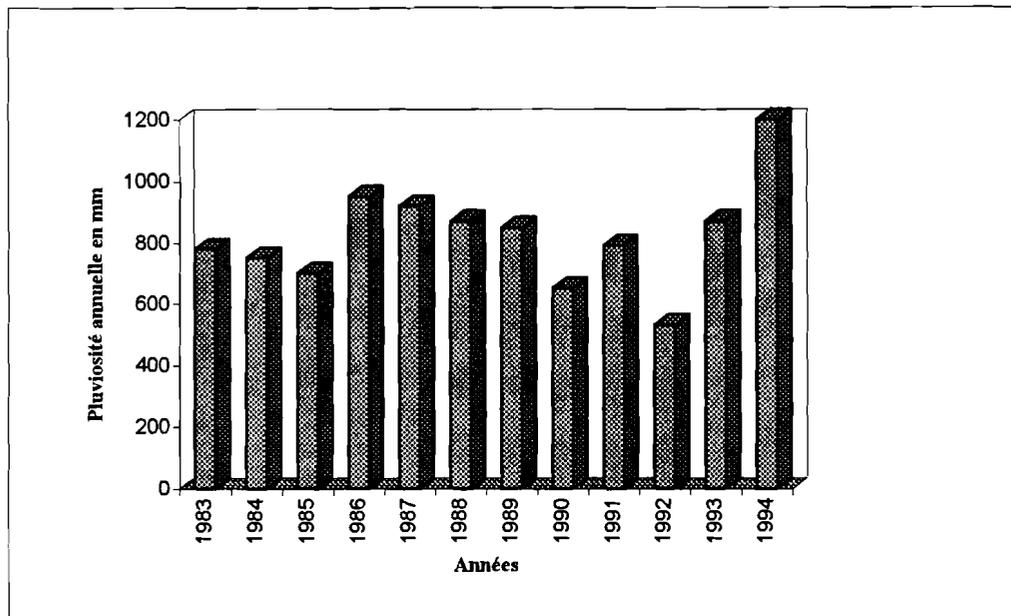


Figure 3: Evolution de la pluviosité: moyennes annuelles de 1983 à 1994 en mm (données de la direction de la météorologie nationale de Ouagadougou)

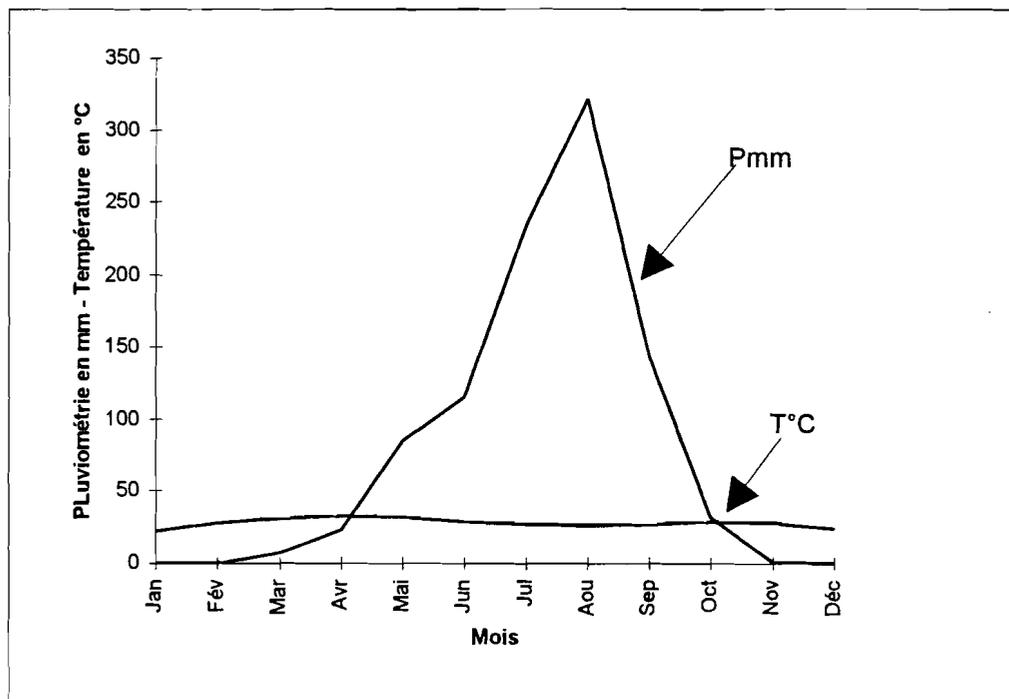


Figure 4: Diagramme ombrothermique moyennes mensuelles de 1994 et 1995 (station météorologique de Sobaka)

II.2.2. La pluviosité

En l'absence de station météorologique sur le site (nous n'avons acquis une station météo automatique qu'en octobre 1993), les données pluviométriques de Sapouy, (village située à 20 km de Sobaka), ont été retenues. Elles nous donnent une idée de la pluviosité moyenne. Au regard de ces données, la saison des pluies dure cinq mois et la saison sèche sept mois. La pluviosité moyenne sur une période de dix ans (1983-1993) est de 772 mm avec un coefficient de variation de 16% (Figure 3). Les données pluviométriques de la station météorologique de Sobaka sur deux ans donnent une moyenne de 962 mm (Figure 4). Il faut noter que l'année 1994 a été une année très pluvieuse (moyenne de 1183 mm).

II.2.3. Les températures

Les moyennes mensuelles, de 1994 et 1995, de la station météo, montrent que le mois le plus chaud est avril avec 33°C pour avril 1994 et 32°C pour avril 1995 et le mois le plus froid, se situe entre décembre et janvier avec des températures qui oscillent entre 18°C et 24°C. Quelques faibles températures sont également enregistrées, la nuit, en août et septembre (Figure 4)

II.2.4. L'humidité relative

Elle est donnée par le rapport exprimé en pourcentage entre la pression effective de la vapeur d'eau et la pression de saturation à la même température. Elle évolue en moyenne entre 19,25% en février 1995 et 93,48% en août 1995. Le taux à saturation de l'air en vapeur d'eau

dépend essentiellement de la température. Ainsi, en août, les températures élevées tendront à faire évaporer l'eau jusqu'à réalisation d'une pression de saturation. Les nuits quand cet air se refroidit fortement, pour un même contenu effectif en vapeur d'eau, la pression de saturation diminue. L'humidité relative augmente, jusqu'à atteindre des valeurs très fortes (99% à 100%) quand est atteinte la température pour laquelle la pression de saturation égale la pression partielle existante. L'eau se condense alors en gouttelettes (la rosée); elle est profitable aux végétaux.

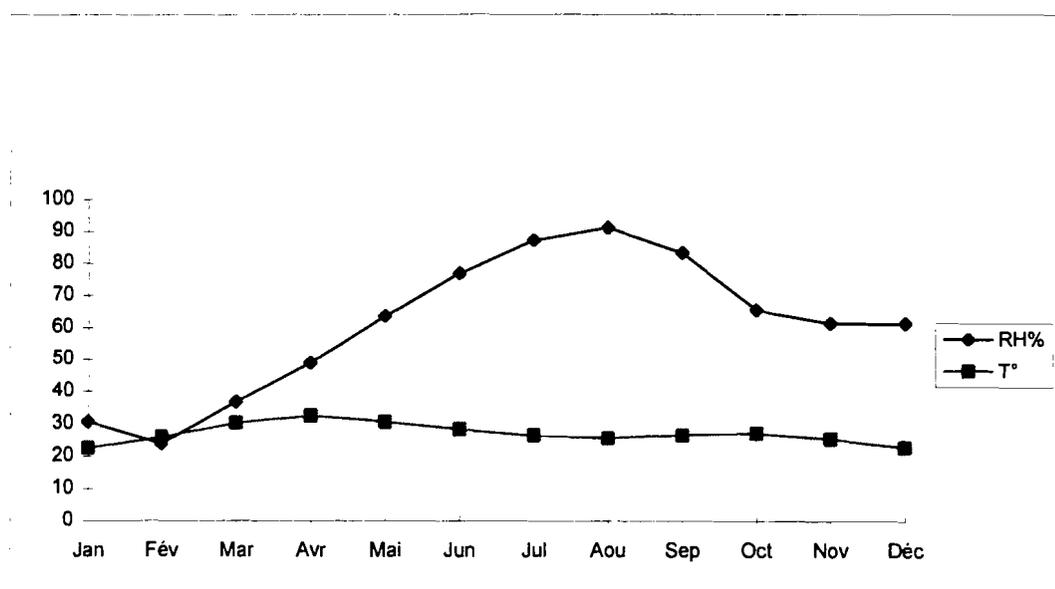


Figure 5: Evolution de l'humidité relative (RH%) et de la température: moyenne mensuelles 1994-1995 (station météorologique de Sobaka)

L'humidité relative de l'air augmente avant même le retour des pluies (avril-mai) figure 5. Ceci se traduit au niveau de la végétation par un démarrage du cycle végétatif (débourrement des bourgeons chez les ligneux et repousses de nouvelles tiges chez les espèces herbacées pérennes.

II.3. Géologie et sols

Du rapport technique n°88 de mai 1993 établi par le Bureau National des Sols du BURKINA FASO (BUNASOL), il ressort que des travaux géologiques antérieurs effectués dans la région ont mis en évidence un substratum géologique, constitué principalement de migmatites et de granites indifférenciés relevant des formations cristallines du Précambrien D à l'Antécambrien. L'étude pédologique que nous avons réalisée en équipe et sous la direction de Monsieur ZOMBRE, pédologue à l'Université de Ouagadougou (ZOMBRE *et al.* 1995), fait ressortir quatre classes de sol et quatorze unités de sols selon la classification française C.P.C.S.(1967). Les sols qui y sont représentés sont essentiellement des sols à sesquioxyde de fer et de manganèse (87%) avec des profondeurs variables de la cuirasse ou de la carapace. Les zones ripicoles présentent des sols peu évolués d'apport alluvial à hydromorphie de surface ou des sols hydromorphes à pseudogley d'ensemble (3%). Quelques sols minéraux bruts (5%) et sols peu évolués (5%) complètent ce schéma d'organisation du manteau pédologique. Ces sols sont constitués d'un horizon superficiel peu épais, sablo-argileux, devenant progressivement argileux avec la profondeur, et présentant souvent des concrétions rougeâtres. Une description plus détaillée des paysages et des caractéristiques morphopédologiques est faite dans le chapitre IV.

II.4. Végétation naturelle et occupation du sol

Dans le domaine soudanien, la végétation varie de la forêt claire à la savane avec, pour celle-ci, les sous-types arbustif, arboré et boisé. Le secteur sud-soudanien présente le plus souvent une savane arbustive qui devient arborée sous des climats nettement moins contraignants (FONTES et GUINKO, 1995). Parmi les espèces ligneuses dominantes, ces auteurs notent *Detarium microcarpum*, *Combretum glutinosum*, *Gardenia erubescens* et

Parinari curatellifolia et les espèces herbacées, *Andropogon ascinodis*, *A. gayanus*, *A. pseudapricus*, *Elionurus elegans*, *Eragrostis tremula*, *Loudetia togoensis*. La présence de *Butyrospermum paradoxum*, souvent associé au *Parkia biglobosa* dans les champs, indiquerait une occupation humaine plus ou moins ancienne. Le couvert arbustif atteint 5 m en moyenne, les arbres 8 à 10 m. La végétation d'ensemble des galeries, qui est caducifoliée, se présente comme des forêts claires installées sur les hautes levées de terres des zones d'inondation. Nous présentons dans le chapitre IV une cartographie des faciès de végétation du terroir de Sobaka.

II. 5. Population: son histoire et ses activités socio-économiques

La population installée sur le site de Sobaka, est arrivée dans la forêt depuis le début des années 1900. Elle appartient à l'ethnie *Mossi*, ethnie majoritaire du pays. Initialement la zone aurait été occupée par l'ethnie *Gourounsi*, qui a dû, face aux flux migratoires des *Mossi*, se déplacer au sud. Les *Gourounsi* restent cependant les responsables coutumiers des terres et sont conviés à exécuter certains rituels lors d'événements importants (sacrifices annuels, funérailles....). La population de Sobaka descend du même patriarche et porte donc de ce fait le même nom de *ZOUNDI*. Il s'y pratique une exogamie qui peut conduire à une fusion de coutumes, à une évolution des pratiques.

L'agriculture de subsistance, essentiellement à base de céréales (sorgho, mil) reste la principale activité de la population. Quelques cultures comme l'arachide, le pois de terre, le niébé, le maïs, le gombo sont pratiquées. C'est une agriculture traditionnelle, faite avec des outils aratoires rudimentaires (daba, coupe-coupe, feu...), sans intrants agricoles. La seule

forme de fumure, réservée du reste aux champs de case et de village, est constituée de déjections animales. L'élevage de petit bétail (ovins, caprins) et de volaille est pratiqué par chaque famille. Mais le terroir est fréquemment parcouru par des bovins appartenant surtout à l'ethnie peulh.

L'exécution du projet d'aménagement PUNI/FA/85/011 depuis 1986, a permis à la population de Sobaka, par sa participation aux activités de coupes de bois et d'apiculture de bénéficier d'une source importante de revenus. Ces activités ont accéléré la monétarisation des échanges à l'intérieur du village et avec l'extérieur.

CHAPITRE III

MATERIELS ET METHODES

*On doit aborder les sciences de la vie
pénétré de l'idée que la variabilité est, non
l'exception, mais la règle (SCHWARTZ et al. 1985).*

*Toute stratégie de recherche qui
consisterait à gommer cette variabilité ou
à la rejeter supprime ce qui est au départ l'objet de cette recherche: la
variabilité!*

*De fait, parce que la variabilité est inscrite
dans la trame même des systèmes écologiques et de leur histoire,
elle doit être prise en compte dans l'étude de leur fonctionnement
(BARBAULT R., 1992).*

III.1. Le choix des sites d'étude

Localisant nos sites d'étude sur des substrats identiques (sol à sesquioxyde de fer et manganèse) soumis aux mêmes influences climatiques et avec des conditions générales d'environnement assez homogènes, nous avons sélectionné nos parcelles d'observation sur la base de critères de stratification d'ordre essentiellement anthropique. Ces critères sont fondés sur:

- i) **la structuration et la gestion de l'espace rural.** L'enclave constituée par le village de Sobaka représente un niveau d'organisation spécifique de l'exploitation du milieu qui se traduit par une structuration de l'espace agricole distincte de celle mise en place par les nombreux migrants qui ont été par la suite expulsés (cf. chapitre I). Au début de nos travaux sur la jachère, nous avons observé trois types de champs qui correspondent à des systèmes culturels assez différents et dont les objectifs de production et de gestion de l'espace cultural sont aussi différents (SOME, 1992). Il en résulte des compositions et des structures de végétation différentes. Nous avons été amené à distinguer les champs de brousse, les champs de village et les champs de case, ces derniers étant rarement mis en jachère. A ce titre, le terroir de Sobaka a constitué une unité pertinente pour le choix des parcelles d'observation.

- ii) **la pratique culturelle incluant l'alternance culture-jachère (histoire culturelle).**

La prise en compte de l'histoire culturelle dans l'étude des phénomènes post-culturels est importante. Cette histoire culturelle permet de retracer l'itinéraire technique et le mode de gestion appliqués à la parcelle depuis son défrichement. Nous avons donc considéré l'alternance culture-jachère et les pas de temps utilisés. Ainsi, avons-nous surtout noté que la mise en jachère ou la remise en culture tenaient compte de la germination et de la croissance de certaines plantes qui, pour le paysan, indiquent surtout des stades de plus ou moins grande

fertilité. Ce sont ces plantes qui dictent les pas de temps utilisés par les paysans. Ces observations incluent la technique culturale mise en oeuvre depuis le début de l'exploitation de la parcelle et les espèces végétales qui y étaient cultivées.

- iii) **l'existence ou non de pressions** (feu, pâturage, fauche...). Le programme d'aménagement mis en place par les services forestiers n'empêche cependant pas l'existence sur les parcelles d'un certain nombre de freins à l'évolution positive des écosystèmes. Ces handicaps sont désignés sous le terme de pression dans le présent texte. Nos observations se déroulent dans une zone fréquemment parcourue par les feux de brousse. L'évolution de la végétation et des facteurs de fertilité en période post-culturale est donc influencée par l'action quasi-annuelle des feux. Cette dynamique peut donc être différente selon que la parcelle est entièrement protégée ou non. Dans le souci d'amoinrir les effets néfastes des feux tardifs, plus violents et plus destructeurs, les services forestiers allument des feux précoces dès la fin de la saison des pluies. Le pâturage est toléré et pratiqué sur toute l'étendue du terroir. Le prélèvement de paille des andropogonées pour la confection des toitures de case constitue une exportation importante de biomasse.

- iv) **le stade (âge) des jachères.** Cette information est obtenue auprès des paysans par un questionnaire qui retrace la chronologie d'occupation de l'espace par le paysan. Cette chronologie permet par des recoupements de resituer l'âge de la parcelle. Nous diminuons le risque de nous tromper sur l'âge exact d'une parcelle en la reclassant dans une fourchette d'âge de cinq ans: 0-5; 6-10; 11-15; 16-20

v) **la présence d'espèces indicatrices de seuil d'évolution** telles que *Andropogon spp.*, et quelques espèces sous-ligneuses: *Cochlospermum planchonii*, *C. tinctorium*, *Triumfetta lepidota*, *Lippia chevalieri*. L'évolution des parcelles en jachère est marquée par l'apparition d'espèces qui impriment à la végétation une physionomie particulière. La

succession des espèces nous avait été signalée par les paysans. Nos observations nous ont permis par la suite de préciser ces espèces.

Par dichotomie des critères sélectionnés, plus d'une vingtaine de situations pouvaient être rencontrées. Nous n'avons pu ni retenir ni obtenir toutes ces situations qui apparaissaient théoriquement. Nous avons surtout privilégié les situations les plus représentées, les plus contrastées, tout en essayant de couvrir la plus grande diversité.

Le choix des sites d'étude a résulté donc d'un compromis entre des impératifs que nous imposaient ces situations et certaines réalités du terrain.

		PC1	F (0-5; 6-10;11-20; 21-25;25-30;30-40;+40)
			NF(0-5; 6-10;11-20; 21-25;25-30;30-40;+40)
CB	-----		
		PC2	F (0-5; 6-10;11-20; 21-25;25-30;30-40;+40)
			NF (0-5; 6-10;11-20; 21-25;25-30;30-40;+40)
ZONE	-----		
		PC1	F (0-5; 6-10;11-20; 21-25;25-30;30-40;+40)
			NF (0-5; 6-10;11-20; 21-25;25-30;30-40;+40)
CV	-----		
		PC2	F (0-5; 6-10;11-20; 21-25;25-30;30-40;+40)
			NF (0-5; 6-10;11-20; 21-25;25-30;30-40;+40)

Arborescence simplifiée des critères de stratification

CB = champ de brousse

CV = Champ de village

PC1 = champ abandonnés après moins de 5 ans de cultures continues

PC2 = champ abandonnés près dix ans minimum de cultures continues

F = passage régulier de feu

NF = absence de feu

Les âge des parcelles après abandon cultural sont donnés entre parenthèses

Les sites d'étude ont été localisés dans des anciens champs de brousse, abandonnés après des cultures successives d'au moins dix ans et régulièrement soumis au feu, à un pâturage extensif et au prélèvement de paille ou de bois. Les échelles d'observation et les méthodes d'échantonnage sont décrits dans le chapitre III.4.

III.2. Etude de la végétation et du milieu

Ce chapitre devant procéder à l'identification des séries de phases dans l'implantation de la végétation spontanée et à la description de la composition floristique moyenne des stades de reconstitution, est divisé en deux sous-volets: 1) la végétation ligneuse et le milieu, 2) la végétation herbacée.

III.2.1. Etude de la végétation ligneuse et du milieu

L'observation des jachères de la zone étudiée révèle une stratification nette de la végétation ligneuse surtout au niveau des jeunes jachères (SOME, 1992). Cette stratification, résultant essentiellement d'actions anthropiques et indépendantes des formes biologiques des espèces, participe de façon expressive à l'aspect structural et physiologique propre à la communauté végétale des jachères.

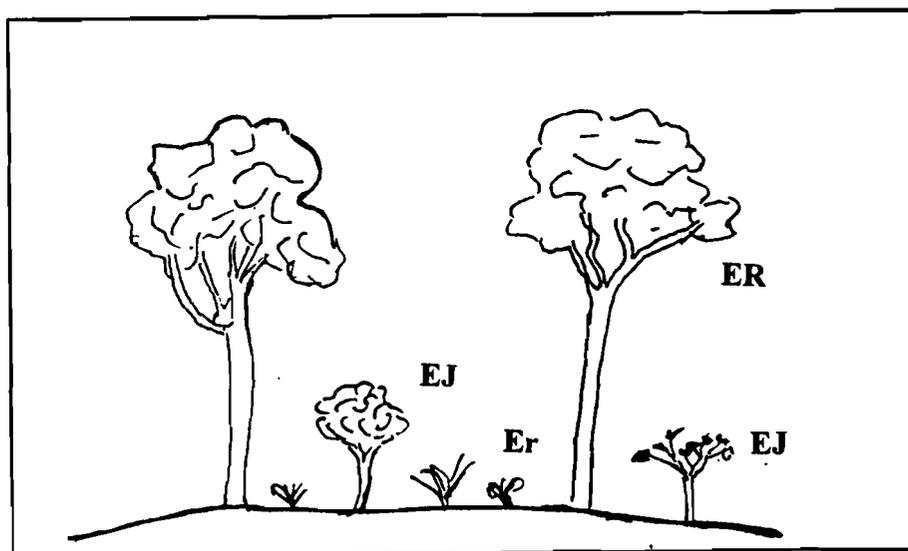
Ainsi, nous avons retenu (SOME, 1992) quatre états de végétation ligneuse que nous avons dénommés: état «rémanent¹» (ER), état «rejet²» (Er), état «jachère³» (EJ), état «semis⁴» (Es).

¹ Etat rémanent: sont recensés dans ce groupe tous les individus (phanérophytes ou chaméphytes) épargnés lors des défrichements. En effet, lors des défrichements le cultivateur détruit la strate herbacée et sélectionne les espèces ligneuses pour leur utilité ou pour une toute autre raison. Au moment de l'abandon cultural, les arbres conservés se sont généralement développés et forment une strate dominante de rémanents. Ils représentent souvent les individus les moins traumatisés.

²Etat rejet: les ligneux coupés qui rejettent sont soumis au feu et restent, le plus souvent, bas et buissonnants. Les individus ont alors une taille inférieure à 1 m et portent des traces de feux ou de coupes successives. Le plant présente plusieurs souches ou tiges aériennes dont le nombre varie d'un individu à un autre (au sein d'une espèce) et d'une espèce à l'autre. Cette strate constitue, avec les herbacées, la strate inférieure.

³Etat jachère: nous regroupons sous ce terme des arbres ou arbustes non rémanents dont la taille est supérieure à 1 m, qui ont subi des coupes lors de la mise en culture de la parcelle. Il s'agit en fait d'individus ultérieurement à l'état rejet qui ont été capables de rejeter à plusieurs reprises; quand leur pousse annuelle et répétitive a été suffisante et qu'ils se sont trouvés à l'abri de la destruction, ils ont formé cette strate intermédiaire, entre rejets et rémanents.

⁴Etat semis: il s'agit d'une plantule (individu ayant initié sa structure définitive) issue de la germination d'une graine et n'ayant pas subi de coupe



Ces quatre états sont clairement stratifiés. Cette stratification, résultant essentiellement d'actions anthropiques et étant indépendante de la forme biologique des espèces, participe à l'aspect structural et physiognomique propre à la communauté végétale de la jachère.

Les relevés phytoécologiques

Les relevés phytoécologiques effectués prennent en compte:

- **les caractéristiques du milieu physique:** ces données font ressortir les caractères topographiques (pente) et ceux liés à la surface du sol (texture de l'horizon de surface et état de l'érosion notamment) ainsi que les conditions hydriques (stagnation, submersion etc...).
- **la composition floristique:** nous notons les taxons rencontrés sur l'aire du relevé et évaluons leur abondance numérique, et ce en fonction du stade dans lequel se trouve l'individu recensé (cf. note 1 à 4);
- **la structure verticale de la végétation:** cette structure dérive des stades que nous avons définis dans les chapitres précédents (cf. notes 1 à 4) et des mesures de hauteur effectuées;

- **le recouvrement**: nous exprimons le rapport entre la surface recouverte par les individus d'une espèce donnée (projection horizontale de leur couronne végétative vivante) et la surface totale du relevé en la déduisant des mesures effectuées de deux diamètres perpendiculaires de leur couronne. Les mesures donnent un ellipsoïde ajusté dont la surface est le produit de la moyenne des diamètres mesurés par π .

Sur chaque individu les mesures suivantes sont effectuées: hauteur totale, circonférence à la base (10 cm du sol), surface de la couronne. Toutes les données sont récoltées sur un formulaire d'inventaire qui s'inspire des travaux de DESCOINGS (1976) et du «VADEMECUM pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu» (1983) (cf. annexes 1).

Fréquence des relevés

La végétation ligneuse a fait l'objet d'un seul relevé suffisamment complet pour permettre l'obtention des paramètres précédemment définis. Les variations floristiques et structurales au niveau des ligneux ne sont pas sensibles d'une année à l'autre. Par ailleurs dans les processus dynamiques initiaux, cette végétation caractérise de façon moins nette les conditions mésologiques que la végétation herbacée.

III.2.2. Etude de la végétation herbacée

La végétation herbacée est soumise à une observation plus fine, d'une part parce que l'étude a pour objet de dégager une relation entre la composition spécifique de la flore spontanée et l'état du sol caractérisé par des données de la fertilité potentielle, et d'autre part, les herbacées, en tant qu'éléments de paysage plus fins que les ligneux, intègrent davantage

les variations du milieu (ZOUNGRANA, 1993). Cette étude a suivi pendant trois ans les variations de la liste floristique et des contributions spécifiques, la dynamique interannuelle et intra-annuelle des espèces herbacées. Elle a procédé à l'évaluation de la phytomasse racinaire des principales espèces herbacées de la jachère (*Andropogon spp.*).

Les méthodes de relevé

La placette de 2500 m² utilisée pour l'inventaire des ligneux, reste le support des présentes observations.

A) Par points ("point double-mètre")

Dispositif: Dans la surface carrée de 2500 m² (50 m X 50 m), trois lignes de lecture, de 20 m chacune sont disposées parallèlement l'une à l'autre d'est en ouest et distantes de 12,5 m. Tous les 20 cm, sont notés, d'une part les espèces qui sont situées à la verticale (déterminée à l'oeil) de la graduation examinée (DAGET et POISSONNET 1969, 1971) et d'autre part le nombre de fois (contact) où chaque espèce se trouve le long de cette verticale. Appliquée dans des groupements homogènes, cette méthode peut faciliter la comparaison des différents états du groupement (état de la structure et état du fonctionnement). Par ailleurs, pour sa simplicité, le peu de moyens utilisés et pour sa préservation du milieu naturel, elle est également conseillée pour "sa rapidité, sa précision et sa signification écologique et agronomique" (GODRON et *al.*, 1967).

Expression des résultats: Les données récoltées ont permis d'obtenir:

- une expression du recouvrement de chaque espèce au sol qui dérive de la fréquence centésimale (F.C.). La fréquence spécifique (Fs) d'un taxon i est le nombre de points où ce

taxon est rencontré; c'est sa fréquence absolue. Sa fréquence relative, appelée fréquence centésimale (F.C.) est exprimée en % et est égale au rapport de la fréquence spécifique (FS) au nombre X de points de mesure. Le nombre X de points de mesure est égal à 300 dans le cadre de cette étude. La somme des fréquences centésimale de toutes les espèces d'une formation herbeuse peut être assimilée à un recouvrement. La végétation étant composée de plusieurs strates superposées, l'aiguille le long de laquelle on note les contacts avec les herbacées rencontre parfois en un point donné des individus de plusieurs espèces différentes. La somme des fréquences centésimales de toutes les espèces d'une formation herbeuse dense peut alors être supérieure à 100.

- une expression indirecte de l'importance des espèces les unes par rapport aux autres par le calcul de la contribution spécifique présence (CSP). La CSP d'un taxon i est définie comme le rapport de sa fréquence spécifique Fsi à la somme des fréquences spécifiques de toutes les espèces recensées sur les X points échantillonnés.

$$CSPi = (Fsi/\sum Fs)*100$$

Ce rapport peut permettre de contrôler l'évolution de la composition floristique d'un peuplement en ne tenant pas compte du recouvrement. Il peut par ailleurs être considéré comme l'expression relative de la biomasse végétale (DAGET et POISSONNET, 1971).

- la diversité spécifique des différents groupements végétaux qui ont fait l'objet de cet inventaire.

B) Par placeaux

A l'intérieur des placettes de 2500 m², ont été disposés des placeaux de 4 m² présentant des mailles de 10 cm. Ce dispositif a permis d'observer la distribution des touffes

de *Andropogon spp.*; la cartographie de cette distribution sur une feuille de papier millimétrée permet de suivre d'année en année l'évolution de la touffe (mode d'implantation et de régénération). Ce dispositif a servi également de support pour l'étude de la phytomasse racinaire des divers *Andropogon*.

La fréquence des relevés

La description de la végétation herbacée s'est faite à l'optimum de son développement végétatif. Pour cette végétation nous avons réalisé des observations en 1993 et en 1995.

III.2.3. Caractérisation et cartographie des faciès de végétation

Pour mieux visualiser la répartition des groupements végétaux sur le terroir de Sobaka, nous avons réalisé une carte au 1/20 000e. L'originalité de cette carte réside dans sa légende particulièrement adaptée aux stades d'évolution des jachères et à l'association des différents types biologiques (herbacées, sous-ligneux et ligneux) telles qu'on les observe effectivement sur le terrain.

La présence de chaque type biologique (surtout en ce qui concerne les herbacées) ne pouvant être traduite en quantité absolue des individus qui le représentent, une clé et une échelle d'abondance-dominance ont été adoptées. Elles résultent d'observations préliminaires de terrain et de l'estimation des fréquences centésimales et des contributions spécifiques présences pour les herbacées (cf. tableau n°2 fréquences centésimales et contributions spécifiques présences chapitre IV). Pour les ligneux, ont été pris en compte le recouvrement, la densité des individus ainsi que leur présence en chacun des états (définis par les notes 1 à 4 du chapitre II.). Une analyse des données de terrain (analyse en composante principale et

classification hiérarchique ascendante⁵) a permis de regrouper les placettes d'inventaire par affinités écofloristiques et niveaux d'homogénéités floristiques. Appliqué aux espèces, ce regroupement conduit à définir des faciès et des échelles dans lesquels les espèces apparaissent en fonction de leur abondance-dominance. Cette échelle s'inspire en partie de l'école phytosociologique de BRAUN-BLANQUET.

L'échelle et la légende suivantes ont été adoptées:

+++ = recouvrement de plus de 75% de la surface

++ = recouvrement de 50% à 75% de la surface

+ = recouvrement de 25% à 50% de la surface

Nous signalons des recouvrements inférieurs à 25% ou la présence de quelques pieds par une légende qui caractérise chaque type biologique:

Ag = *Andropogon gayanus*

Aa = *Andropogon ascinodis*

Ha = Herbacées annuelles

Li = Ligneux

Sl = Sous-ligneux

Lim = Ligneux monospécifique

Exemple de notation:

Ag++/Sl+;Li = un recouvrement de plus de 75% par *A. gayanus*, 25 à 50% par des sous-ligneux, et moins de 25% par des ligneux

⁵Un tableau comprenant les relevés et les espèces est donc soumis à une analyse en composante principale et à une classification hiérarchique ascendante). Cette technique d'analyse étant désormais classique (LACOSTE et ROUX, 1971, BENZECRI, 1984), nous ne rappellerons pas ici ses principes et ses caractéristiques. Ces traitements mathématiques sont réalisés avec l'appui du Professeur A. LACOSTE et de Monsieur J. P. BRIANE, ingénieur-informaticien du laboratoire de Biologie et Ecologie de l'Université d'Orsay Paris-sud.

La réalisation de cette carte s'est faite avec une légende descriptive des différents faciès de végétation élaborée grâce aux relevés de terrain (cf. Chap. IV). Cette cartographie a surtout nécessité un travail de terrain et ce pendant trois saisons pluvieuses successives (mai - septembre 1993, 1994 et 1995).

Le matériel que nous avons utilisé se compose de: une boussole; une carte d'occupation des sols 1988 et 1991; un podomètre; un topofil chaix; une fond cartographique du terroir (à 1/20 000e); une légende explicative des différents faciès de végétation.

III.3. Etude de l'état physico-chimique du sol et de son évolution

Les études et observations des paramètres morphopédologiques ont été effectuées afin de:

- suivre l'évolution (physique, chimique et biologique) du profil cultural en période de jachère,
- définir l'épaisseur de profil réellement affectée par les changements structuraux,
- déterminer l'effet de l'implantation d'une végétation spontanée sur le profil cultural.

Caractérisation morphopédologique du terroir de Sobaka

L'objectif étant de suivre le sol dans son comportement et son fonctionnement, les mesures et analyses se sont fondées de préférence sur le schéma de l'organisation spatio-temporelle du sol. La première étape a consisté à caractériser les paysages morphopédologiques du terroir de Sobaka. Cette étude pédologique à l'échelle de 1/20.000e a fait l'objet d'un accord avec des partenaires de recherche. Les résultats sont donc le fruit du

travail d'une équipe pluridisciplinaire que nous avons mise sur pied et dont les compétences étaient nécessaires à la réalisation de cette étude. Sa mise en oeuvre a nécessité:

- une recherche documentaire: 1) la carte de gestion forestière de la forêt classée du Nazinon (BKF et CRTO février 1988 - 2) des photographies aériennes du 13 septembre 1987 - 3) le fond topographique, feuille de Léo au 1/50 000e de l'Institut Géographique du Burkina (IGB) - 4) le rapport technique n°88 de mai 1993 du Bureau National des Sols (BUNASOL).
- un travail de terrain qui a essentiellement consisté en la prospection pédologique. Nous avons ainsi disposé 50 fosses pédologiques après une identification des unités morphopédologiques par photo-identification. Les profils ont été décrits selon les directives de la F.A.O. et la couleur des sols selon la classification française des sols (C.P.C.S., 1967).
- un travail de laboratoire a consisté au fractionnement granulométrique des échantillons qui ont été prélevés sur le terrain. Cette partie s'étant faite en même temps que l'analyse chimique des sols, nous en donnons la méthodologie dans les chapitres suivants.

Etude de la différenciation structurale du sol

La description de la structure est la clé de voûte de l'analyse du profil cultural. Nous avons, en ce qui concerne le profil cultural, fondé nos observations sur le schéma d'organisation spatiale des éléments du sol. Quatre niveaux peuvent être reconnus dans l'organisation macrostructurale du sol:

- le profil cultural défini par HENIN et *al.*(1969) comme « l'ensemble constitué par la succession des couches de terre individualisées par l'intervention des instruments de culture, les racines des végétaux et les facteurs naturels réagissant à ces actions ».

- l'horizon, couche parallèle à la surface du sol et pouvant présenter une grande variabilité latérale de l'état structural.

- le volume structural homogène (VSH) ou unité morphologique homogène (UMH), qui désigne un volume de sol se distinguant des volumes adjacents par son état structural, c'est-à-dire par la manière dont sont assemblés ses divers constituants et par les conséquences de cet assemblage (porosité, compacité).

- l'élément structural (ES), représentant un solide géométrique correspondant à l'architecture la plus apparente lors de l'observation du profil. Chaque ES est séparé de ses voisins par des surfaces de moindre résistance et/ou des vides. Ce terme regroupe mottes et fragments créés par les outils agricoles.

Les observations ont porté sur des volumes homogènes de sol bien identifiés dans les profils post-cultureux. Mise au point il y a plus de trente ans (HENIN *et al.* 1969), la méthode d'examen diagnostique du profil cultural que nous avons utilisée a été perfectionnée de façon à devenir un outil de recherche efficace pour l'étude, d'une part des relations sol-techniques culturales (MANICHON, 1982), d'autre part des relations état du sol et comportement des peuplements végétaux (TARDIEU et MANICHON, 1987).

Le travail consiste à réaliser dans chaque parcelle, trois fosses de 2 m de long sur 40 à 60 cm de profondeur. L'une des faces, la face d'observation, devant comporter à son bord les espèces végétales dont on veut étudier l'effet structurant sur le sol. Nous procédons alors à une description du profil qui est assortie d'une cartographie des unités morphologiques homogènes (UMH). L'organisation macrostructurale est décrite et mesurée, d'abord à l'échelle du profil cultural, puis à celle des unités morphologiques homogènes. L'état structural d'une UMH est alors défini par sa taille, la forme et l'assemblage des éléments structuraux d'ordre inférieur (agrégats), ainsi que par certaines propriétés découlant de cet

assemblage (porosité, compacité). Nous avons distingué dans le cadre de cette étude les structures suivantes:

- structure massive: assemblage continu et cohérent, sans faces de dissociation marquées.

- structure massive fissurée: assemblage continu, mais avec des amorces de fissures révélées lors des essais de fragmentation du matériau.

- structure fragmentaire: assemblage d'éléments structuraux (ES) de formes et de dimensions variables. Est ensuite définie, dans ce cas, la netteté ou le degré de développement de la structure. Ainsi, on distingue une structure fragmentaire: 1°) peu nette dans le cas d'éléments structuraux mal formés, soudés à contours difficilement discernables; 2°) nette quand les éléments structuraux sont bien formés, soudés mais à contours facilement discernables; 3°) très nette avec des éléments structuraux nettement individualisés.

Les mesures de l'état structural sont effectuées *in situ* (résistance à la pénétration, infiltration mesurée à l'infiltromètre à disque) et sur échantillon non perturbé ramené au laboratoire (porosité totale, distribution dimensionnelle des pores, morphométrie des pores).

Sur le terrain sont encore notées:

- les racines: ceci permet de faire un lien entre l'état structural du sol et le comportement des plantes. Des paramètres comme l'abondance, le diamètre, la distribution, la pénétration (précision si les racines fines sinuent entre les éléments structuraux ou les pénètrent), les déformations éventuelles (déviations brusques sur des obstacles structuraux);

- la compacité estimée au niveau global de l'UMH par les valeurs fournies par un pénétromètre de poche à cône de type Yamanaka. Dix répétitions sont effectuées dans chacune des UMH, en conditions de sol humide ressuyé. Très dépendant de l'état d'humidité,

ce test a un intérêt surtout comparatif; c'est un bon indicateur des possibilités de pénétration racinaire;

- la morphologie des éléments structuraux (taille, planéité des faces, forme des arêtes...), leur fragilité ou friabilité (test de comportement mécanique effectué à la main) leur porosité (pores visibles à l'oeil nu ou à l'aide d'un loupe).

Au laboratoire, sur échantillons non remaniés, à structure conservée, ont été estimées:

- la porosité totale: sa détermination permet d'estimer le volume total de sol accessible à l'atmosphère du sol (notion d'aération) ou aux transferts et stockage d'eau (notion de réservoir, (BAIZE, 1988). Sa mesure est déduite de celle de la densité apparente (méthode au cylindre, 100cc, 5 à 6 répétitions) et de la densité réelle (méthode classique au pycnomètre). Dans une dizaine de profils, des mottes de 10 à 20 g ont été prélevées et la densité apparente mesurée par la méthode au pétrole,

- la distribution dimensionnelle des pores qui peut être utilisée comme un indice de tassement du sol ou des possibilités d'infiltration d'eau. Elle est déterminée par extraction progressive de l'eau des échantillons préalablement saturés et disposés sur un bac à sable.

Nous avons ainsi, avec l'appui de Philippe de BLIC, pédologue à l'ORSTOM, conçu une notice descriptive inspirée directement du Glossaire de Pédologie (1969) et du Manuel pour la Description des Sols sur le Terrain (MAGNIEN, 1980). Cette notice, organisée en trois fiches, sert à consigner les renseignements généraux sur le profil et les horizons, à décrire les volumes structuraux homogènes et les éléments structuraux (Cf. annexes 2).



Planche 2: Quelques dispositifs d'étude

- a- Fosse pédologique préparée en vue de l'étude du profil. Elle présente à son bord les espèces dont on veut étudier l'effet structurant par la méthode du profil cultural
- b- Cadre en bois de 4 m² ayant servi à décrire la distribution spatiale des touffes de *Andropogon spp.*

Etude des propriétés chimiques et biologiques des sols

L'établissement d'un bilan des éléments nutritifs dans le sol pose toujours le problème de l'identification exacte des exportations, des apports externes et internes. Il reste donc très important d'identifier les types de mesures à réaliser. PIERI (1990) considère que l'évolution de la fertilité des terres devant supporter durablement une agriculture plus productive, peut et doit être évaluée dans les sols par -entre autres- «la mesure de la variation des stocks et des flux des facteurs de production majeurs (eau, éléments minéraux, matière organique), le suivi du devenir des systèmes de régulation physico-chimiques et biologiques». A partir des propositions de BAIZE (1988), nous avons choisi d'analyser des éléments susceptibles de permettre une évaluation des qualités trophiques du sol pour les plantes cultivées. L'hétérogénéité spatiale, et les objectifs mêmes de cette étude ont conduit au rejet d'une méthode d'analyse d'échantillons composites (chapitre III.4.). Les méthodes d'analyses utilisées sont celles recommandées par ANDERSON et INGRAM (1993) *in Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF): A handbook of methods*.

- La granulométrie:

La composition granulométrique est selon BAIZE (1988), non seulement la variable la plus fortement corrélée, avec les autres données analytiques, mais elle conditionne étroitement les comportements et les fonctionnements d'un horizon. La taille des éléments «conditionne directement les caractéristiques dimensionnelles du système poral (...) en rapport direct avec le comportement de l'eau dans le sol» (CHRETIEN, 1986, *in* BAIZE, 1988).

Principe de détermination des différentes fractions

L'échantillon de sol est attaqué à l'eau oxygénée (H₂O₂) afin de détruire la matière organique, de rompre les ponts qui forment le complexe argilo-humique. Vingt grammes (20 g) de sol sont ainsi additionnés de 100 ml d'eau oxygénée et laissés à 20°C pendant 6 heures puis à 60°C pendant 16 heures. L'addition de l'hexamétaphosphate de sodium, suivie d'une agitation pendant 16 heures (à 175 RMP) et d'un traitement aux ultrasons, permettent de disperser les particules. Avec un tamiseur électrique à jet d'eau, nous recueillons les fractions suivantes: >250 µm: sables grossiers; 250 -100 µm: sables fins; 100-50µm: sables très fins; et 50- 20µm: limons grossiers.

Les fractions inférieures à 20 µm sont récoltées après centrifugation à 500 tours/minute pour les limons fins (20-2 µm) et 4500 tours/minute pour les argiles (inférieure à 2 µm). Les fractions séparées sont ensuite séchées à 50°C.

Principe des calculs: chaque échantillon de sol est traité en trois répétitions. Nous pesons chaque répétition et les proportions de chaque classe sont alors déterminées et exprimées en pourcentage du poids total. L'erreur analytique serait dans ce cas égale à 5%.

- Les stocks organique et minéral:

Ils apparaissent comme les aspects essentiels de l'étude. Nous avons suivi l'évolution quantitative et qualitative de ces stocks (organique et minéral) en fonction des stades de jachère définis par rapport à la végétation.

1°) Respirométrie

DOMMERGUES et MANGENOT (1970) indiquent qu'à des intervalles de temps courts, le dégagement de gaz carbonique présente des valeurs caractéristiques qui fournissent des indications précieuses sur l'activité biologique globale du sol étudié.

Principe du dosage du carbone minéral: le dosage du CO₂ est fait par chromatographie en phase gazeuse. Le chromatographe, équipé d'un détecteur à conductibilité thermique (TCD) et relié à un intégrateur-calculateur ENICA 31-après l'injection du gaz - il donne sur un enregistreur des pics dont la surface traduit la concentration en CO₂ (en ppm). Ce dosage du CO₂ se fait après que la colonne «porapak» dont est équipé le chromatographe ait séparé les différentes molécules du mélange en fonction de leur poids.

Mode opératoire: un échantillon de 20 grammes de sol est incubé après réhumidification à 80% d'humidité équivalente. La quantité d'eau à additionner est basée sur la relation établie entre l'humidité équivalente et la granulométrie par GRAS (1957).

$$\text{He}\% = 0,51 \times \text{Ag} + 0,14 \times \text{Lf} + 7,35 \quad (\text{HE} < 20\%)$$

$$\text{He}\% = 0,59 \times \text{Ag} + 0,16 \times \text{Lf} + 5,47 \quad (\text{HE} > 20\%)$$

où: He: humidité équivalente

Ag: pourcentage d'argile

Lf: pourcentage de limons fins

A 24, 48, et 72 heures, 250 µl de gaz sont prélevés dans chaque flacon à l'aide d'une seringue et injectés dans le chromatographe. L'analyse de chaque échantillon de gaz injecté dure 7 minutes.

Principe des calculs: le facteur de conversion établi en fonction du volume occupé par 20 g de sol , du volume de l'air dans le flacon, et du volume du flacon ayant servi à l'incubation, donne:

$x \text{ ppm CO}_2 \text{ mesuré} * 3,228.10^{-6} = \text{mg de C minéralisé par gramme de sol}$

$x \text{ ppm CO}_2 \text{ mesuré} * 3,228.10^{-3} = \mu\text{g de C minéralisé par gramme de sol}$

2°) Biomasse microbienne

Les bactéries, de part leurs diversités fonctionnelles participent à créer une vie dans le sol. Leur importance sur les plans agronomique et pédologique a été montrée par les applications faites dans le domaine de la fixation biologique de l'azote non seulement chez les légumineuses mais également chez les non légumineuses, dans les processus d'altération des roches, le cycle de divers éléments chimiques à l'interface sol/atmosphère. Les bactéries qui utilisent des composés organiques comme source de carbone et d'énergie (chimioorganotropes ou hétérotrophes) représentent la plus grande partie des bactéries et tous les champignons du sol. Les bactéries de la minéralisation de l'azote (*nitrosomonas*, *nitrosobacter*...) transforment les molécules selon une chaîne biochimique à l'issue de laquelle on trouve des acides aminés, de l'ammonium, des nitrites et des nitrates. La détermination de la biomasse microbienne et la mesure de leur activité contribuent à mieux comprendre les différents processus qui rendent disponibles les différents éléments nutritifs pour les plantes.

Principe de détermination de la biomasse microbienne: Pratiquement, dans notre cas, nous caractérisons cette biomasse par un descripteur plus fonctionnel de la quantité de matière vivante, en rapport avec la composition chimique des éléments dont on veut avoir le poids. Ainsi, le principe de la mesure est de provoquer la lyse des organismes, puis de doser les

acides aminés libérés après protéolyse. Les échantillons de sol (incubés ou non incubés) sont fumigés au chloroforme, et par différence avec un témoin non fumigé, nous obtenons une quantité d'azote réagissant à la ninhydrine, et provenant de la lyse des micro-organismes. Les traitements sont donc: 1) incubé fumigé; 2) incubé non fumigé; 3) non incubé fumigé; 4) non incubé non fumigé.

Principe de calcul: les densités optiques des étalons dont on connaît les concentrations permettent de construire une droite de régression de la forme $y = ax$ où a est une constante qui permet avec les valeurs de densités optiques lues de calculer les différentes concentrations en azote.

3°) Ammonium et nitrates

L'anion NO_3^- et le cation NH_4^+ sont les formes d'absorption de l'azote pour la plupart des plantes. Ils caractérisent bien la capacité du sol à minéraliser.

Principe du dosage de l'ammonium et des nitrates: la détermination de l'ammoniaque est basée sur le principe de la réaction de BERTHELOT et décrite comme suit: l'ammoniaque en présence d'un agent chlorant donne principalement une monochloramine. Cette dernière réagit avec le salicylate pour former du 5-aminosalicylate. Après oxydation le 5-aminosalicylate réagit avec l'acide salicylique (le nitroprussiate jouant un rôle de pseudocatalyseur), pour former un complexe dont l'intensité de coloration (couleur bleue) mesurée à 660 nm est proportionnelle à la concentration. Cette réaction se produit à 40°C.

Les nitrates ne pouvant être directement dosés par colorimétrie, ils sont réduits en nitrites par le passage de l'échantillon dans une colonne de cadmium traité au sulfate de

cuiivre. Les nitrites ainsi obtenus et ceux déjà présents sous forme de nitrites, réagissent avec la sulfanilamide et la naphthyl-éthylènediamine dihydrochloride pour donner un complexe diazo de coloration rose dont l'intensité mesurée à 450 nm est proportionnelle à la concentration.

Ces mesures sont effectuées au skalar et les hauteurs de pics intégrées grâce à un ordinateur fournissent les valeurs des substances dosées.

4°) Carbone et azote organiques

Constituants de la matière organique, ils en sont souvent l'expression et (comme celle là) sont de ce fait considérés comme des indicateurs privilégiés de la fertilité. En effet, la matière organique, source de ces éléments sert de nutriments aux micro-organismes et à la méso-faune et modifie par sa présence les comportements physiques du matériau terre et donc du sol. Elle a ainsi une action sur la stabilité structurale, la capacité au champ, l'érodibilité, la fixation des éléments minéraux... (SEBILLOTTE, 1991). Même s'il existe aujourd'hui des formules permettant d'exprimer la matière organique à partir du taux de carbone, il vaut mieux raisonner sur les éléments que l'on dose réellement.

Principe du dosage du carbone et de l'azote organiques: l'analyse est réalisée au CHN (NA 1500, FISON) . L'échantillon de terre (40 mg), contenu dans une capsule d'étain est introduit dans un réacteur maintenu à 1020°C où passe un courant constant d'hélium (80 ml.mn-1). La combustion de l'échantillon est provoqué par le courant d'hélium enrichi d'une quantité d'oxygène pur. Les gaz de combustion sont oxydés par un catalyseur (Cr2O3) en - H2O - N2 - NxOy. Un deuxième catalyseur contenant du cuivre réduit, réduit les oxydes d'azote et retient l'oxygène en excès. Les gaz N₂ et CO₂ issus de cette réduction sont séparés par une

colonne chromatographique couplée à un intégrateur numérique, ce qui permet, après calibration, le calcul du Corganique et de Norganique. Le signal est amplifié et enregistré par un enregistreur intégrateur.

Principe du calcul: les valeurs obtenues sont des valeur brutes en % de l'échantillon.

5°) Les isotopes ^{13}C

Après dosage du carbone et estimation de la matière organique, des mesures de la composition isotopique en ^{13}C de la matière organique du sol a été réalisée.

Cette mesure permet pour le ^{13}C , d'identifier l'origine du carbone (herbe/arbre) et partant celle du stock organique. En effet, « les abondances en ^{13}C (exprimées en valeurs d ^{13}C) des plantes en C_3 (ligneux) et des plantes en C_4 (graminées de savanes) sont significativement différentes. Les valeurs de d ^{13}C de la matière organique des horizons du sol sont en première approximation identiques à celles de la végétation qui l'a constituée» (CERRI *et al.*, 1985).

Aujourd'hui, de nombreuses études (BALESDENT *et al.* 1987, 1988, 1991; CERRI *et al.* 1985; 1991 *et al.*, 1987,1988,1990; MARIOTTI, 1991; SCHWARTZ, 1991) montrent que l'isotope ^{13}C est un traceur puissant qui peut permettre d'estimer la cinétique du renouvellement du carbone du sol pour des périodes allant de l'année à plusieurs centaines d'années. Ce traceur présente également un intérêt pour la connaissance des aspects pédologiques et écologiques des relations savane-forêt.

Principe de la mesure: la méthode est parfaitement décrite par GIRADIN et MARIOTTI, (1991). Nous la résumons.

La mesure des isotopes résulte du couplage d'un analyseur élémentaire de type CHN à un spectromètre de masse atomique (SIRA 10, FISON). Après l'analyse élémentaire décrite ci-dessus pour l'obtention de Corganique et de Norganique, les produits sont ensuite traités dans l'interface avec le spectromètre de masse, composé de vannes à vide en inox et de pièges froids à différentes températures, où ces gaz seront piégés, séparés et purifiés cryogéniquement. Le CO₂ est ensuite introduit directement dans le spectromètre de masse pour les échantillons à forte quantité de carbone. Pour les faibles quantités, le CO₂, avant d'être admis dans la source d'ions, peut être concentré sur un «doigt froid» dans le système d'introduction du spectromètre de masse, petit volume dont la température peut varier de moins 96 °C à la température ambiante. L'admission du CO₂ se fait grâce au système de double introduction et de triple collection ionique du spectromètre de masse, ce qui permet la comparaison quasi instantanée à un gaz de référence issu de l'attaque d'un carbonate référence interne du laboratoire⁶. La triple collection permet la mesure instantanée des faisceaux ioniques. La totalité du processus analytique est contrôlée par un micro-ordinateur qui permet l'ajustement optimal de tous les paramètres.

III.4. Echelles spatiales et temporelles - Méthodes d'échantillonnage

«La reconnaissance de l'importance des échelles d'espace et de temps pour le contrôle des phénomènes écologiques fait que l'usage de concepts tels que hiérarchies, niveau d'organisation, niveau d'observation, dépendance d'échelles est devenu courant et ce, quel que soit le domaine de l'écologie» BAUDRY (1992). La question principale que nous nous sommes posé ici est celle de l'échelle: à quelle échelle d'espace et temps les phénomènes relatifs à la succession post-culturelle et à la modification des caractères

⁶Ces mesures sont réalisées par le laboratoire de Biogéochimie Isotopique de l'Université Pierre et Marie Curie - INRA-CNRS.

pédologiques, sont-ils décelables, significatifs, descriptibles. A défaut d'avoir une gamme d'échelles pour laquelle une variable est explicative et un ensemble de variables explicatives à une échelle donnée, nous adoptons différentes échelles d'observations fonction de la particularité de la question à traiter.

- **La caractérisation des paysages morphopédologiques et des faciès de végétation**, est faite à l'échelle du terroir (3600 ha). Une échelle au 1/20 000^e est adaptée. Cette échelle, au regard de la surface du terroir de Sobaka, est appropriée pour caractériser les unités de sol et les faciès de végétation.

Méthode d'échantillonnage: Après une identification des unités morphopédologiques par photo-identification, 50 fosses pédologiques ont été réalisées et décrites. Des observations à la tarière ont complété ces descriptions.

Pour la description de la végétation, un quadrillage du terroir a été réalisé avec des transects de 20 m de large et distantes de 500 m. Ces transects ont été suivis au cours des mois de juillet, août et septembre des années 1993, 1994, 1995.

- **La structure des communautés végétales** est étudiée à l'échelle de la parcelle: dans ces zones où la végétation est essentiellement la résultante d'actions anthropiques, l'une des difficultés réside dans la définition d'une aire minimale qui permette d'avoir une idée suffisante du groupement végétal observé. Nous avons eu pour souci d'inventorier les sites (chapite III.1.) en tenant compte des exigences d'homogénéité floristique (intraparcellaire) et surtout de représentativité. Nous reconnaissons cependant que la notion d'homogénéité reste difficile à appliquer dans un milieu aussi anthropisé. GOUNOT (1956, 1969) relève en effet le caractère relatif de cette notion. Il souligne l'aspect en mosaïque du tapis végétal. L'homogénéité du tapis végétal n'apparaît donc que dans la répétitivité des éléments de cette mosaïque. Des travaux effectués en zone tropicale sèche estiment la surface de l'aire minimale

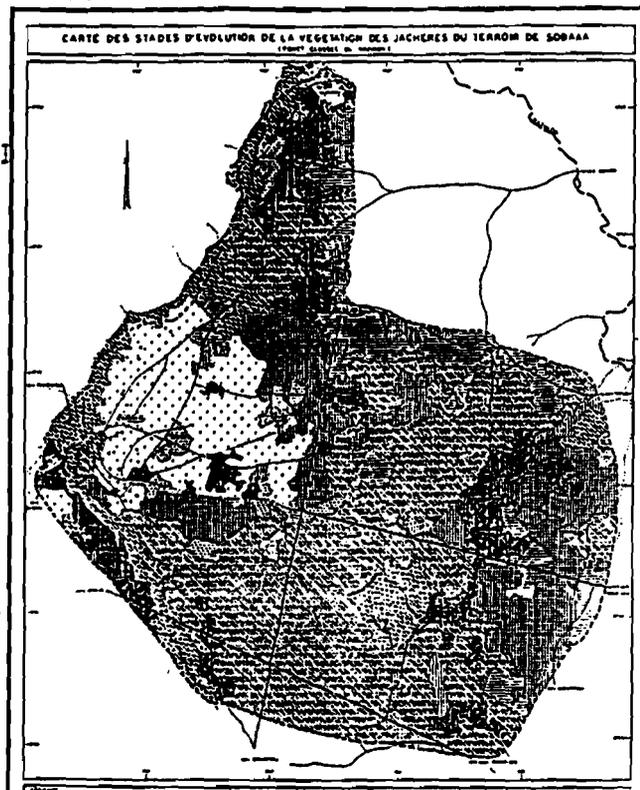
à 3000 m² pour les savanes du pays baoulé (HIERNAUX, 1975; YONKEU, 1993) et à 2500 m² pour la strate ligneuse en milieu pastoral sahélien (DIEYE et GASTON 1986 *in* YONKEU, 1993). Nous avons adopté la surface de 2500 m². Nous considérons cette surface, comme une unité concrète de végétation, un volume homogène de végétation où les différentes variables relatives à la structure nous semblent descriptibles.

Pour une étude synchronique, nous avons choisi des parcelles dont les âges s'étalent comme suit: 0-5; 6-10; 11-15; 16-20; et pour les parcelles de plus de vingt ans nous avons quelquefois adopté des pas de temps de dix ans (20-30; 31-40). La mémoire humaine, base de la datation de nos parcelles n'est plus au delà de 20 ans, très fiable. Ces fourchettes de cinq ans et dix ans nous semblent appropriées pour apprécier la dynamique structurale et les changements floristiques.

Pour une étude diachronique, chaque parcelle est observée (variations intra annuelles et inter annuelles) pendant les trois ans qu'ont duré les travaux, pour suivre l'évolution naturelle de sa végétation et des caractéristiques physiques et chimiques du profil cultural. Mais, au regard du temps relativement court de cette étude, il est difficile de présenter dans cet exposé des données diachroniques exhaustives et fiables.

Méthode d'échantillonnage: la disposition des parcelles de relevés à l'intérieur des sites repose sur une méthode raisonnée qui consiste à les localiser sur des zones bien caractéristiques, où les facteurs écologiques (sol, topographie, hydromorphie....), floristiques et anthropiques sont homogènes et stables. Ainsi sur certains sites ont été disposées plusieurs parcelles élémentaires quand cela était possible (disponibilité de la surface). Cette disposition vise aussi à mieux couvrir la surface du terrain et participe à réduire les hétérogénéités inhérentes à ce genre d'observations. Ce faisant on diminue fortement l'écart-type expérimental qui serait alors voisin de la valeur théorique (VESSEREAU, 1988).

VEGETATION ↔ SOL



Echelle du terroir
 (caractérisation des paysages morphopédologiques et faciès de végétation)

Diachronique

Synchronique

20ans

15ans

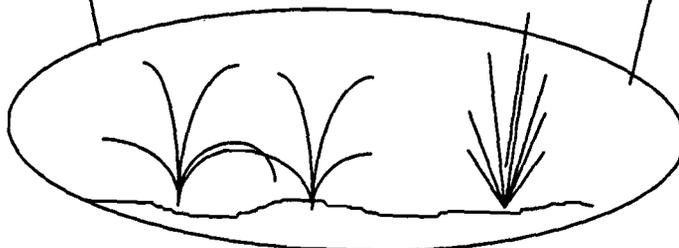
10ans

5ans

Echelle de la parcelle

surfaces ayant subi des perturbations de degré et nature différents
 Identification d'ensembles homogènes selon des critères de stratification d'ordre anthropique

∇ Sens de progression du défrichement paysan



Echelle stationnelle
 étude des relation sol/plante (choix d'espèces clefs de la succession ou caractéristiques de seuil d'évolution)

Une cinquantaine de parcelles dont l'âge varie entre 2 et 40 ans ont été retenues. Toutes les parcelles ont été délimitées par des taches de peinture mises sur les arbres limitrophes et affectées d'un numéro d'identification porté également sur une plaque plantée sur leur bord.

- **La description de la différenciation structurale et l'estimation des stocks organiques** est faite à l'échelle stationnelle c'est-à-dire à celle du profil du sol: dans la présente étude, la limite principale de la méthode synchronique est la grande hétérogénéité introduite par un système cultural qui crée une mosaïque de petites parcelles élémentaires plus ou moins imbriquées les unes dans les autres, avec pour chacune une succession culturale propre, un degré et une nature des perturbations différents. En effet, dans la pratique, le paysan ne défriche pas des surfaces nettement juxtaposées pour de nouvelles cultures; tout en abandonnant une portion de terre cultivée en début d'épuisement, il défriche une surface sensiblement égale à celle abandonnée. Ce faisant, il maintient d'une saison à l'autre à peu près la même surface pour ses cultures (figure 6). Il en résulte une hétérogénéité spatiale à très petite échelle ($< \text{ha}$); elle-même variable dans l'espace. Seule une très longue période de jachère permet d'atténuer les effets de cette variabilité spatiale.

Pour l'étude des relations sol/plantes après abandon cultural, nous avons adopté une approche qui repose sur les principales espèces dominantes et caractéristiques de seuils d'évolution post-culturelle (chapitre IV): Les situations retenues sont:

- des jachères à herbacées annuelles de moins de dix ans avec *Andropogon pseudapricus* comme espèce nettement dominante.

- des jachère à herbacées pérennes avec *Andropogon gayanus* présentant un recouvrement de plus de 80% (12 à 15 ans) et *Andropogon ascinodis* (avec un recouvrement >80%) en fin de succession post-culturale, (plus de 30 ans)
- des jachères à dominance sous-ligneuses (*Triumphetta lepidota*) et ligneuses (*Butyrospermum paradoxum*) ont été considérés pour des comparaisons au niveau de l'approche quantitative.

. Nous admettons donc que la présence d'une plante en un lieu donné et sous une forme morphologique ou biomorphologique donnée, traduit d'une part l'aptitude particulière de celle-ci et d'autre part ses réactions aux conditions complexes et variables du milieu. La plante et son environnement immédiat constituent un «microcosme» où s'établissent diverses fonctions.

Cette échelle correspondrait donc à l'échelle stationnelle telle que définie par FOURNIER et CHEVERRY (1992). Selon ces auteurs, l'échelle stationnelle permet le mieux d'appréhender l'adaptation de la plante entière au sol, d'avoir une approche fonctionnelle. De plus cette échelle peut être croisée à une échelle de temps.

Méthodes d'échantillonnage: les observations sur la différenciation structurale sont réalisées sur les parcelles ayant servi à l'étude de la végétation. Dans chaque parcelle et pour l'étude du profil, nous avons installé trois fosses portant à leur bord les espèces dont on veut étudier l'effet structurant.

Pour l'estimation des stocks nous avons retenu trois parcelles par situation. Dans chacune des parcelles trois plantes (appartenant à l'espèce dominante et caractéristiques du seuil d'évolution post-culturale considéré) sont choisies pour le prélèvement de trois échantillons sous touffes; à leur proximité et sur sol nu sont prélevés trois échantillons hors touffes. Plus de 500 échantillons ont été ainsi obtenus et analysés.

La dynamique post-culturelle se traduit dans le temps et dans l'espace par la succession de communautés végétales. On peut donc penser que les éléments qui les composent remplissent vis à vis de l'écosystème les mêmes fonctions. Les diverses fonctions qui s'établissent au niveau du «microcosme plante» sont de fait décelables au niveau des populations puis du peuplement constitutif du stade considéré. Comme le soulignent LEPART et ESCARRE (1983): «Dans les successions, des changements des populations d'espèces se produisent, mais des modifications des propriétés physiques ou chimiques du sol sont aussi décelables. Ces modifications sont le produit des actions individuelles des espèces sur le milieu et de sa réaction; elles sont attribuées, par convention, à l'ensemble de l'écosystème parce qu'il est rarement possible d'isoler l'influence de chacune des espèces. La description de l'ensemble de ces changements est nécessaire pour aborder l'analyse plus fine des mécanismes de la succession. Il faut alors se placer au niveau de la population (...).»

L'approche que nous adoptons réduit l'échelle des observations dans un but de précision et pour rendre celles-ci plus proches de la réalité. De l'échelle la plus petite (celle de la plante), il reste possible d'extrapoler les résultats à celle de la population et par suite à celle du peuplement ou encore à l'échelle de la parcelle, du site...

CHAPITRE IV

CARACTERISATION DES PAYSAGES MORPHOPEDOLOGIQUES ET DES FACIES DE VEGETATION DU TERROIR DE SOBAKA

Tous ces échecs (échecs des projets forestiers) s'expliquent simplement par le fait qu'on a négligé et la forêt et les gens à qui elle devait servir. (OLDMAN, 1991)

Et pourtant les échecs et les politiques de développement nous enseignent que si l'«homme prédateur» met en peril l'avenir de l'espèce, comme celui de l'environnement, l'«homme producteur» né de la première «revolution verte», celle que les arrières grand-mères ont réalisée au néolithique, en inventant l'apiculture, peut assurer sa survie. Michel CEPEDE (Membre de l'academie d'agriculture de France et de l'Academie des science d'Outre-Mer) in Agroécologie des zones arides

Une caractérisation des paysages morphopédologiques et des différents faciès de végétation a constitué un préalable à l'étude que nous avons faite de la dynamique de la végétation et les modifications des paramètres pédologiques en période post-culturelle. L'absence de données floristiques et pédologiques justifiait une telle approche. Ce faisant, nous avons cherché à mieux saisir la distribution des groupements végétaux sur le terroir et l'organisation spatiale des unités pédologiques. Ces caractéristiques générales sur la végétation et sur les sols serviront largement comme outil pour la compréhension des relations sol/plantes au niveau terroir.

IV.1. Les paysages morphopédologiques

Les composantes des paysages morphopédologiques du terroir de Sobaka (carte 1: carte pédologique) comportent des unités synthétisées intégrant les facteurs modelé et sol. Ce sont: le matériel originel, les unités géomorphologiques, les sols et la morphodynamique. Ces composantes nous semblent significatives.

IV.1.1. Les unités morphopédologiques

Elles sont obtenues par regroupement des éléments géomorphologiques présentant des caractéristiques édaphiques identiques. Nous avons ainsi défini et cartographié trois grandes unités morphopédologiques (U1, U2 et U3).

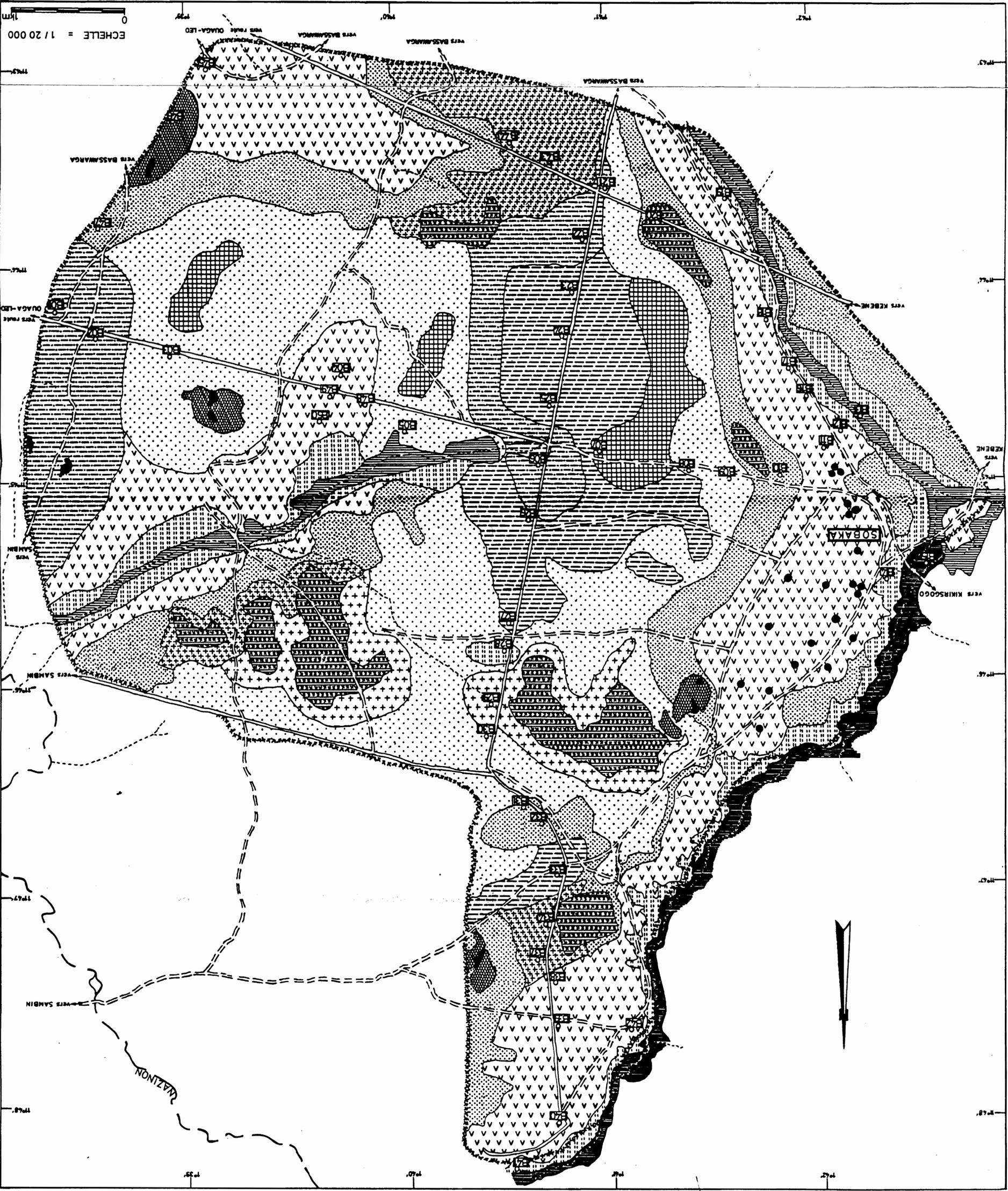
1. Unité cartographique U1

L'élément géomorphologique correspondant à cette unité est le relief résiduel.

Deux sous-unités y sont distinguées (U11 et U12).

CARTE PEDOLOGIQUE DU TERROIR DE SOBAKA (FORET CLASSEE DU NAZINON)

86 A06



LEGENDE

SOLS MINERAUX BRUTS
 lithosols sur cuirasse (U11)
 lithosols sur granite (U12)

SOLS A SESOUIXIDES DE Fe ET DE Mn
 sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés superficiels sur cuirasse
 sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés peu profonds sur cuirasse
 sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés moyennement profonds sur cuirasse
 sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés profonds sur cuirasse (U23)

SOLS PEU EVOLUES
 sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés peu profonds sur cuirasse (U21)
 sols peu évolués d'érosion régressive (U24)
 SOLS HYDROMORPHES
 sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés profonds sur cuirasse (U22)
 fosses pédologiques (U23)

SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX LESSIVÉS INDURÉS PROFONDS SUR CUIRASSE
 sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés profonds sur cuirasse (U25)
 sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés profonds sur cuirasse (U3)
 sols peu évolués d'apport alluvial hydromorphes (U3)
 sols hydromorphes à pseudogley d'ensemble (U3)

habitations (U23)

----- pistes principales
 ----- pistes secondaires
 ----- limites du terroir
 ----- cours d'eau principal
 ----- cours d'eau secondaire

Réalisation
 Prosper N. ZOMBRE
 Modibaye DJIMADOUN
 Philippe de BLIC
 Antoine N. SOME
 Dessinateur
 Salidou Inoussa SAVADOGO

ECHELLE = 1 / 20 000

1.1. Sous-unité U11

Cette sous-unité couvre une superficie de 191,2 ha, soit 5,2% de la superficie totale étudiée. Elle est constituée par les escarpements de cuirasse, les buttes ou les collines cuirassées. Sur le plan pédologique, les sols dominants sont les lithosols sur cuirasse ferrugineuse. Ils sont caillouteux, avec souvent un affleurement de cuirasse. Ce sont des sols dont la dégradation est constante à cause de l'érosion hydrique.

1.2. Sous-unité U12

Elle est constituée par des buttes ou des affleurements de roches granitiques fortement érodées. On observe ainsi par endroits quelques pointements granitiques difficilement cartographiables à l'échelle de l'étude. Cette sous-unité est associée aux sols peu évolués d'érosion régosolique et représente environ 1/10 de la superficie cartographiée, soit 8,5 ha ou 0,2 % de la surface totale étudiée. Cette unité renferme sur le plan pédologique des lithosols sur roches granitiques. Les sols sont sujets à l'érosion.

2. *Unité cartographique U2*

L'élément géomorphologique dominant est le glacis. C'est une forme topographique peu accidentée de pente faible. Nous avons noté cinq sous-unités.

2.1. Sous-unité U21

Cette sous-unité représente 378,4 ha soit 10,3 % de la superficie totale. Sur le plan géomorphologie, elle comprend les glacis des pentes moyennes et supérieures souvent érodés. Elle est constituée par une association de sols: les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés superficiels (profondeur < 30 cm) sur cuirasse et les sols ferrugineux tropicaux lessivés

indurés peu profonds (profondeur comprise entre 30 et 80 cm) sur cuirasse ou carapace. Ce sont des sols peu épais, sujets à l'érosion hydrique.

2.2. Sous-unité U22

Elle occupe une place importante dans le paysage: 1315,2 ha, soit 35,6 % du total. Elle regroupe les glacis des pentes supérieures et moyennes. Les sols sont pour l'essentiel ferrugineux tropicaux lessivés indurés moyennement profonds sur carapace ou cuirasse (profondeur comprise entre 50 et 80 cm). Ils sont aussi sujets à l'érosion hydrique.

2.3. Sous-unité U23

Elle est également importante dans le paysage: 1323,2 ha soit 35,9 % de la superficie totale. Elle se retrouve aussi sur les glacis des pentes supérieures et moyennes. Ce sont des sols relativement profonds (profondeur > 80 cm). Sur le plan pédologique, elle renferme des sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés profonds sur cuirasse et les sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches¹ et concrétions. Ces sols sont sujets à des périodes d'engorgement temporaire.

2.4. Sous-unité U24

Elle représente seulement 76,7 ha soit 2,1% de la superficie du total. Elle est généralement caractéristique des zones granitiques et souvent érodées. On y rencontre des sols peu évolués d'érosion régosolique, toujours en association avec des lithosols sur granite. Ces sols sont sujets à l'érosion hydrique.

2.5. Sous-unité U25

¹ Les taches sont définies par BAIZE et JABIOL (1995) comme des volumes en proportion minoritaire au niveau du profil. Sur les sols à sesquioxydes de Fe et de Mn, les taches sont souvent liées à des phénomènes d'oxydo-réduction du Fe sous l'influence d'excès d'eau temporaires. Elles peuvent donc permettre une appréciation de l'hydromorphie en tant que phénomène morphologique.

Sa superficie est de 178,8 ha (4,8 % du total). Elle est située sur les rebords des zones de drainage. Avec la disparition des espèces ripicoles, elle est très sensible à la dégradation. Les contraintes édaphiques sont assez fortes. Elle est constituée par des sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes.

3. Unité cartographique U3

Les éléments géomorphologiques correspondants sont les plaines colluvio-alluviales et les bas-fonds. Cette unité couvre 215,2 ha (5,9 % du total). Elle est caractérisée par une association des sols hydromorphes à pseudogley d'ensemble et des sols peu évolués d'apport colluvio-alluvial hydromorphes.

Dans le tableau 1 nous faisons une synthèse des différentes unités géomorphologiques, des sols et de leur morphodynamique.

Tableau 1: synthèse des paysages morphopédologiques du terroir de Sobaka

Unités géomorphologiques		Association des sols	Matériau originel	Superficie	
Codes	Définitions	Unités de sols		en ha	en %
U1	Buttes et affleurements cuirassés	U11	Métasédiment argileux	191,2	5,2
	Buttes et affleurements rocheux	U12	Complexe volcano-sédimentaire	8,5	0,2
U2	Glacis pentes supérieure, moyenne et inférieure	U21	Métasédiment argileux	387,4	10,4
		U22		1315,2	35,6
		U23		1323,2	35,7
		U24	Granite à biotite	76,7	2,1
		U25	Formation sédimentaire	178,8	4,8
U3	Plaines colluvio alluviales et bas-fonds	U31	Colluvio-alluvial	215,2	5,9

IV.1 2. Les caractéristiques morphopédologiques

Sur l'ensemble du terroir de Sobaka, la synthèse des unités pédologiques a mis en évidence 14 familles de sols appartenant à quatre classes selon la nomenclature française (C.P.C.S., 1967). Nous avons recensé: 1°) la classe des sols minéraux bruts; 2°) la classe des sols peu évolués; 3°) la classe des sols à sesquioxyde de fer et de manganèse; 4°) la classe des sols hydromorphes. Les caractéristiques analytiques (fractions granulométriques) sont données en annexes 5.

1. *Classe des sols minéraux bruts*

Sous-groupe des lithosols sur cuirasse ou sur granite.

Ces sols représentent 5,4 % de toute la superficie cartographiée. Ils sont localisés au niveau des buttes ou des plateaux cuirassés et même sur des glacis.

2. *Classe des sols peu évolués*

Sous- classe des sols peu évolués non climatiques

Sous-groupe des sols d'apport colluvio-alluvial hydromorphe
(Profils effectués: B13 et B41)

Ces sols occupent seulement 3 % de la superficie cartographiée et sont localisés sur des axes de drainage.

Caractéristiques morphologiques: la couleur, brune dans les horizons de surface, passe à gris brunâtre clair puis rose à brun rougeâtre en profondeur. L'hydromorphie est à l'origine des taches gris brunâtre clair ou brun jaunâtre. La texture est limono-argileuse à argileuse en surface et argilo-sableuse en profondeur. On n'y observe pas de concrétions ferrugineuses. La structure est massive à polyédrique subangulaire faiblement développée en éléments grossiers,

moyens et fins avec, en surface, des croûtes de décantation. Le développement racinaire est assez bon ainsi que l'activité biologique.

Facteurs limitants: hydromorphie temporaire (risque d'asphyxie).

Sous-groupe des sols d'érosion régosolique

(Profil effectué: B46)

Cette unité pédologique se trouve sur les glacis pentes supérieure, moyenne et inférieure et ne couvre que 2,1 % de superficie.

Caractéristiques morphologiques: la couleur varie de brun ou brun sombre en surface à brun jaunâtre en profondeur. La texture est souvent sablo-limoneuse, la charge graveleuse, forte avec des fragments de granite facilement friables. La structure passe de polyédrique subangulaire faiblement développée en éléments moyens et fins en surface, à massive en profondeur. L'enracinement dense et l'activité biologique assez bonne en surface, deviennent faibles en profondeur.

Facteurs limitants: érosion hydrique

3. Classe des sols à sesquioxydes de fer et de manganèse

Sous-classe des sols ferrugineux tropicaux

Sous-groupe des sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés superficiels

(Profil effectué: B07)

Cette unité pédologique se trouve uniquement sur les glacis moyens et ne couvre que 2,5 % de la zone cartographiée.

Caractéristiques morphologiques: à l'état sec, de 0 à 20 cm de profondeur, la couleur varie de brun pâle (10YR/6/3) à jaune brunâtre (10YR6/6),. La texture sablo-limoneuse en surface contient une charge graveleuse très forte entre 15 et 20 cm de profondeur. Au-delà de 25 cm, commence la cuirasse latéritique à trame rouge très dure (2,5YR4/8) et jaune rougeâtre

(5YR6/6). La structure passe de polyédrique subangulaire moyennement développée, dans les horizons de surface, à polyédrique angulaire moyennement développée en éléments fins et très fins entre 15 et 20 cm. L'enracinement peu dense et assez bien développé diminue avec la profondeur.

Facteurs limitants: faible profondeur

Sous-groupe des sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés peu profonds

Faciès carapacé ou cuirassé (Profils effectués: B29, B34, B36, B37, B43 et B44).

Ces sols se rencontrent sur des glacis supérieurs et moyens et couvrent une superficie cartographiée de 285,6 ha (7,8 % du total).

Caractéristiques morphologiques: la couleur dans les premiers centimètres est brun sombre (10YR3/3) ou brun grisâtre très sombre (10YR3/8) à l'état humide. Elle devient brun jaunâtre (10YR5/8) ou brun à brun sombre (10YR4/3) dans le même état entre 10 et 30 cm de profondeur. La texture varie de sablo-limoneuse à sablo-argileuse avec la profondeur. La structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers moyens et fins en surface devient polyédrique angulaire faiblement développée en éléments fins et moyens en profondeur. La porosité, est partout assez bonne en surface sauf au contact de la cuirasse latéritique.

Facteurs limitants: faible de profondeur.

Sous-groupe des sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés moyennement profonds

Faciès carapacé ou cuirassé. (Profils effectués: B03, B05, B08, B09, B10, B20, B21, B30, B31, B32 et B47)

Ces sols sont représentatifs de la zone cartographiée (35,6 %). Ils se retrouvent sur les glacis supérieurs, moyens et inférieurs.

Caractéristiques morphologiques : à l'état humide, la couleur du sol est brun grisâtre sombre (10YR4/2) ou brun (10YR5/3) dans l'horizon superficiel. Elle devient brun jaunâtre sombre (10YR4/4) ou brun grisâtre sombre (10YR4/2) à 45 cm de profondeur. La texture est sableuse avec des graviers de quartz ou sablo-argileuse entre 40 cm et 85 cm de profondeur. La cuirasse ferrugineuse commence parfois dès les 45 premiers centimètres ou à 85 cm. La structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins dans les horizons de surface devient massive ou faiblement développée en éléments fins et moyens et polyédrique angulaire avec la profondeur. L'enracinement et l'activité biologique diminuent avec la profondeur.

Facteurs limitants: manque de profondeur.

Sous groupe des sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés profonds

Faciès carapacé ou cuirassé (Profils effectués: B01, B02, B06, B22, B23, B24, B25, B26, B27 et B33).

Cette unité pédologique est assez représentative de la superficie cartographiée (16,5 % du total). Elle se rencontre sur les glacis en général et est assez profonde.

Caractéristiques morphologiques: la couleur à l'état humide, brun sombre (10YR3/3) ou brun grisâtre très sombre (10YR3/2) dans les quinze premiers centimètres, devient brun foncé (10YR5/6) ou jaune brunâtre (10YR6/8) à 85 cm de profondeur. La texture varie de sablo-argileuse à argilo-limoneuse avec la profondeur. La structure est massive à polyédrique subangulaire jusqu'à 50 cm de profondeur, puis elle devient polyédrique angulaire faiblement développée en éléments fins et moyens plus profondément. L'activité biologique est assez bonne à moyenne et l'enracinement est relativement dense.

Sous-groupe des sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et à concrétions
(Profils effectués: B04, B11, B12, B16, B17, B18, B19, B38, B39, B42, B49, B50).

Ces sols sont aussi assez représentatifs (16,4 %) de la superficie cartographiée et sont localisés sur les glacis supérieurs, moyens et inférieurs.

Caractéristiques morphologiques: la couleur brun grisâtre très sombre (10YR3/2) dans les horizons de surface à l'état humide devient brun foncé (7,5YR5/6) en profondeur. La charge graveleuse très faible en surface (0 à 5 % de gravier de quartz), augmente plus profondément jusqu'à 10 %. La texture sablo-limoneuse dans les deux premiers horizons devient argilo-sableuse à argileuse en profondeur. La structure, moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins, polyédrique subangulaire devient polyédrique angulaire faiblement développée en éléments très fins et moyens. L'activité biologique varie de assez bonne à moyenne avec la profondeur.

Facteurs limitants: les éléments grossiers (Graviers de quartz et de concrétions ferrugineuses).

Sous-groupe des sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes
(Profils effectués: B14, B28 et B40).

Ces sols se rencontrent sur des glacis surtout des pentes inférieures, sur les rebords des zones de drainage. Ils représentent 4,8 % de la surface cartographiée.

Caractéristiques morphologiques: la couleur à l'état humide est brun grisâtre sombre (10YR4/2) en surface, brun à brun sombre (10YR4/3) entre 15-45 cm et brun pâle (10YR6/3) au-delà de 45 cm avec 15 % des taches gris à gris clair (10YR6/1) et brun foncé (7,5YR5/8). La charge graveleuse est constituée de quelques gravillons de quartz et de gravillons ferrugineux. La texture limono-argileuse dans les horizons de surface fait penser aux croûtes

d'érosion. Elle devient plus argileuse très profondément. La structure, massive à moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins, polyédrique subangulaire, devient faiblement développée en éléments fins et moyens entre 45 et 120 cm. L'enracinement et l'activité biologique, respectivement dense et assez bonne dans les premiers horizons, diminuent avec la profondeur.

Facteurs limitants: risque d'asphyxie au-delà de 45 cm en temps d'inondation.

4. Classe des sols hydromorphes

Sous-groupe des sols peu humifères à pseudogley d'ensemble (Profil effectué: B15)

Cette unité pédologique est typique des bas-fonds et n'occupe que 2,9 % de toute la superficie cartographiée. Elle est localisée sur les axes de drainage et les plaines alluviales.

Caractéristiques morphologiques: à l'état humide, la couleur en surface est gris sombre (10YR3/1), brun très sombre (10YR2/2) entre 5 et 20 cm, gris (10YR5/1) entre 20-40 cm et brun sombre (10YR4/1) au-delà de 50 cm. Le nombre de taches grises et brun jaunâtre (10YR5/8) augmente avec la profondeur. La texture, limoneuse dès la surface, devient argileuse au-delà de 20 cm de profondeur. Les racines et l'activité biologique diminuent de la surface jusqu'à la limite de 40 cm au-delà de laquelle elles deviennent très rares. La structure massive à moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins en surface devient polyédrique angulaire fortement développée en éléments fins et moyens plus profondément.

Facteurs limitants: il y a un risque d'asphyxie.



Planche 3: Micro-organisations péliculaires superficielles
a- Croûtes minérales
b- Croûtes algales

IV. 1.3. Etats de surface et susceptibilité à la dégradation des unités morphopédologiques

Les microorganisations pelliculaires superficielles appelées croûtes, sont des symptômes précoces de la dégradation des sols. Elles fournissent un élément essentiel du diagnostic de l'état du milieu, et la connaissance de leur séquence génétique permet d'émettre des hypothèses sur les évolutions futures de sols selon les modes de gestions (SOLTROP, 1989). Utilisant la terminologie définie par CASENAVE et VALENTIN (1989), nous avons identifié dans le terroir de Sobaka sept types d'état de surface dont le développement -tout en mettant certes en jeu plusieurs processus- nous semble fortement dépendant de la végétation par la couverture que celle-ci fournit ou non au sol. Nous avons, par rapport aux différentes unités pédologiques, noté les types d'état de surface généralement dominants.

Sur les sols à sesquioxyde de fer et de manganèse, s'étendant sur le glacis, avec une topographie peu accidentée de pente moyenne ou nulle, la structure du sol s'effondre sur place donnant des croûtes structurales de type ST2². Le principal facteur de réorganisation superficielle est la faiblesse de la pente qui limite l'écoulement de l'eau et permet sa stagnation temporaire (surtout quand le sol est de faible profondeur < 30 à 50 cm). La conséquence directe est la tendance à la création de structures massives en profondeur qui offrent peu d'aération et de possibilité de pénétration racinaire. L'activité biologique est moins bonne comme l'atteste la charge en turricule de vers de terre. En surface la présence d'une pellicule plasmique limite l'infiltration.

²Les croûtes structurales de type ST2 sont des surfaces non cultivées présentant moins de 20% de turricules de vers et moins de 40% de charges grossières. Elles comportent deux microhorizons (sable grossier continu, légèrement pris en masse recouvrant une pellicule plasmique).

Le ruissellement laminaire, avec dépôt de sédiments dans la lame de ruissellement, permet par endroits à des croûtes de ruissellement (RUI)³ de recouvrir ces croûtes structurales. Le principal facteur de réorganisation superficielle est l'eau qui par l'érosion hydrique en nappe déplace des sédiments pour les redeposer un peu plus loin. La conséquence est le départ de sédiments des zones sources et la formation de surface à composition granulométrique grossière (sable grossier) dans les zones réceptrices. Ces horizons à sable grossier sont pauvres en matière organique et limite le réservoir utilisable maximale (chapitre VI.2.5.). Si les pellicules plasmiques sont dominantes, l'infiltration est limitée. Les zones cultivées situées en pente (haut de toposéquence) sont couvertes de croûtes de type C3⁴ généralement associées à des croûtes de ruissellement dominantes. La culture remanie constamment l'horizon de surface, l'aère, et provoque aussi le départ de sédiments. L'eau (érosion hydrique) et la culture sont le principaux facteurs de réorganisation superficielle.

Les lithosols sur cuirasse et les sols peu évolués d'érosion régosolique sur buttes ou plateaux cuirassés, souvent érodés par le vent, laissent voir des croûtes grossières (G), les éléments grossiers étant enchâssés dans une croûte à trois microhorizons (sable grossier, sable fin et pellicule plasmique⁵). Le principale facteur de réorganisation superficielle est le vent et l'eau (érosion hydrique et éolienne). L'infiltration est limité et l'érosion hydrique s'accroît.

Les rebords de bas-fonds sur **sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes** présentent des croûtes d'érosion de type ERO⁶ qui limite l'infiltration de l'eau. La présence

³Les croûtes de ruissellement se composent de microhorizons sableux peu triés alternant avec de minces pellicules plasmiques.

⁴Les surfaces de type de C3 sont des surfaces cultivées dont la porosité vésiculaire est supérieure à 30%.

⁵Ce terme dérive de plasma, mot emprunté à la micromorphologie; il désigne la fraction qui inclut tous les matériaux, minéraux et organiques de dimensions colloïdales et toute la fraction soluble qui ne fait pas partie des grains du squelette (BREWER, 1964 in CASANAVE et VALENTIN, 1989). CASANAVE et VALENTIN l'utilisent pour un matériau qui semble à l'oeil nu, dépourvu de grain de sables

⁶Les croûte d'érosion sont seulement formées de pellicules plasmiques quand le vent et l'eau ont décapé les microhorizons sableux.

de croûtes de type RUI à la limite des zones cultivées contiguës à ces rebords de bas-fonds laisse penser que ce type ERO s'est formé aux dépens d'une croûte de ruissellement, suite à la mise à l'affleurement d'une croûte structurale argileuse. En effet, le choc répété des gouttes de pluie sur la croûte qui reste exondée, conduit à la formation d'une pellicule très compactée souvent enrichie en éléments fins (VALENTIN et RUIZ FIGUEROA, 1987, *in* CASENAVE et VALENTIN, 1989). Il s'ensuit une diminution de la rugosité et une disparition progressive de tout reste d'agrégat.

Au niveau **des sols hydromorphes**, la sédimentation de particules aboutit à la formation de croûtes de décantation (DEC)⁷ souvent associées, grâce à l'apport de sable des glacis bordant ces zones, à des croûtes de dessiccation (DES)⁸; celles - ci sont caractérisées par un microhorizon sableux pris en masse. Ces croûtes limitent l'activité biologiques en profondeur. En surface et sur les sols dénudés sujets à l'hydromorphie, il se forme souvent des pellicules biologiques qui seraient, selon LE HOUEROU (1995), constituées «d'algues unicellulaires, notamment de Cyanophycées, d'algues vertes, de lichens, de mousses et parfois d'hépatiques»(cf. planche 3). Ces «croûtes biologiques», comparables aux pellicules limoneuses de battance, réduisent aussi la perméabilité du sol à l'eau et à l'air.

Conclusion

L'étude pédologique du terroir de Sobaka a permis de cartographier l'organisation spatiale des sols et d'estimer l'importance de chaque unité morphopédologique.

⁷Les croûtes de décantation sont caractérisées par un microhorizon superficiel fragmentaire, en polygones qui délimitent des prismes, des plaquettes ou des squames. Elles présentent moins de 20% de turricules de vers et moins de 40% de charges grossières.

⁸Les croûtes de dessiccation sont caractérisées par l'affleurement d'un microhorizon sableux unique légèrement pris en masse, très fragile, pouvant atteindre plusieurs dizaines de millimètres d'épaisseur. Elles présentent moins de 20% de turricules de vers et moins de 40% de charges grossières.

Cette étude fait ressortir quatorze unités de sols réparties en quatre classes. Il s'agit par ordre d'importance de:

- la classe des sols à sesquioxydes de fer et de manganèse (sous classe des sols ferrugineux tropicaux): 86,6 %
- la classe des sols minéraux bruts : 5,4 %
- la classe des sols peu évolués : 5,1 %
- la classe des sols hydromorphes : 2,9 %

Le terroir de Sobaka comporte essentiellement des sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés. A cette échelle de l'étude (échelle terroir), les relations potentielles sol/végétation seront essentiellement sous la dépendance des propriétés associées à la présence d'oxyde de Fe ou de Mn, mais surtout à la profondeur limitée de ses sols et aux phénomènes de réorganisations superficielle.

Le principal facteur de réorganisation de la surface du sol reste ici la profondeur souvent très limitée de ces sols. L'observation de croûtes structurales sur les sols à sesquioxyde de fer et de manganèse montre bien que l'apparition à faible profondeur de l'horizon induré, donc imperméable, entraîne rapidement la saturation des horizons sus-jacents, ce qui provoque, à terme, l'effondrement sur place de la structure, avec disparition d'agrégats, création d'une structure massive, diminution de l'aération et des possibilités de pénétration racinaire. La faible teneur de ces sols en matière organique augmenterait leur susceptibilité à la dégradation (CASENAVE et VALENTIN, 1989). Cette réorganisation superficielle du sol en surfaces élémentaires est facilement décelable en l'absence de végétation; c'est donc dire qu'une bonne couverture végétale limiterait l'apparition de ces surfaces élémentaires même si certaines formations végétales à herbacées annuelles (*Eragrostis tenella*, *Microchloa indica*...) semblent mieux s'y implanter (cf planche 3).

La différenciation verticale en horizons est donc une caractéristique intrinsèque de la couverture pédologique à l'échelle stationnelle. Elle intervient sur l'installation et le fonctionnement du peuplement végétal essentiellement par les caractères de l'horizon induré : profondeur d'apparition, degré d'induration, extension verticale, morphologie.

IV.2. Caractérisation des faciès de végétation

IV.2.1. Importance des types biologiques

L'observation de la végétation révèle une imbrication nette, avec une variation du recouvrement en fonction des seuils, des trois types biologiques que constituent les espèces ligneuses, les espèces «sous-ligneuses» et les espèces herbacées. A la savane-type -définie par MENAUT (1983), comme constituée d'une strate herbacée haute, continue en période végétative, dominée par un couvert ligneux plus ou moins dense- s'associe une strate intermédiaire formée d'espèces pérennes à tiges semi-ligneuses, retenues dans le présent texte sous le terme de «sous-ligneuses».

Bien que spécifiquement peu nombreuses et biologiquement mal connues, les espèces κ de sous-ligneuses impriment à la végétation, quand elles apparaissent, une physionomie toute particulière qui parfois peut masquer la présence des autres types biologiques. Elles interviennent et marquent des seuils dans les séries post-culturelles. Ce sont des plantes dicotylédones, pérennes, de taille inférieure à deux mètres, fortement tubérisées (*Cochlospermum planchonii* et *Cochlospermum tinctorium*) ou à racines abondamment ramifiées (*Grewia cissoïdes*, *Triumphetta lepidota* et *Lippia chevalieri*). Elles sont généralement très sensibles aux variations des conditions environnementales (floraison de C.

tinctorium après le passage du feu et débourrement des bourgeons végétatifs chez les autres espèces; dessèchement rapide et chutes des feuilles dès la fin de la saison des pluies) (planche 6).

L'action anthropique, par le tri qu'elle effectue au sein de la végétation, apparaît comme le facteur primordial qui impose la structure et la composition de la végétation ligneuse post-culturelle.

IV.2.2. Affinités et niveaux d'homogénéité floristique identifiée par ACP et CHA

L'ensemble des placettes ayant fait l'objet d'inventaire des espèces ligneuses et herbacées est soumis à une analyse en composante principale (ACP) et à une classification hiérarchique ascendante (CHA). Les traitements ont été faits séparément; les ligneux d'une part et les herbacées d'autre part. Les diagrammes de répartition dans des plans d'axes des relevés (contenant toutes les espèces) présentent une hétérogénéité due à une forte contribution à l'inertie des axes 1, 2 ou 3 d'une ou de plusieurs espèces moins fréquentes; ceci a pour effet d'isoler le relevé contenant ces espèces et de concentrer le reste des points souvent près du centre. Le tableau 2, établi à la suite de cette constatation, donne la représentativité effective des espèces sur l'ensemble des relevés portant sur 50 parcelles de 2500m² chacune. Sa lecture révèle un cortège assez important d'espèces aussi bien herbacées que ligneuses qui ne sont présentes que dans moins de 10% des parcelles inventoriées. Elles donnent également des espèces qui sont présentes dans plus de 50 à 80% des relevés:

- pour les espèces herbacées: *Borreria stachydea* (92%), *Digitaria lecardii* (89%), *Andropogon gayanus* (85%), *Andropogon pseudapricus* (83%), *Microchloa indica* (69%),

Brachiaria distichophylla (61%), *Pennisetum pedicellatum* (61%), *Rottboellia exaltata* (56%), *Setaria pallide-fusca* (53%), *Andropogon ascinodis* (52%), *Borreria scabra* (50%).

- pour les espèces ligneuses: *Butyrospermum paradoxum* (97%), *Combretum glutinosum* (89%), *Detarium microcarpum* (89%), *Terminalia avicennioides* (89%), *Piliostigma thonningii* (89%), *Gardenia ternifolia* (81%), *Annona senegalensis* (76%), *Crossopterix febrifuga* (73%), *Maytenus senegalensis* (73%), *Lannea acida* (65%), *Prosopis africana* (65%), *Strychnos spinosa* (54%), *Burkea africana* (51%).

Ces espèces sont également bien représentées en nombre au niveau des parcelles.

Nous avons progressivement supprimé les espèces peu communes. La délimitation des contours des groupes sur les graphiques fournis par l'ACP n'est pas toujours aisée. Le recours aux résultats de la classification hiérarchique ascendante (CHA), avec des matrices de proximité qui utilisent l'indice de similarité de JACCARD (logiciel: MultiVariable Statistical Programm SIMSTAT/MVSP), en particulier le dendrogramme permet de former quelques groupes par niveau d'homogénéité floristique. La construction des dendrogrammes ligneux et herbacées se fait autour des parcelles PE 40, PE 41, et PE 42, 43, 44, et 45 avec généralement un niveau de liaison supérieur à 60% dans les deux cas. Ces parcelles sont essentiellement composées pour les espèces herbacées de *Andropogon ascinodis*, dominant, *Andropogon gayanus* et de quelques herbacées annuelles, et pour les espèces ligneuses d'un nombre généralement élevé de *Butyrospermum paradoxum*, *Detarium microcarpum*, *Terminalia avicennioides*, *Piliostigma thonningii*, *Burkea africana* etc... Autour de ce noyau viennent s'agréger progressivement les autres parcelles en fonction du fait qu'elles lui sont plus ou moins proches floristiquement.

Tableau 2: Représentativité effective des espèces herbacées et ligneuses au sein des parcelles inventoriées (% calculé sur 50 parcelles de 2500m² de surface chacune)

Espèces herbacées	%	Espèces ligneuses	Stratification			
			Sr %	SJ %	SR %	IT %
Afromosia laxiflora	8	Acacia dudgeonii	19	19	14	35
Acanthospermum hispidum	3	Acacia gourmaensis	8	8	8	14
Andropogon ascinodis	52	Acacia macrostachya	19	27	11	46
Andropogon gayanus	85	Acacia pennata	-	3	-	3
Andropogon pseudapricus	83	Acacia seyal	5	16	3	16
Aristida adscensionis	13	Adansonia digitata	-	3	-	3
Borreria radiata	3	Azzeria africana	-	3	-	3
Borreria scabra	50	Annona senegalensis	54	68	3	76
Borreria stachydea	92	Anogeissus leiocarpus	19	24	8	46
Brachiaria distichophylla	61	Balanites aegyptium	8	5	3	14
Brachiaria jubata	17	Bombax costatum	18	5	3	24
Brachiaria lata	28	Burkea africana	38	38	30	51
Cassia mimosoides	31	Butyrospermum parkii	80	89	76	97
Cassia tora	14	Calotropis procera	-	-	3	3
Chloris pilosa	3	Capparis corymbosa	-	5	-	5
Chrysanthellum americanum	6	Cassia sieberiana	8	16	5	24
Cleome viscosa	3	Cassia singueana	3	8	-	11
Corchorus tridens	3	Combretum glutinosum	59	84	16	89
Crotalaria retusa	3	Combretum micranthum	3	-	-	3
Curculigo pilosa	27	Combretum nigricans	-	-	3	3
Cymbopogon schoenanthus	3	Combretum velutinum	14	19	-	19
Cyperus esculentus	3	Crossopterix febrifuga	46	65	19	73
Cyperus amabilis	14	Detarium microcarpum	51	86	41	89
Dactyloctenium aegyptium	25	Dichrostachys glomerata	27	30	3	41
Digitaria exilis	6	Diospyros mespiliformis	11	8	24	16
Digitaria horizontalis	11	Entada africana	27	38	-	46
Digitaria lecardii	89	Feretia apodanthera	16	7	-	19
Eragrostis aspera	6	Ficus spp.	5	-	-	6
Eragrostis tenella	33	Gardenia ternifolia	57	57	11	81
Eragrostis tremula	6	Grevia bicolor	19	22	11	32
Eragrostis turgida	3	Guiera senegalensis	8	32	5	32
Euphorbia hirta	6	Heeria insignis	3	11	3	14
Evolvulus alsinoides	3	Lannea acida	24	57	27	65
Fimbristylis dichotoma	8	Lannea microcarpa	5	19	8	27
Fimbristylis hispidula	17	Lannea velutina	-	11	-	11
Gladiolus klatthianus	3	Lonchocarpus laxiflorus	3	-	8	11
Hackelochloa granularis	3	Maytenus senegalensis	35	61	8	73
Hibiscus surratensis	6	Ostryoderris sthulmanii	19	24	14	35
Ipomea eriocarpa	17	Parkia biglobosa	5	11	14	19
Loudetia simplex	22	Piliostigma reticulata	24	16	3	32
Loudetia togoensis	17	Piliostigma thonningii	76	86	24	89
Microchloa indica	69	Prosopis africana	49	48	16	65
Mitracarpus villosus	8	Pseudocedrella kotschii	16	3	-	19
Pennisetum pedicellatum	61	Pteoleopsis suberosa	24	22	5	24
Pennisetum polystachion	3	Pterocarpus erinaceus	11	-	-	11
Raphionacme brownii	3	Sclerocarya birrea	8	8	3	19
Raphionacme daronii	3	Securidaca longepedunculata	3	5	-	5
Rottboellia exaltata	56	Securinega virosa	14	43	3	49

Tableau 3: Groupes floristiquement homogènes établis après analyse ACP et CHA. Les chiffres donnent les fréquences centésimales (F.C.) et les contributions spécifiques présences (CSP) des espèces herbacées pérennes (Ag, Aa) et annuelles (Ha)

G 1							
Ag+++/Ha	Aa		Ag		Ha		Age
N°	F.C.	CSP	F.C.	CSP	ΣFC_{Ha}	ΣCSP_{Ha}	
1			89,7	96,7	3	1,07	10-16
2			82,3	82,05	18	17,95	10-16
33			73	93,59	5	6,41	10-16

G 2							
Ha+++/Ag	Aa		Ag		Ha		Age
N°	F.C.	CSP	F.C.	CSP	ΣFC_{Ha}	ΣCSP_{Ha}	
3			12,6	6,42	197,33	93,58	6-10
5			0,33	0,35	96,33	99,65	11-15
8			54	42,41	73,34	57,59	6-10
9			26,34	33,62	52	66,38	6-10
11			30,33	29,55	72,33	70,45	6-10
12			16	13,87	99,33	86,12	6-10
26			27,34	13,16	154	86,84	6-10
28			7	6,93	94	93,07	6-10
36			2	1,67	116,67	98,32	6-10
37			2,67	2,56	101,67	97,44	6-10

G 3							
Ag++/Ha+	Aa		Ag		Ha		Age
N°	F.C.	CSP	F.C.	CSP	ΣFC_{Ha}	ΣCSP_{Ha}	
19			36	48	39	52	6-10
20			57,67	66,04	29,67	33,96	16-20
21			63,67	66,78	31,16	33,22	16-20
22			42,34	42,05	58,34	57,95	16-20
24			46,34	73,15	17	26,85	16-20
25			63,34	78,19	17,67	21,81	16-20
31			59,67	80,27	14,67	19,73	16-20
32			54,67	66,67	27,34	33,33	19-20

G 4							
Ha+++	Aa		Ag		Ha		Age
N°	F.C.	CSP	F.C.	CSP	ΣFC_{Ha}	ΣCSP_{Ha}	
4					106,66	100	11-15
6					95,66	100	11-15
7					128	100	11-15
10					106	100	0-5
18					78,34	100	0-5
23					113	100	6-10
34					96,33	100	6-10
35					149	100	6-10
43					91,67	100	0-5
45					153	100	6-10
46					184	100	0-5

Tableau 3 suite

G 5 Ha+++/Ag/Aa							
	Aa		Ag		Ha		Age
N°	F.C.	CSP	F.C.	CSP	ΣFC_{Ha}	ΣCSP_{Ha}	
27	6	5.45	22.67	20.61	81.34	73.94	26-30
38	5.34	6.27			79.67	93.73	20-30
47	5.5	5.75	18.54	19.75	98.64	74.5	26-30
17	2	2.5	9.34	11.67	68.67	85.83	26-30

G 6 Ha+/Ag/Aa Ag++/Aa/Ha							
	Aa		Ag		Ha		Age
N°	F.C.	CSP	F.C.	CSP	ΣFC_{Ha}	ΣCSP_{Ha}	
13	2,33	3,48	23,66	35,32	41	61,20	20-25
14	5	6,84	33,33	45,67	34,66	47,49	20-25
15	1,33	2,12	15,66	24,87	46	73,01	20-25
16	3	4,97	16	26,51	41,34	68,51	20-25
29	16,67	17	71,67	73,13	9,67	9,87	30-40
30	0,67	0,63	55,67	52,84	49	46,52	20-25
41	28,34	31,02	45,67	50	17,34	18,99	30-40

G 7 Aa+++/Ha							
	Aa		Ag		Ha		Age
N°	F.C.	CSP	F.C.	CSP	ΣFC_{Ha}	ΣCSP_{Ha}	
42	90,66	82,42			19,34	17,58	+40
48	90	66,34			47,67	43,62	20-30
49	76,34	90,16			8,34	10,44	20-30
50	74,34	91,77			6,67	8,23	20-30

G8 Aa+++/Ha/Ag							
	Aa		Ag		Ha		Age
N°	F.C.	CSP	F.C.	CSP	ΣFC_{Ha}	ΣCSP_{Ha}	
44	94,34	86,00	3	2,75	12,34	11,25	+40
40	50,67	74,51	9	13,24	17,34	25,49	+40
39	61,33	52,42	44	37,61	11,67	9,97	+40

Légende:Aa: *Andropogon ascinodis*Ag: *Andropogon gayanus*

Ha: herbacées annuelles

FC: fréquence centésimale

CSP: contribution spécifique présence

 ΣFC_{Ha} : somme des fréquences centésimales des herbacées annuelles ΣCSP_{Ha} : somme des contributions spécifiques présences des herbacées annuelles

N°: numéro de la parcelle inventoriée

faciès: type de faciès

La même technique de classification appliquée aux espèces permet d'identifier, pour chaque groupe de parcelle isolé, les espèces qui le composent principalement et que lient les résultats de la CHA.

Nous nous sommes particulièrement penché sur les résultats fournis par l'analyse des herbacées car les dendrogrammes obtenus sont grossièrement superposables (cf. tableaux 7 et 8)). Ceci tient au fait que les herbacées, en tant qu'éléments de paysage plus fins que les ligneux, intègrent davantage, par leur composition floristique, les microvariations du milieu et traduisent mieux la succession post-culturale; la composition floristique de la végétation ligneuse étant très tributaire du précédent cultural.

Les dendrogrammes simplifiés obtenus à la suite de ces traitements permettent de distinguer quelques faciès et associations végétales que donnent les figures 7 et 8.

Dans les peuplements herbacés, la végétation s'organise principalement autour des liaisons entre les cinq espèces les plus fréquentes et les plus dominantes des associations végétales herbacées (cf. figure 9).

- *Andropogon ascinodis* pour les anciennes jachères
- *Andropogon gayanus* pour les jachère d'âge moyen (6- 20 ans)
- *Andropogon pseudapricus*, *Borreria stachydea* et *Digitaria lecardii* pour les jeunes jachères.

Dans les peuplements ligneux, les différentes associations s'organisent autour de trois noyaux que donnent la figure 10 :

- *Combretum glutinosum*, *Terminalia avicennioides*, *Piliostigma thonnigii*, espèces très fréquentes dans les strates «jachère» et rejet. Elles présentent un niveau de liaison supérieur à 84%.

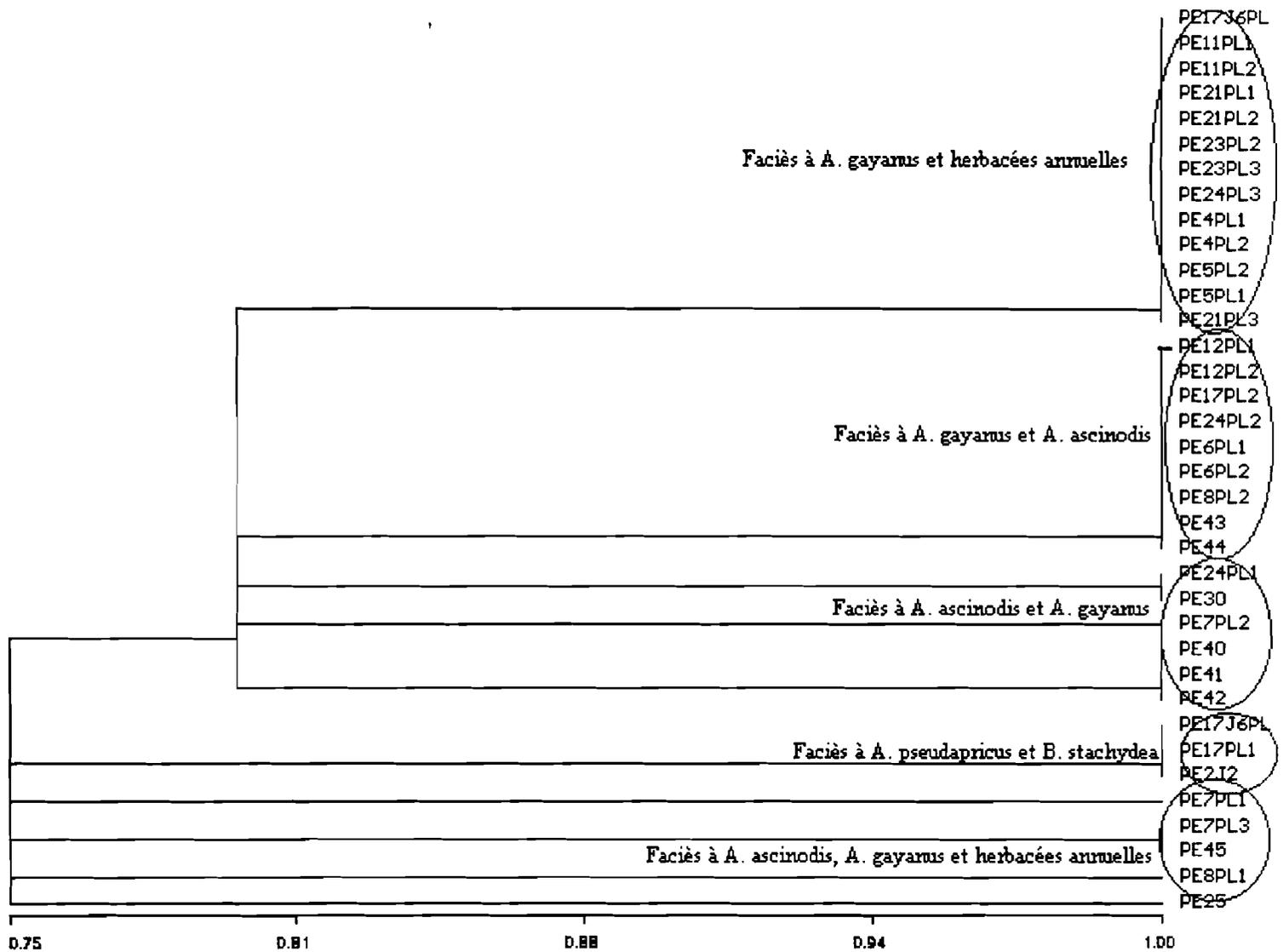


Figure 7: Dendrogramme simplifié des relevés (espèces herbacées)

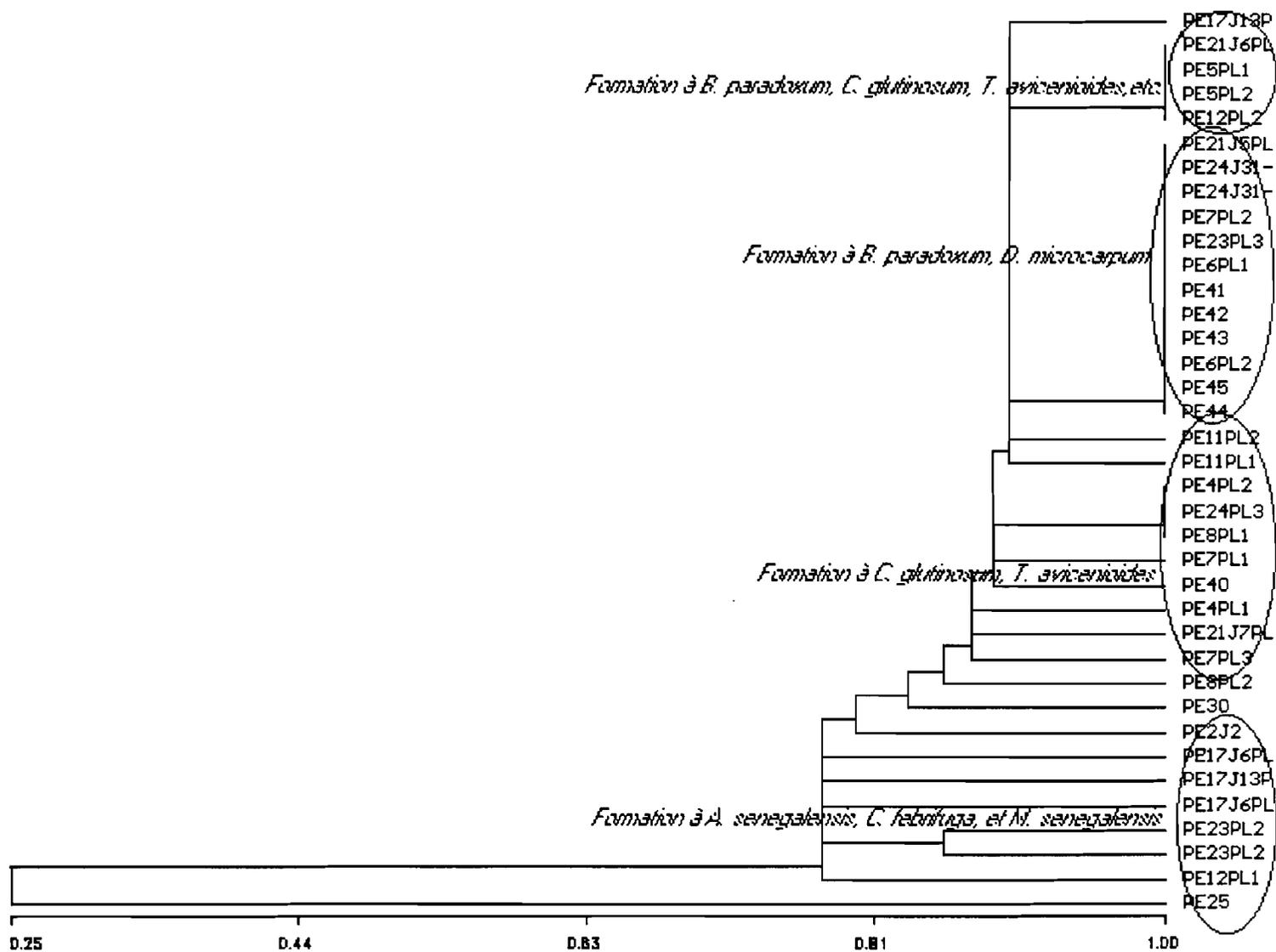


Figure 8: Dendrogramme simplifié des relevés (espèces ligneuses)

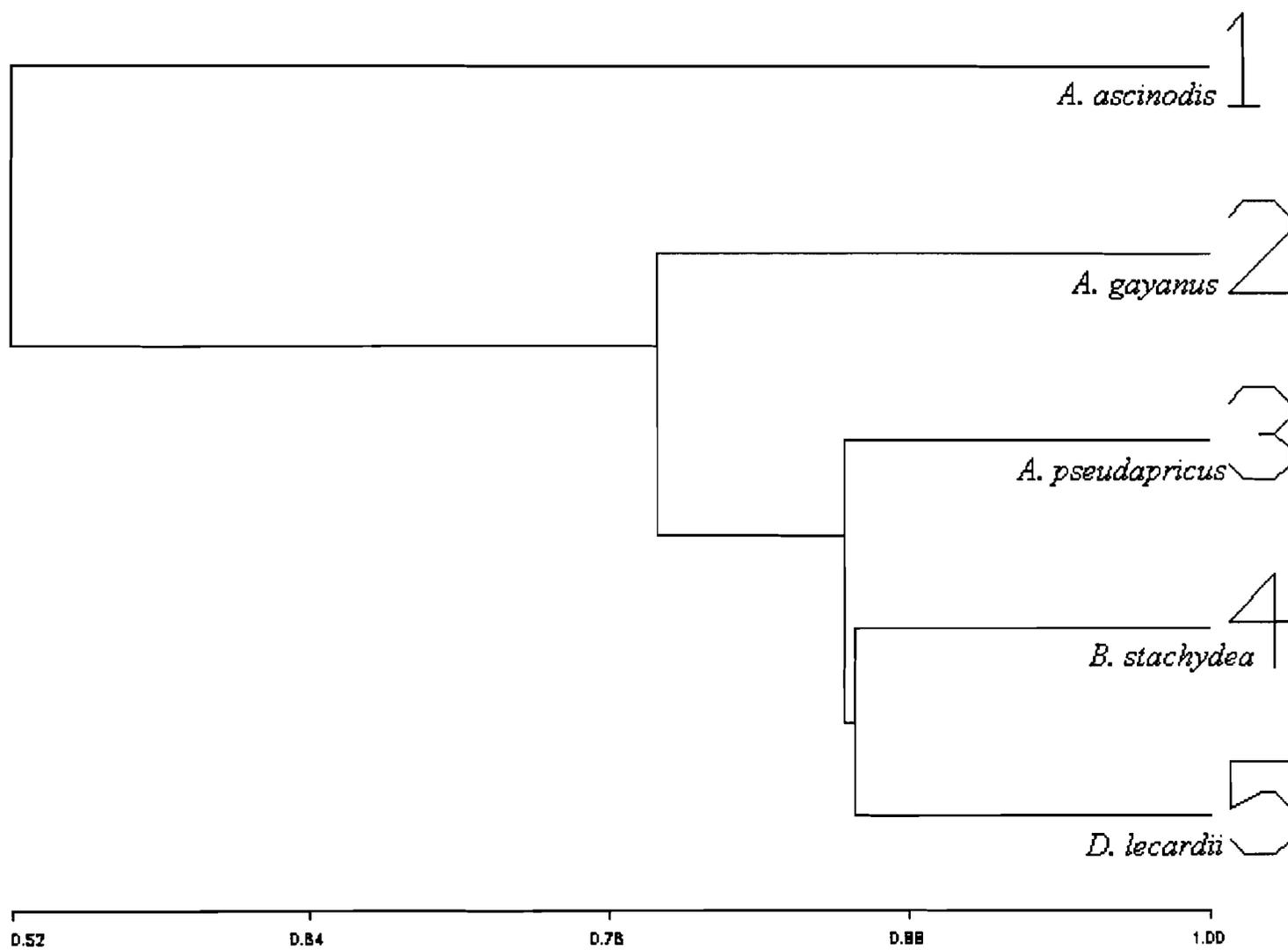


Figure 9: Dendrogramme simplifié des espèces herbacées

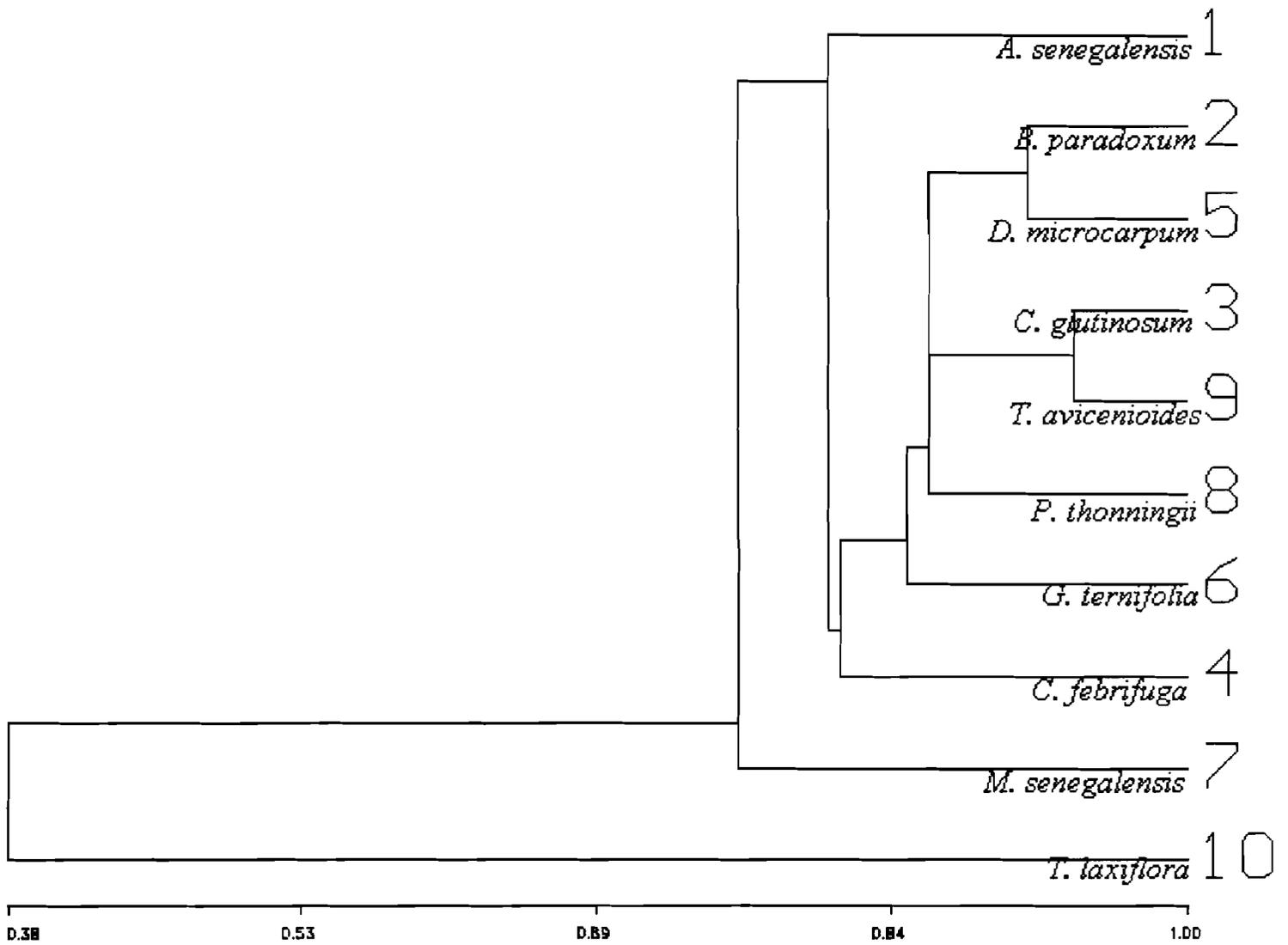


Figure 10: Dendrogramme simplifié des espèces ligneuses

- *Butyrospermum paradoxum* et *Detarium microcarpum* très présentes dans les trois strates avec un niveau de liaison supérieur à 84%.

- *Annona senegalensis*, *Gardenia ternifolia*, *Crossopteryx febrifuga*, *Maytenus senegalensis*, quasi-absentes de la strate rémanente, et relativement présentes dans la strate rejet. Elles ont un niveau de liaison supérieur à 69%.

⌘-A ce stade, une relation peut s'établir quelques associations ligneux/herbacées:

- dans les jeunes formations on retrouvera le groupe herbacées annuelles (*Andropogon pseudapricus*, *Borreria stachydea* et *Digitaria lecardii*) fréquemment associé au groupe ligneux *Annona senegalensis*, *Gardenia ternifolia*, *Crossopteryx febrifuga*, *Maytenus senegalensis*,

- dans les jachères d'âge moyen *Andropogon gayanus* est fréquemment associée au groupe *Combretum glutinosum*, *Terminalia avicennioides*, *Piliostigma thonnigii*.

- dans les anciennes jachères *Andropogon ascinodis* est associée au groupe *Butyrospermum paradoxum* et *Detarium microcarpum* (espèces à l'état rémanent).

Ces traitements, s'ils ont le désavantage d'écarter de nombreuses espèces peu présentes, donnent par contre des groupes avec des niveaux de liaisons élevés.

Nous avons introduit d'autres niveaux de classification qui tiennent compte:

- de l'importance relative des espèces herbacées les plus fréquentes en distinguant espèces herbacées annuelles et espèces herbacées pérennes. Le tableau 3 donne les fréquences centésimales et les contributions spécifiques présences.

- de l'importance des autres types biologiques (ligneux et sous-ligneux). Nous distinguons surtout pour les ligneux la strate la plus présente (dominance physiologique et numérique, cf. figure 16 chapitre V.2.2)

- de l'âge, c'est à dire le temps d'abandon cultural.

Nous n'avons pas introduit un niveau de classification qui tienne compte des relations sol-végétation et qui, nous semblent masquées par les facteurs anthropiques fortement dominant sur le terroir.

C'est ainsi qu'apparaissent neuf faciès que nous avons caractérisés par la légende donnée par l'encadré ci-dessus

Nous signalons des recouvrements inférieurs à 25% ou la présence de quelques pieds par une légende qui caractérise chaque type biologique:

Ag = *Andropogon gayanus*

Aa = *Andropogon ascinodis*

Ha = Herbacées annuelles

Li = Ligneux

Sl = Sous-ligneux

Lim= Ligneux monospécifique

+++ = recouvrement supérieur à 75%

++ = recouvrement de 50 à 75%

+ = recouvrement de 25 à 50%

Exemple de notation:

Ag+++/Sl+++;Li = un recouvrement de plus de 75% par *A. gayanus*, 25 à 50% par des sous-ligneux, et moins de 25% par des ligneux.

IV.2.3. Les différents faciès post-cultureaux

A partir des données que fournit le tableau n°2, il se dégage une dizaine de faciès qui suggèrent à l'évidence une trajectoire d'évolution des parcelles (cf chapitre V.3.) toutes soumises au passage quasi-permanent des feux de brousse, à un pâturage extensif et au prélèvement de bois ou de paille. La stratification ligneuse donnée parfois en référence est explicitée au chapitre V.2.2.

- le faciès 1, groupe G4 (Ha+++; Li = + 75% de recouvrement par des herbacées annuelles, présence de quelques pieds d'espèces ligneuses): la végétation, essentiellement herbacée, est



Planche 4: Quelques stades successifs de la dynamique post-culturale
 a) faciès à herbacées annuelles (*A. pseudapricus*) 0-5 ans - b) début d'implantation d'herbacées pérennes (*A. gayanus*) 6-10 ans - c) faciès à herbacées pérennes (*A. gayanus*) 11-15 ans - d) faciès à herbacées pérennes (*A. ascinodis*) 25-30 - e) faciès à sous-ligneuses et ligneuses >30 ans - f) écotone *A. gayanus*/sous-ligneuses - g) stade préforestier avec sous-ligneuses et ligneuses - h) disparition progressive des espèces herbacées pérennes (hémicriptophytes cespiteuses) et retour d'espèces herbacées annuelles (thérophytes cespiteuses)

composée de *Andropogon pseudapricus*, *Borreria stachydea* et de quelques espèces herbacées annuelles issues des cultures (*Dactyloctenium aegyptium*, *Eragrostis tremula*, *Setaria pallidifusca* ...). La strate sous-ligneuse est généralement absente et les ligneux réduits à quelques pieds épargnés lors des défrichements, "état rémanent", ou encore à des individus à l'état "rejet", (stratification ligneuse STR1). (planche 4: a)

- le faciès 2, groupe G2 (Ha+++/Ag; Li = + 75% de recouvrement herbacées annuelles, moins de 25% de recouvrement par *A. gayanus*, présence de quelques espèces ligneuses): herbacées annuelles avec implantation de *Andropogon gayanus* dont les touffes forment par endroits des auréoles. La strate sous-ligneuse peut être représentée par quelques espèces dont le nombre de pieds reste très limité. Les souches et les racines présentes avant le défrichement, fournissent des individus à l'état "rejet" et à l'état "jachère"; (stratification ligneuse STR2). (planche 4: b)

- le faciès 3, groupe G1 (Ag+++/Ha; Li/SI = recouvrement de plus de 75% par *A. gayanus*, présence d'espèces ligneuses, sous-ligneuses et d'herbacées annuelles): la coalescence des auréoles de *A. gayanus* donne un tapis continu où le recouvrement de l'espèce est supérieur à 75%. L'installation des espèces sous-ligneuses est plus nette. La participation des espèces ligneuses, avec essentiellement des souches d'espèces rejetant vigoureusement (*Annona senegalensis*, *Crossopterix febrifuga*, *Maytenus senegalensis*, *Guiera senegalensis* ...), donne au site l'aspect d'une savane arbustive dominée par des individus à l'état "jachère" (stratification ligneuse STR3). (planche 4: c).

- le faciès 4, groupe G3 (Ag++/ Ha+; Li+/SI+ = recouvrement de 50 à 75% par *A. gayanus* et de 25 à 50% par les espèces herbacées annuelles, les espèces ligneuses et sous-ligneuses): ce faciès est caractérisé par une présence marquée des espèces sous-ligneuses. La stratification de la végétation ligneuse est complète avec le développement d'individus à l'état semis. On remarquera surtout l'importance de quelques espèces à l'état «jachère» (*Piliostigma reticulata*,

Terminalia spp.) et souvent une prolifération par endroits d'espèces drageonnantes (*Pseudocedrela kotschy* et *Pteleopsis suberosa*) (stratification ligneuse STR3)

- le faciès 5, groupe G6 (Sl+++/Li++; Ag++/Ha/Aa ou Ha+/Ag/Aa = + 75% de recouvrement sous-ligneux, 50 à 75% de recouvrement ligneux, avec pour les herbacées des variations assez importantes des taux de recouvrement). L'apparition de *A. ascinodis* se fait comme pour *A. gayanus* par touffes isolées; l'espèce colonise préférentiellement les espaces nus. Le renforcement de la strate ligneuse par des individus des strates inférieures aboutit à la constitution d'une savane arborée où sont présentes des espèces initialement éliminées lors du défrichement.(stratification ligneuse STR4).

- le faciès 6, groupe G5 (Li+++/Sl+; Ha+++/Ag/Aa = recouvrement de 50 à 75% par les espèces ligneuses et sous-ligneuses, + de 75% par les herbacées annuelles). Des herbacées annuelles germent entre les pieds des espèces sous-ligneuses et ligneuses. Ce stade est surtout dominé par des ligneux rémanents. On assiste à une régression des espèces herbacées pérennes. (planche 4: g). (stratification ligneuse STR5)

- le faciès 7, groupe G7 (Aa+++; Li+/Sl+ = recouvrement de plus de 75% par *A. ascinodis*, 25 à 50% pour les espèces ligneuses et sous-ligneuses): ce faciès se caractérise par une forte dominance de *A. ascinodis* dont les touffes forment un tapis continu avec par endroits des sous-ligneux et des ligneux. (planche 4: d). (Stratification ligneuse STR3).

- le faciès 8, groupe G8 (Aa+++/Ha/Ag; Sl++/Li+++ = + 75% de recouvrement par *Andropogon ascinodis*, moins de 25% de recouvrement par les espèces herbacées annuelles et *Andropogon gayanus*, + 75% par les ligneux et 25 à 50% par les sous-ligneux. *A. ascinodis* forme des plages monospécifiques à recouvrement local élevé (plus de 75% de recouvrement). Les espèces sous-ligneuses renforcent également leur présence sur le terrain. La strate

ligneuse forme une savane arborée plus ou moins dense avec des espèces post-pionnières. (planche 4: e). (stratification ligneuses STR5)

- le faciès 9 (L+++; Ha+ = recouvrement de plus de 75% par les ligneux): On observe par endroits sous la forme d'une savane boisée où réapparaissent des espèces herbacées annuelles, thérophytes uniculmaires. Des plages monospécifiques de *Eragrostis tenella* se créent entre les pieds de *Andropogon spp.* et ceux des espèces sous-ligneuses restantes. C'est le site des grands arbres de savane: *Anogeissus leiocarpus*, *Pterocarpus erinaceus*, *Sterculia setigera*, *Ficus spp.*... (planche 4: h). (stratification ligneuse STR5)

- le faciès 10 (Lim++/Ha+ = recouvrement de plus de 50% d'une espèce ligneuse): il est assez fréquent, sur les sites, dont la composition et la structure végétale est le reflet d'une activité humaine passée et actuelle (fort déboisement, intenses activités agricoles et pastorales), d'observer des surfaces plus ou moins importantes dominées par une seule espèce dont les pieds sont en pleine croissance. La prolifération des pieds de *Piliostigma reticulata*, *Terminalia spp.*, répond souvent à une utilisation particulière du site liée à une activité pastorale. Sur ces sites le couvert herbacé est formé par *Eragrostis tenella*. (stratification ligneuse STR3).

IV.2.4. Carte des stades d'évolution de la végétation et de l'occupation du sol

A partir des faciès définis, une carte de l'occupation du sol par les différents faciès post-cultureux et de végétation a été réalisée au 1/20 000e (carte n°2).

La distribution des faciès au niveau du terroir révèle l'aspect en mosaïque de la végétation. Ces formations généralement ouvertes, forment des zones clairement séparées. L'environnement écologique non contrasté du site, des sols essentiellement ferrugineux

tropicaux lessivés indurés, la faible représentation des faciès à ligneux (FL1 et FL2) donc des stades entièrement inclus dans les faciès jamais défrichés, conduisent à penser que ces formations et leur mode de distribution sont principalement le fait d'activités humaines (les formations ayant été conservées ou détruites à un certain moment) et d'une évolution naturelle dans le temps et, sous l'influence des pressions anthropiques (feux, pâturage, prélèvement de paille et de bois).

La distribution spatiale des différents faciès ne répond pas de manière graduelle aux différents facteurs écologiques; elle reflète plutôt un tracé de l'occupation humaine et de la déprise culturelle. En effet, l'ajustement de la distribution actuelle des faciès (cartographiée à l'échelle de 1/20 000e à partir d'observations au cours des saisons 1993, 1994 et 1995) et l'occupation du sol en 1986 (cartographiée à l'échelle du 1/20 000e) montre que:

- * le faciès 1 s'est constitué aujourd'hui à la place des champs cultivés jusqu'en 1986,
- * les jachères d'âge varié en 1986 correspondent aux faciès 2, 3, 4, 5, 6 et 7
- * les faciès 6 et 9 s'étendent sur des zones non déboisées, qui correspondent, sur la carte d'occupation des sols, à des savanes boisées,

Ces facteurs anthropiques semblent masquer les effets sol possibles.

La légende de la carte est celle utilisée pour définir les différents faciès post-cultureux. Cette légende appréhende les paramètres qualitatifs et quantitatifs des peuplements herbacés et ligneux qui répondent à la nomenclature adoptée et qui induisent naturellement l'aspect visible sur le terrain. Elle donne en effet un cliché de l'état du couvert végétal à l'échelle du terroir sur la base de relevés de terrain et propose une nomenclature qui décrit la composition floristique et le recouvrement des différents groupes biologiques en présence. Cette carte met en évidence des zones de végétation dans un état donné, atteint après un temps de déprise culturelle.

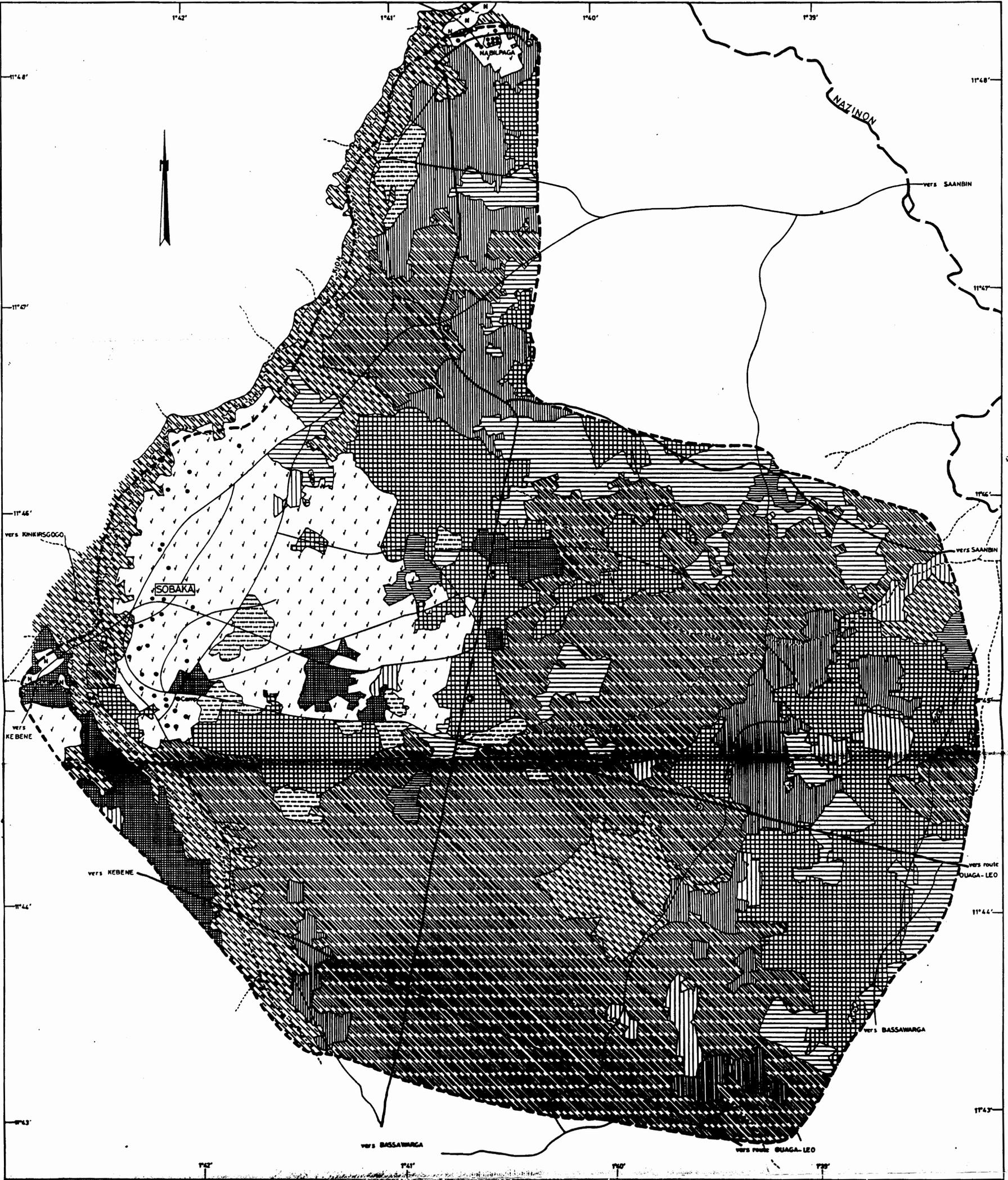
Le rattachement d'une formation végétale à l'unité syntaxonomique ou biologique dominante nous semble approprié pour fournir le maximum d'informations sur ladite formation. La terminologie adoptée donne à la fois la composition des différents groupes en présence, leur importance relative, et, dans certains cas, la composition floristique. Elle fournit par déduction une occupation du sol, les potentialités en bois, et plus généralement en biomasse végétale.

IV.3. Conclusion

Ces cartographies pédologique et floristique ne révèlent pas une préférence nette des espèces de la zone à se développer sur des sites pédologiques particuliers, mis à part quelques affleurements du haut de toposéquence qui supportent le plus souvent des espèces épineuses (*Acacia gourmaensis*, *A. macrostachya*). On retrouve sur ces listes d'inventaire une composition floristique moyenne où sont fréquemment représentées des espèces de savane soudanienne (tableau 2). Ces deux cartes permettent de définir des caractéristiques du milieu (géologie et sol) et la vocation agricole, pastorale ou forestière de la zone.

CARTE DES STADES D'EVOLUTION DE LA VEGETATION DES JACHERES DU TERROIR DE SOBAKA
(FORET CLASSEE DU NAZINON)

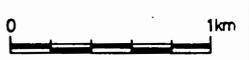
708



LEGENDE

- | | | |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> FHA1: Faciès à herbacées annuelles, stade 1 (Borreria stachydea, Andropogon pseudapricus) (Ha***, Li : <6ans) FHA2: Faciès à herbacées annuelles avec implantation de Andropogon gayanus, stade 2 (Ha***/Ag ; Li : 6-10ans) FHP1: Faciès à herbacées pérennes, stade 1 (Ag***/Ha, Li/SI : 11-15 ans) FHP2: Faciès à herbacées pérennes, stade 2 (Ag**/Ha*, Li/SI : 16-20 ans) FLSL: Faciès à ligneux et sous-ligneux (Li**/SI**, Ag**/Ha/Aa) ou (Li**/SI**, Ha*/Ag/Aa) : 21-25 ans) FHP3: Faciès à herbacées pérennes, stade 3 (Aa***, Li*/SI* : 26-30 ans) FL1: Faciès à ligneux, stade 1 (Li***/SI, Ha***/Ag/Aa) FHP4: Faciès à herbacées pérennes, stade 4 (Aa***/Ha/Ag; Li*/SI** : >30 ans) FL2: Faciès à ligneux, stade 2 (Li*** / Ha*) FL3: Faciès à ligneux monospécifique (Lim***/Ha*) | <p>Ag = Andropogon gayanus
Aa = Andropogon ascinodis
Ha = herbacées annuelles
Li = ligneux
SI = sous-ligneux
Lim = ligneux monospécifique</p> <p>••• = recouvrement de plus de 75% de la surface
•• = recouvrement de 50% à 75% de la surface
• = recouvrement de 25% à 50% de la surface</p> | <ul style="list-style-type: none"> Zones cultivées ou champs Affleurements de granite Zones nues Pistes principales Pistes secondaires Cours d'eau principal Cours d'eau secondaire Habitations Carrières Limites du terroir de SOBAKA |
|---|---|--|

ECHELLE : 1/20 000



Conception et Réalisation
Antoine N. SOME

Dessinateur
Sardou I. SAVADOGO

CHAPITRE V**STRUCTURE SPATIO-TEMPORELLE DES COMMUNAUTES VEGETALES**

V.1. Stratégies bio-démographiques¹ des espèces de la jachère

Les différentes pressions (perturbations culturales, feux, pâturage, prélèvement de bois et de paille, compétition, stress climatique) qui s'exercent sur les espèces de la jachère expliquent le développement de certaines formes biologiques, par leurs stratégies d'adaptation à l'environnement.

V.1.1. Les espèces sous-ligneuses: quelques traits biologiques

L'analyse des stratégies bio-démographiques des populations d'espèces sous-ligneuses est abordée à travers l'observation des phénomènes germinatifs et des types d'enracinement qui nous sont apparus comme étant, entre autres, des formes d'adaptation au stress climatique et aux feux.

1. Régénération et croissance

Toutes les espèces sous-ligneuses se reproduisent grâce à la germination d'une graine qui fournit pour une saison une ou plusieurs tiges. Chez *Triumphetta lepidota*, la germination des graines a quelquefois lieu à l'intérieur des fruits donnant à l'extérieur plusieurs tiges. La germination est particulièrement rapide (délai de germination = 3 jours en boîte de Pétri) pour les graines ayant été exposées au feu, même si celles-ci présentent par ailleurs des taux de levée plus faibles que les graines non exposées au feu (48% contre 39%, DEMBELE *et al.*, 1996).

Les espèces sous-ligneuses ont un fonctionnement d'hémicryptophyte. En effet, avec ou sans le passage du feu, la partie aérienne se dessèche aussitôt après l'arrêt des pluies. Le système souterrain, qui survit d'année en année, émet avant les pluies de nouvelles repousses.

¹L'étude des stratégies bio-démographiques est définie par BARBAULT (1995) comme étant l'analyse des *pressions sélectives* qui expliquent l'adaptation des populations à leur environnement.



Planche 5: Débourrement (a) et croissance des tiges (b) chez une espèce sous-ligneuse (*Cochlospermum planchonii*)

La redescende du FIT, en mars-avril pour cette région, s'accompagne d'une remontée importante de l'humidité relative (figure 4, chapitre II.1.4), qui participe au déclenchement d'une activité physiologique chez ces plantes. Ainsi, il apparaît au moins un bourgeon à la base de chaque tige ayant disparu (planche 5). L'extension des bourgeons vers l'extérieur du centre de la touffe contribue, d'année en année, à donner à la plante un aspect buissonnant. Ce mode de développement assure également la croissance du système racinaire.

Seule *Cochlospermum tinctorium* fructifie en saison sèche, et ce, souvent après le passage des feux.

Les espèces sous-ligneuses présentent toutes une protection de leurs semences par un péricarpe plus ou moins épais. Ce sont des espèces grégaires. Les jeunes plantules apparaissent préférentiellement aux pieds des adultes, parce que les semences ne sont pas souvent disséminées par l'eau ou le bétail.

2. Le système racinaire

La morphologie racinaire est observé sur sol ferrugineux tropicaux lessivés.

Nous avons procédé à l'extraction d'une dizaine de systèmes racinaires par espèce, au moyen d'outils divers et au jet d'eau pour les espèces à racines minces et très ramifiées. Les différentes racines extraites sont décrites, mesurées, photographiées et dessinées.

Cochlospermum planchonii (planche 6: 1) présente généralement un système racinaire orthotrope avec un pivot principal très tubérisé. Les racines secondaires clinotropes pénètrent très en profondeur (50 cm de profondeur) dans le sol hydromorphe et les sols ferrugineux tropicaux profonds sur cuirasse ou sur carapace. En milieu superficiellement indurés (sol ferrugineux tropical induré peu profond sur cuirasse: < 30 cm de profondeur), le système racinaire plagiotrope développe de grosses racines latérales qui auront tendance à remonter

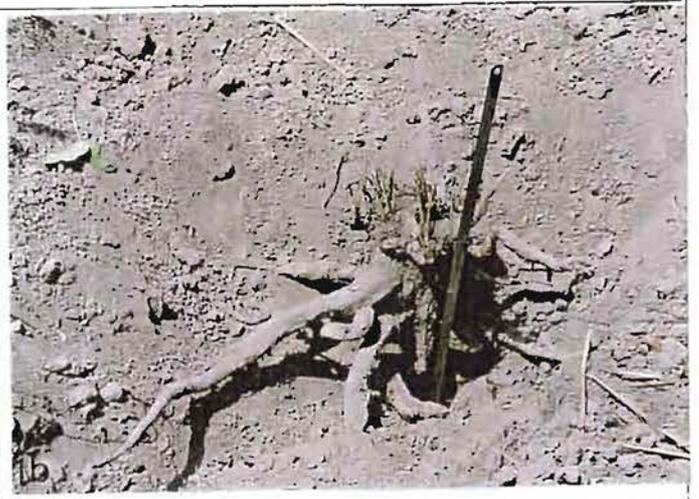


Planche 6: Organes végétatifs aériens (a) et souterrains des espèces sous_ligneuses (b)
 1. *Cochlospermum planchonii* 2. *Cochlospermum tinctorium*
 3. *Grewia cissoïdes* 4. *Triumpheta lepidota*

par endroits en surface. La ramification racinaire, souvent faite dans des directions différentes, présente quelquefois des anastomoses; les racines secondaires peuvent s'étendre sur des distances de l'ordre du mètre.

Cochlospermum tinctorium (planche 6: 2) présente généralement un pivot fortement tubérisé, peu ramifié et orthotrope dont le développement vertical est limité par l'apparition de l'induration. Les racines secondaires développées au voisinage des zones d'induration sont plagiotropes et peuvent atteindre 80 cm de long.

Grewia cissoides (planche 6: 3), a un système racinaire très ramifié, clinotrope, avec généralement beaucoup de radicelles au niveau de l'épipédon (0-10 ou 15 cm). Les racines en surface parcourent le sol de façon horizontale et émettent par endroits des racines secondaires qui peuvent soit s'enfoncer dans le sol soit remonter légèrement en surface.

Lippia chevalieri, abondamment ramifié à la base, présente deux types de racines: les unes clinotropes, s'enfoncent progressivement dans le sol et seront alors limitées par le niveau d'induration, les autres orthotropes, explorent horizontalement le sol sur environ 50 cm.

Triumphetta lepidota (planche 6: 4) a un pivot en forme de plateau d'où partent des racines plagiotropes. Ce pivot peut légèrement s'enfoncer dans le sol hydromorphe ou le sol à induration profonde. Les racines principales émettent des racines secondaires minces qui s'enfoncent verticalement dans le sol.

Discussion: L'action du feu améliore sensiblement le pouvoir germinatif des graines. Le délai relativement court de germination, une levée abondante des plantules, expliquent en partie le caractère envahissant de ces espèces quand elles apparaissent. Elles se s'adaptent bien à l'action du feu et aux périodes défavorables grâce à un système racinaire tubérisé ou abondamment ramifié. La morphologie de la partie aérienne (port buissonnant) impose aux

espèces voisines, surtout herbacées une compétition ne serait-ce que pour l'espace et la lumière.

V.1.2 Les espèces herbacées: remplacement progressif des types

↑
↓
bio-morphologiques

La succession post-culturale met en place des peuplements d'espèces herbacées à biologie et morphologie différentes. Une typologie des parcelles peut être faite selon la dominance biomorphologique des herbacées. Dans ses travaux sur «l'approche des formations herbeuses tropicales par la structure de la végétation», DESCOINGS (1976) a décrit pour les plantes herbacées, un certain nombre de types morphologiques (nettement distincts des types biologiques de RAUNKIAER, 1905) et de types biomorphologiques issus de la combinaison entre types morphologiques et types biologiques. BOUDOURESQUE (1995), apporte quelques précisions et réadapte les définitions de DESCOINGS (1976) conformément au

schéma ci-dessus.

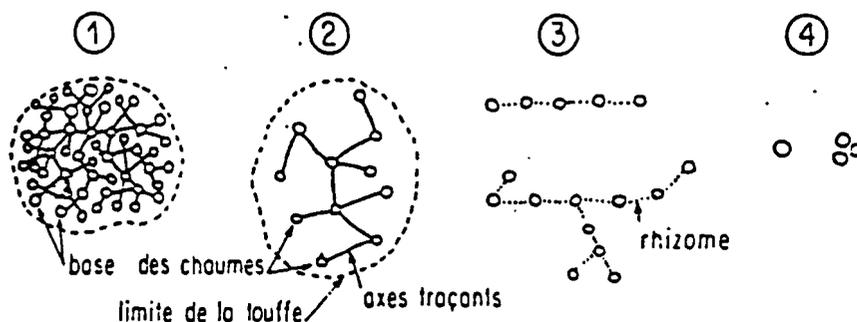


FIGURE 1-II.5: Mode d'occupation de la surface du sol par les axes aériens dans les types morphologiques des plantes graminoides (adaptés de DESCOINGS, 1975).

- 1 - Type Cespiteux : touffe dense
- 2 - Type Gazonnant : touffe diffuse
- 3 - Type Rhizomateux : disposition linéaire espacée
- 4 - Type Uniradicant (= Type Uniculmaire de DESCOINGS)

L'intérêt que présente cette classification, bien adaptée aux formations herbacées tropicales, nous a conduit à l'adopter afin de dégager, dans les séries de végétation herbacée,

des formes biomorphologiques dont la dominance spatio-temporelle pourrait traduire des conditions particulières du milieu ou une adaptation des espèces à l'évolution des conditions du milieu. En considérant des classes d'âge de 0-5, 6-10, 11-20, et 21-40 et > 40 ans, nous avons noté une évolution de la dominance physiologique et numérique de différents types biomorphologiques (tableau 4).

Le type thérophyte uniculmaire², dont les graines sont soit épizoochores soit issues du stock séminal édaphique, est très présent en début de jachère et représenté par des espèces comme *Borreria stachydea*, *Tephrosia bracteolata*, *Digitaria lecardii*, *Cassia mimosoides*. Ce type est progressivement remplacé par le type thérophyte cespiteux³ (*Andropogon pseudapricus*, *Brachiaria distichophylla*, *Setaria pallide-fusca*, *Haekelochloa granularis*, *Pennisetum pedicellatum*, *Cyperus spp...*); et plus tard par le type hémicryptophyte cespiteux dont les graines sont épizoochores (*Andropogon gayanus*, *Andropogon ascinodis*, *Fimbristilis spp.*).

Quelques types assez rares sont rencontrés, comme le type hémicryptophyte rhizomateux⁴ (*Stylochyton hypogaeus*). Dans les milieux très dégradés, surtout par le pâturage, on trouve le type thérophyte gazonnant⁵ (*Tephrosia pedicellata*, et *Zornia glochidiata*).

² type uniculmaire: occupation au sol ponctuelle, pas de plateau de tallage (plante s'enracinant en un seul point), axe unique ou axes peu nombreux.

³type cespiteux: plante multiradicante à ramification basale intense, produisant des entre-noeuds courts (noeuds radicans), assurant une occupation au sol dense. Chez les hémicryptophyte (*A. gayanus* et *A. ascinodis*), cette structure est renforcée par le tallage. Les axes aériens sont dressés, très nombreux et serrés.

⁴type rhizomateux: axes hypogés plus ou moins nombreux et ramifiés (rhizomes) émettant régulièrement régulièrement des axes aériens dressés distants, ne formant jamais de touffes et formant au sol une occupation linéaire.

⁵type gazonnant: plante multiradicante prostrée, rampante, plus ou moins ramifiée, à axes épigés traçants à entre-noeuds plus ou moins longs (existence de stolons, mais pas de plateau de tallage) et à noeuds caulescents et radicans. La touffes est ainsi diffuse, assurant une occupation au sol lâche. Les axes aériens redressés sont plus ou moins nombreux.

Tableau 4: Présence des types bio-morphologiques au cours de la succession post-culturale: les traits horizontaux avec au moins un point noir matérialisent «l'amplitude d'habitat» (le nombre de stades post-cultureux où le type bio-morphologique est présent); les points noirs donnent l'importance (en terme de dominance phytosociologique et numérique) du type bio-morphologique considéré au stade considéré.

Type biomorphologique	0 - 5 ans	6- 10 ans	11- 20 ans	21- 40 ans	> 40 ans
Hémicryptophyte rhizomateux	----*--- --	-----	-----	-----	-----
Thérophyte gazonnant	----*--- -	----*---	-----	-----	-----
Hémicryptophyte cespiteux	----*--- -	----***- ---	-****-	-- *****--	----*--- --
Thérophyte cespiteux	--**--	-- ****--	---***- --	---**--	----*---
Thérophyte uniculmaire	---***- --	----**---	----*---	-----	-----

---****: dominant (>75% du recouvrement de la surface considérée)

----***: très fréquent (50 à 75% du recouvrement de la surface considérée)

----** : fréquent (25 à 50% du recouvrement de la surface considérée)

-----* : présent (<25% du recouvrement de la surface considérée)

NB: au delà de 21-40 ans le reste du recouvrement est assuré par les espèces sous-ligneuses et/ou ligneuses.

Les types thérophytes cespiteux et hémicryptophytes cespiteux sont présents à tous les stades de la succession dans des proportions qui s'inversent. Cette succession d'espèces, dont la biologie et la morphologie sont de plus en plus élaborées (cf note 2,3,4 5 de ce chapitre), répond à une complexification de plus en plus grande du milieu, avec une compétition interspécifique plus importante; le type hémicryptophyte cespiteux ^{semble mieux} plus adaptés à une forme

de concurrence qui serait imposée par les ligneux et les sous-ligneux. Les types biomorphologiques les plus évolués renferment moins d'espèces représentatives.

V.1.3. Les espèces ligneuses: stratégie de croissance et développement

Les individus subissent des pressions variées, en fonction de leur appartenance à l'une ou l'autre strate. Ceci induit des formes de vie et des stratégies bio-démographiques différentes à l'intérieur de chaque strate. Ainsi, le développement de structures biologiques et morphologiques différentes à chaque stade, exprime-t-il certainement la part de l'énergie assimilée par les individus de la strate considérée qui est affectée à des dépenses de croissance et/ou de reproduction.

Les individus rémanents assurent essentiellement leur reproduction par la production de graines; en servant de perchoir aux oiseaux disséminateurs, ils facilitent la dispersion des semences. Leur énergie est donc principalement utilisée à la production de semences. Ils ne sont pas directement sujets à une forme de compétition (ni pour l'espace, ni pour la lumière). Les populations d'espèces sont régulées par la mort des individus et le recrutement des individus en provenance des strates inférieures.

Les individus de l'état jachère consacrent principalement leur énergie à la croissance, à la consolidation de leurs structures biologiques (acquisition d'organes reproducteurs...). Les variations de population sont principalement contrôlées par les phénomènes suivants: passage des individus d'une strate à l'autre et des phénomènes naturels qui peuvent survenir comme la mort. Dans cette strate, l'allocation de l'énergie à l'acquisition d'organes complémentaires et à la croissance sera sensiblement équivalente.

Les individus de l'état rejet, dont la plupart fonctionnent comme des hémicryptophytes, en se séparant chaque année de leur partie végétative, même en l'absence du feu (*Detarium microcarpum*,...), consacrent leur énergie au développement des organes végétatifs (système racinaire surtout) et à la multiplication végétative pour les espèces drageonnantes (*Pseudocedrela kotschyi*, *Ptelopsis suberosa*...). Les populations d'espèces sont contrôlées par la capacité adaptative de chaque espèce aux aléas climatiques mais surtout au passage du feu, et dans une moindre mesure au broutage. Les individus sont directement soumis à une compétition, entre autres, pour l'espace (entre individus de la même strate) et pour les ressources (lumière: vis-à-vis des individus des strates dominantes). La stratégie de survie des individus réside dans le développement d'un système racinaire très tubérisé ou très ramifié.

V.2. Structures des peuplements végétaux

La structure des peuplements est abordée au sens d'une organisation numérique (fréquence centésimale et recouvrement, diversité spécifique...), d'un mode de distribution spatio-temporelle (profils de stratification, dynamique interannuelle des principales espèces de la jachère) et au sens d'une organisation fonctionnelle (groupes fonctionnels) (BARBAULT, 1995)..

L'organisation numérique est traitée à travers l'étude de la diversité spécifique des peuplements herbacés et ligneux. La diversité est en effet, au sens de CANCELA DA FONSECA (1980), une mesure de l'organisation d'un système.

Dans nos observations, la diversité indique la façon dont les individus sont répartis entre les différentes espèces représentées à l'intérieur de la parcelle; elle est un paramètre de

dispersion dont les mesures s'obtiennent, entre autres, par les indices de Simpson, de Shannon etc... L'indice de Shannon ($H = -\sum p_i \log_2 p_i$) est utilisé dans le cas présent. A cet indice est associée l'équitabilité⁶ E_s ($E_s = (S-1)/(n-1)$) qui est un rapport de la diversité observée à la diversité théorique maximale-équirépartition des effectifs entre les espèces présentes. L'équitabilité varie de 0 à 1: elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une seule espèce; elle est de 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance. Une description plus détaillée est donnée par la forme de la distribution des individus en espèces à travers les diagramme rangs-fréquences. Les fréquences relatives des espèces et les rangs sont portés en logarithmes. Les deux composantes de la diversité (le nombre d'espèces et la régularité du partage des individus entre espèces) sont directement lisibles sur le graphique des diagrammes rangs-fréquences (FRONTIER et PICHOD-VIALE, 1993). Le nombre d'espèces se voit à l'extension de la courbe vers la droite, la régularité à l'allure de celle-ci.

V.2.1. Structure du peuplement herbacé: recouvrement et diversité spécifique

1. Recouvrement et état d'équilibre des biocoenoses herbacées

Les fréquences centésimales (expression du recouvrement) et les contributions spécifiques présence (expression indirecte de l'importance des espèces les unes par rapport aux autres) des espèces herbacées pérennes et des espèces herbacées annuelles présentent sensiblement les mêmes évolutions au cours du temps. La distribution dans le temps des fréquences centésimales (figure 11) et des contributions spécifiques présence donne, pour les peuplements d'herbacées annuelles, des courbes plurimodales qui démontrent la mise en place

⁶FRONTIER et PICHOD-VIALE (1993) préfèrent le terme de régularité

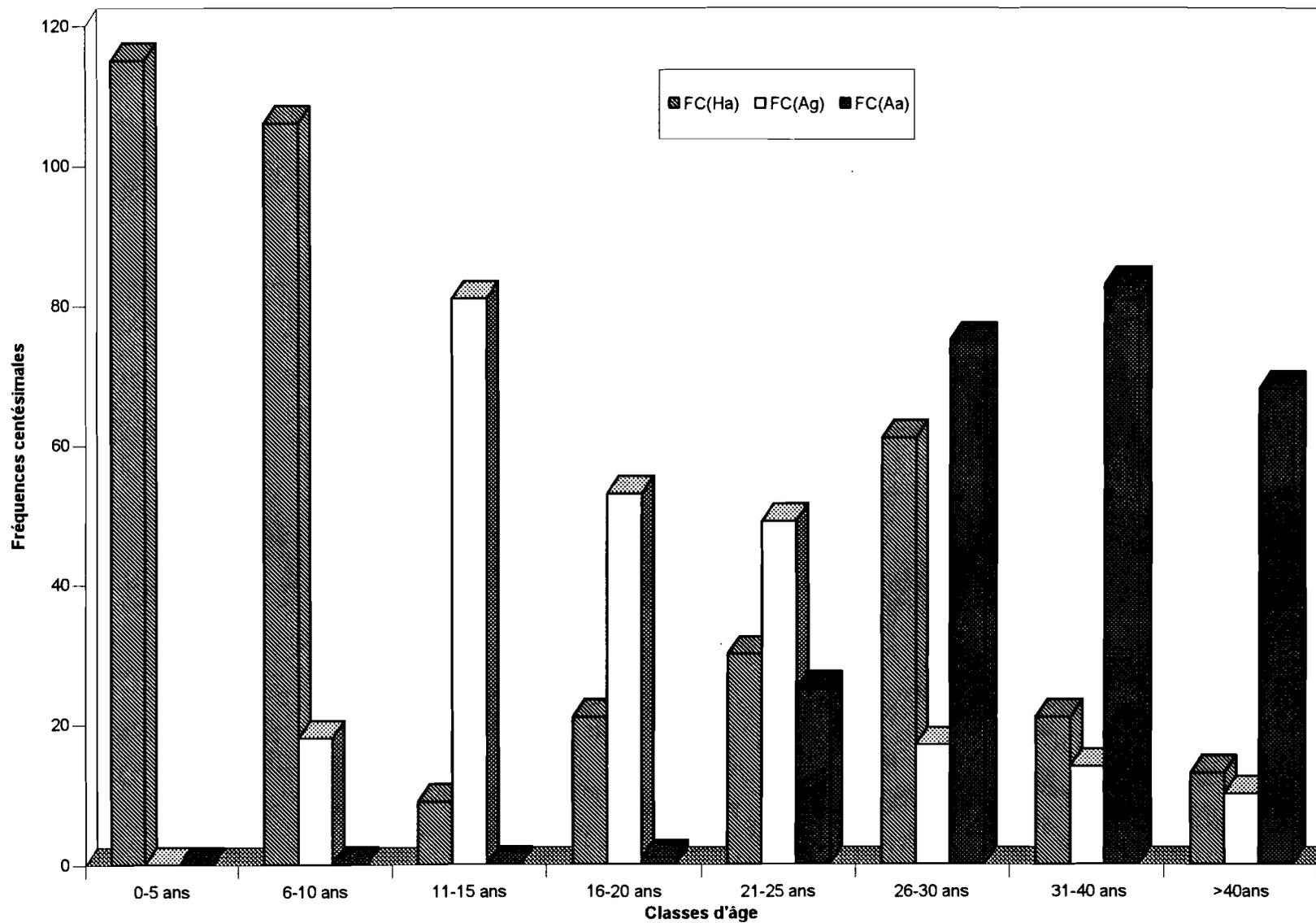


Figure 11: Evolution du recouvrement herbacé

FC(Ha) = recouvrement par les espèces herbacées annuelles

FC(Ag) = recouvrement par *Andropogon gayanus*

FC(Aa) = recouvrement par *Andropogon ascinodis*

de deux cohortes d'âge différent, chacune ayant sa propre composition et sa propre distribution. Le premier mode, dont le sommet est centré sur 0-5 ans, est composé d'espèces thérophytes uniculmaires et cespiteuses et le second, centré sur 26-30 ans, est essentiellement constitué d'espèces thérophytes cespiteuses. La distribution des espèces herbacées pérennes est aussi plurimodale et centrée sur 11-15 ans pour *Andropogon gayanus* et 30-40 ans pour *Andropogon ascinodis*.

Une comparaison des fréquences totales montre, qu'à chaque stade de la succession, le recouvrement herbacé est supérieur à 80%. La période 16-25 ans apparaît alors comme une période critique. Cette chute du recouvrement résulte: 1) de la disparition de la première cohorte d'herbacées annuelles, éliminée par *Andropogon gayanus* dans la période 11-15 ans. L'installation de la seconde cohorte est plus lente, elle prend de l'importance dans la période 26-30 ans; 2) de la disparition des touffes de *Andropogon gayanus* (cf. chapitre suivant).

La figure 11 traduit surtout l'importance du temps comme facteur de discrimination de la distribution des fréquences centésimales mesurées au sein des populations herbacées. En effet, la structure des peuplements herbacés, à peu de variations près, est maintenue dans les proportions données par la figure 11.

Si les peuplements d'espèces herbacées annuelles sont présents à tous les stades de la succession, ils ne le sont pas sous la même forme bio-morphologique, comme nous le soulignons dans les chapitres précédents. Les différentes formes biomorphologiques que contient ce groupe, lui permettent certainement d'être présent et dans des proportions variables dans tous les stades de la succession. Les espèces herbacées pérennes (*Andropogon gayanus* et *Andropogon ascinodis*) présentent un décalage dans le temps de la distribution de leurs populations.

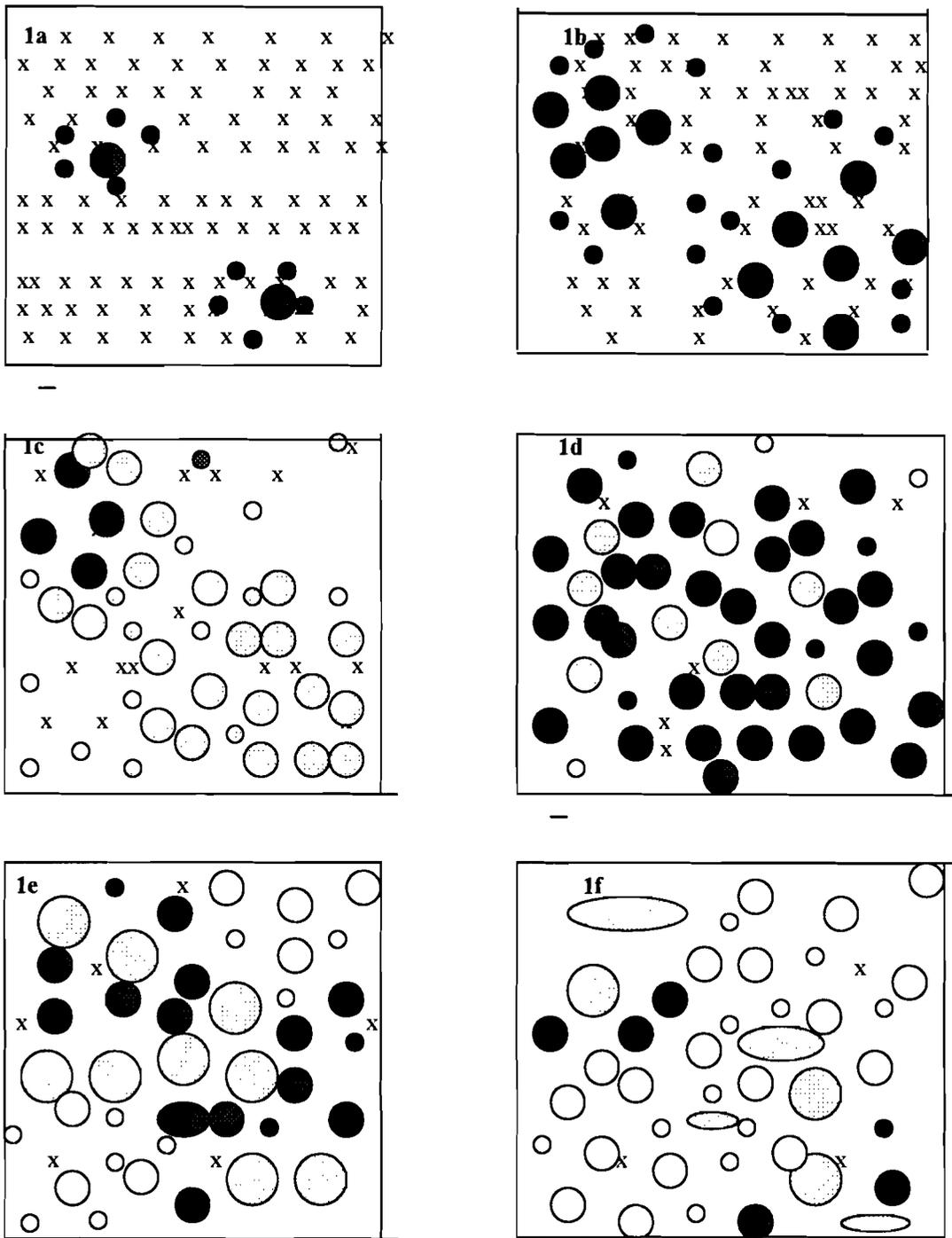


Figure 12: *Andropogon gayanus* et *Andropogon ascinodis*: distribution spatio-temporelle par «nucléation» et coalescence des touffes - Evolution morphologique inter annuelle de la touffe.

Figure 1a: début d'installation par nucléation des touffes de *A. gayanus*: ● au milieu d'herbacées annuelles: xxx
Figure 1b: extension et coalescence des agrégats formés par les touffes de *A. gayanus* ●
Figure 1c: coalescence des agrégats formés par les touffes de *A. gayanus* : ●
Figure 1d: ouverture des touffes de *A. gayanus* ○ - apparition des touffes de *A. ascinodis*: ○
Figure 1e: formation d'agrégats par les touffes de *A. ascinodis* ○ - éclatement des touffes de *A. gayanus*: ○
Figure 1f: dégénérescence des touffes de *A. gayanus* ○ - extension et début de coalescence des agrégats formés par les touffes de *A. ascinodis* ○



Planche 7: *Andropogon gayanus* et *A. ascinodis*: évolution de la touffes et diverses associations

1: virose des feuilles de *A. gayanus*; 2: installation d'une termitière à l'intérieur de la touffe de *A. ascinodis*; 3: litière non décomposée à l'intérieur de la touffe éclatée de *A. ascinodis*; 4: installation de *Ammonia senegalensis* à l'intérieur de la touffe; 5: site à *A. gayanus* après le passage d'un feu de brousse; 6: touffes éclatées de *A. gayanus*; 7: touffes éclatées de *A. ascinodis*; 8: pieds de *A. ascinodis* issus de touffes éclatées

Il y a un réajustement permanent de la structure numérique de chaque population, même si dans l'ensemble le taux de recouvrement reste relativement élevé et varie peu.

Les espèces pérennes dominent plusieurs stades de cette succession; elles ont, contrairement aux espèces herbacées annuelles, une distribution spatio-temporelle qui assure (1) une construction plus élaborée de structures biologiques et morphologiques (croissance des parties aériennes et souterraines d'année en année), (2) la structuration de la communauté et influe sur la richesse spécifique de cette dernière (par la concurrence qu'elles imposent aux annuelles et qu'elles contribuent à éliminer), *Andropogon gayanus* et *Andropogon ascinodis* apparaissent comme des espèces clefs de la succession post-culturelle.

2. Distribution spatio-temporelle et dynamique interannuelle de Andropogon spp.**

Les fluctuations de population (pour une espèce donnée) d'une parcelle à l'autre, d'une année à l'autre, très contingentes de divers facteurs (climatiques, anthropiques, écologiques...), sont pour *Andropogon gayanus* et *Andropogon ascinodis*, en partie, régulées de «l'intérieur» par une distribution spatiale et temporelle des touffes assez particulière.

En effet, au cours des différentes phases de jachère deux phénomènes accompagnent la mise en place des touffes. Il s'agit: (1) d'une distribution spatio-temporelle par nucléation, extension et coalescence ultérieure des touffes; (2) d'une dynamique inter-annuelle de la touffe qui se traduit par une ouverture progressive de celle-ci, son éclatement et sa dégénérescence. La figure 12 synthétise ces différentes phases.

La figure 12a montre la mise en place de *A. gayanus* qui apparaît d'abord en grosses touffes isolées autour desquelles viendront se disposer d'autres touffes de la même espèce,

** Ce chapitre contient des éléments acceptés pour publication par la revue «cahiers Agricultures» sous le titre: «Dynamique post-culturelle et différenciation structurale du sol sous *Andropogon spp.*».

mais présentant un plateau de tallage moins large. Il se constitue ainsi, d'année en année, des agrégats plus ou moins circulaires formées par les touffes de *A. gayanus*. La coalescence des agrégats de *A. gayanus* (figure 12b, figure 12c) donne un tapis continu où le recouvrement de l'espèce est supérieur à 75% (figure 12d). L'apparition de *A. ascinodis* se fait, comme pour *A. gayanus*, par touffes isolées; l'espèce colonise préférentiellement les espaces nus (figure 12e). La coalescence des touffes de cette espèce se fait au fur et à mesure que l'espace est libéré par *A. gayanus* (figure 12f).

Au début de leur installation, les touffes des andropogonées sont bien compactes et présentent un plateau circulaire. Progressivement, ces touffes s'ouvrent (figure 12d), éclatent (figure 12e), se déforment et dégèrent (figure 12f). Ce processus, surtout induit par le feu et quelque peu dû à l'âge des touffes, permet parfois à des espèces, même ligneuses, de germer à l'intérieur de la touffe éclatée et parfois même avant la mort totale de cette dernière. Cette ouverture de la touffe semble être provoquée dans certains cas par une virose qui attaque les feuilles, modifiant alors leur morphologie et leur fonctionnement; les parties attaquées se dessèchent et meurent (planche 7). La dégénérescence des touffes de *A. ascinodis* aboutit à la formation d'un réseau diffus de petits brins isolés dont chacun est un pied de l'espèce.

La mise en place de *Andropogon gayanus*, telle que décrite dans le faciès 2 (chapitre IV. 2.3.) et présentée par la figure 12a, se fait généralement entre cinq et six ans. Le recouvrement de plus de 75% du site (figure 12d) s'obtient entre 10 et 15 ans, (faciès 3); la dégénérescence de ses touffes intervient à partir de vingt cinq ans (faciès 8). L'apparition de *A. ascinodis* (faciès 5), intervient au delà de vingt ans et la dégénérescence de ses touffes au delà de trente ans (faciès 9).

Cette distribution spatiale et temporelle reflète (1) une variabilité spatiale et une hétérogénéité fonctionnelle (notion sur laquelle nous revenons dans les chapitres IV.3 et

IV.4), (2) une disposition à gérer les antagonismes interspécifiques (compétition avec les herbacées annuelles et les espèces sous-ligneuses) par la création de plages de population quasi monospécifiques et (3) une tendance à la stabilisation de la structure des populations par maintien des types bio-morphologiques identiques, remplissant vis-à-vis de l'écosystème les mêmes fonctions (exemple: vis-à-vis de la structuration du sol, cf. chapitre VI.2.; vis-à-vis du stockage de la matière organique, cf. chapitre VII) et constituant donc des groupes fonctionnels.

3. La diversité spécifique: mesure de l'organisation des biocoenoses herbacées

Les courbes de diversité et d'équitabilité présentent, sur la figure 13, la même allure. Elles amorcent en début de jachère (entre 0 - 10 ans) une hausse régulière, puis suivent une forte baisse et une relative stabilisation autour de la valeur de 1.62 pour l'indice de Shannon. Elles fluctuent en hausse entre 20 et 25 ans, avant de chuter à nouveau pour atteindre leurs plus faibles valeurs au delà de quarante ans.

La figure 14, obtenue avec des données de parcelle d'âges variés, donne des diagrammes-fréquences des communautés étudiés. Ces diagrammes rangs-fréquences mettent en évidence une structure quantitative de la communauté étudiée. L'allure des diagrammes rangs-fréquences varie sensiblement au cours de la succession post-culturelle. En début de jachère (figure 14: parcelle 0-5ans), la courbe montre un contingent d'espèces dont l'abondance est moyenne et sensiblement d'un même ordre de grandeur. La distribution de fréquence est étalée. Le graphique de ce stade se caractérise par ailleurs par une extension de la courbe vers la droite dénotant un cortège relativement important d'espèces. Entre six et dix ans les courbes prennent une allure sensiblement convexe (figure 14: parcelle de 6-15 ans).

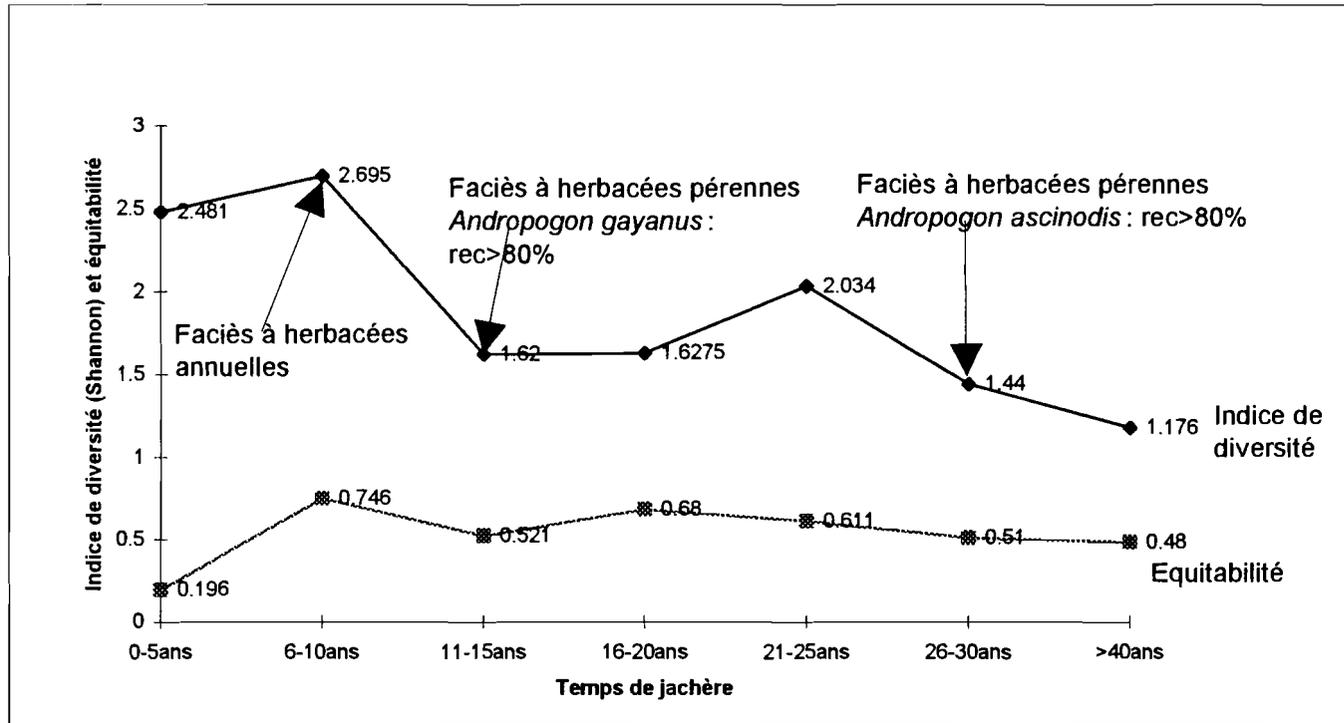


Figure 13: Remaniements floristiques et évolution de la diversité floristique herbacée (SOME *et al.* 1996)

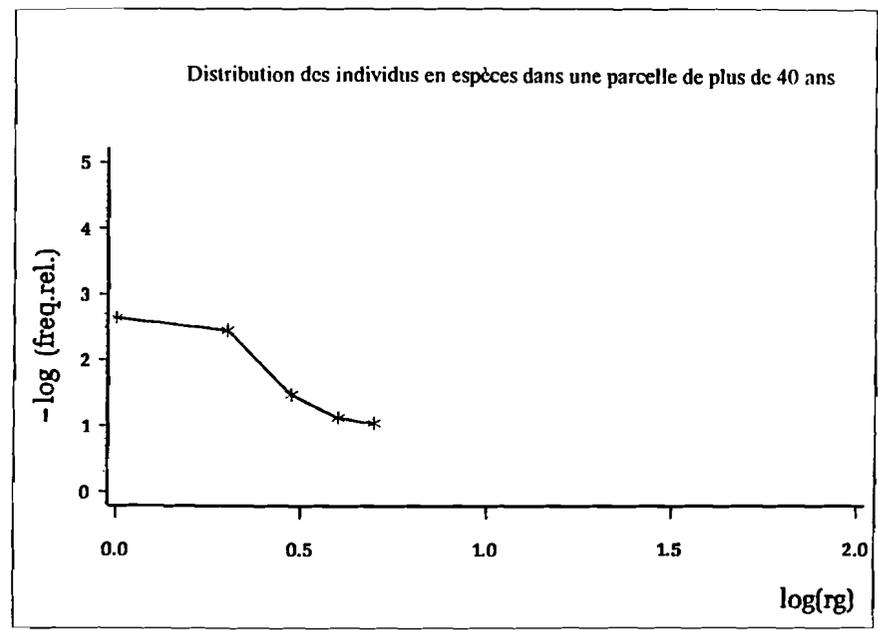
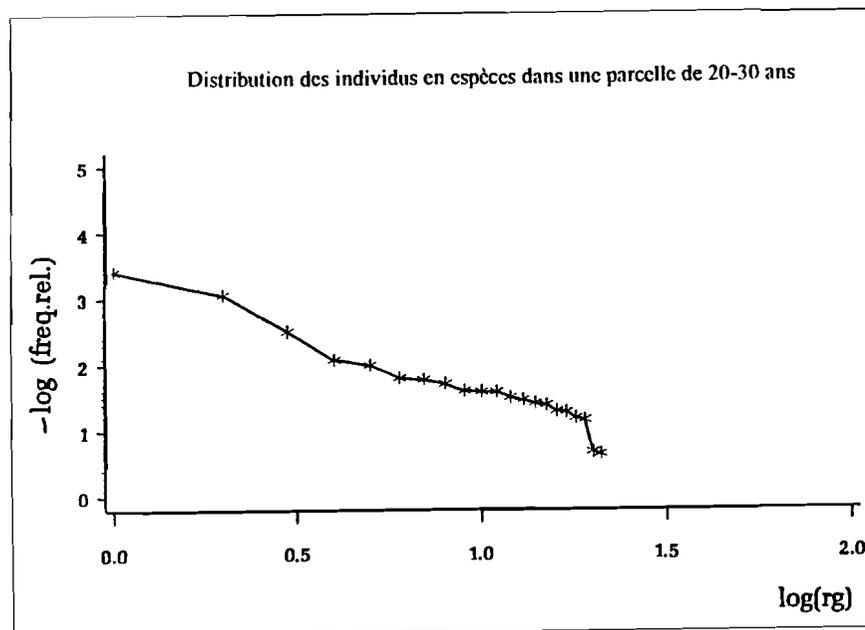
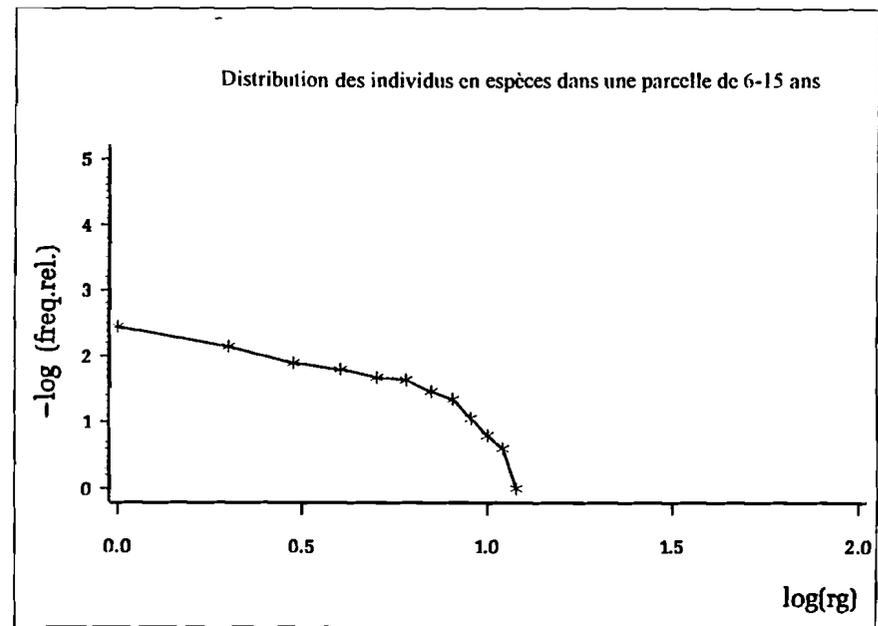
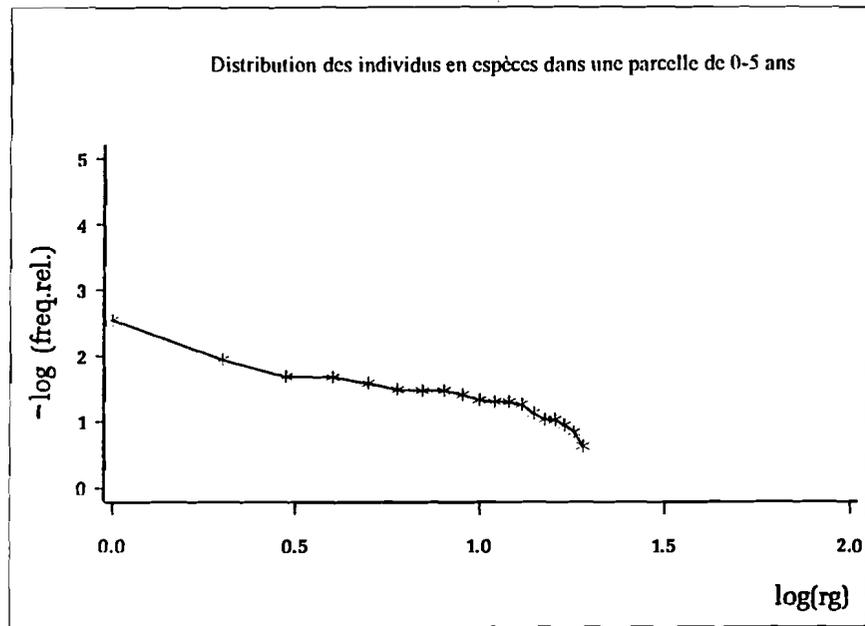


Figure 14: Diagrammes rangs-fréquences des peuplements herbacés: en abscisse \log_{10} des rangs des espèces ; en ordonnée $-\log_{10}$ des fréquences relatives des espèces)

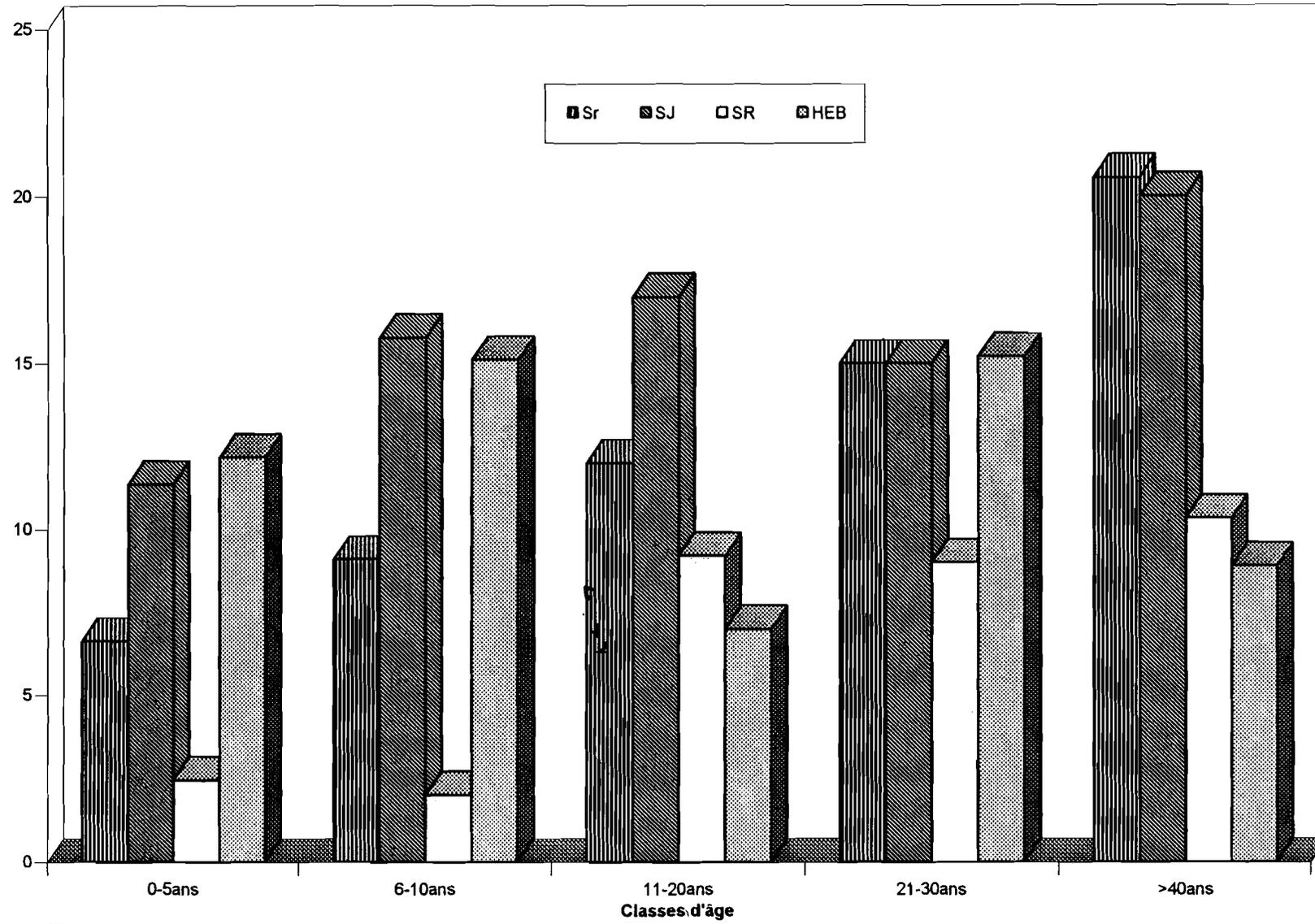


Figure 15: Spectre floristique intra-parcellaire

Sr: nombre d'espèces à l'intérieur de la strate rejet - SJ: nombre d'espèces à l'intérieur de la strate jachère
 SR nombre d'espèces à l'intérieur de la strate rémanente - HEBheb: nombre d'espèces à l'intérieur de la strate

L'espèce *Andropogon gayanus* a alors une fréquence généralement plus élevée que les autres espèces. Cette allure de la courbe se maintiendra sensiblement par la suite; elle reprend une allure étalée après vingt ans avec, cette fois, deux espèces qui se détacheront fréquemment des autres parce que présentant des abondances plus élevées (figure 14: parcelle de 20-30 ans): *Andropogon gayanus* et *Andropogon ascinodis*. Au delà de quarante ans, les courbes s'étaleront rarement au delà du point d'abscisse (1) et auront tendance à être concaves (figure 14: parcelle de plus de 40 ans).

La figure 15 permet de suivre les fluctuations de la richesse spécifique intra-parcellaire. On notera, de façon grossière, la chute du nombre d'espèces herbacées en fin de succession alors que, même si elle est assez variable d'une parcelle à l'autre, elle reste relativement élevée en début de jachère et au cours de la succession.

Discussion

Dans la parcelle cultivée, la diversité spécifique est détruite au profit de l'espèce cultivée. Lors de l'abandon cultural, les différents groupes biologiques et morphologiques qui se succèdent structurent la végétation. La diversité dans un tel système traduit les processus de recolonisation du site, de réajustement des interactions de nature écologique et compétitive entre populations. Certains stades de jachère sont ainsi dominés par une seule espèce (*Andropogon pseudapricus*, *Andropogon gayanus*, *Andropogon ascinodis*). Chaque groupement végétal caractéristique d'un stade donné de jachère est un système structuré avec les espèces présentes, les interactions entre elles d'une part et avec les autres éléments du milieu d'autre part.

Le remaniement floristique en début de jachère est le fait d'espèces thérophytes uniculmaires à grande capacité de dispersion, à multiplication rapide et à stratégie démographique de type «r». C'est le lieu d'un réajustement permanent des interactions, caractérisé par des fluctuations quantitatives d'espèces, adventices de culture et pionnières de jachère. La valeur relativement élevée de l'indice de Shannon (2,7) et l'allure convexe du diagramme rang-fréquence⁷ (figure 14: parcelle de 0-5 ans) traduisent ce phénomène. Par la suite, le peuplement végétal se modifie par apparition d'espèces herbacées hémicryptophytes cespiteuses comme *Andropogon gayanus*. En imposant aux précédentes une compétition intense qui les élimine progressivement, *Andropogon gayanus* fait baisser la valeur de l'indice de Shannon. La disparition progressive de *Andropogon gayanus* sur le site s'accompagne de l'apparition d'espèces herbacées hémicryptophytes cespiteuses (*Fimbistylis spp.*) et de quelques opportunistes thérophytes cespiteuses (*Pennisetum spp.*, *Cyperus spp.*) qui occupent l'espace ainsi libéré. L'indice de diversité réamorçage une hausse sensible, qui est rompue avec la mise en place de *Andropogon ascinodis*. La diversité spécifique régresse jusqu'à atteindre ses valeurs les plus faibles quand viennent à disparaître les espèces de jachère pour faire place à des espèces herbacées thérophytes cespiteuses (*Eragrostis tenella*), caractéristiques des milieux préforestiers. Le diagramme rang-fréquence prend une allure concave⁸. L'ordre de grandeur des diversités calculées reflète en permanence le réajustement du système. Ce réajustement permanent du système se traduit en fait sur le terrain, et au delà de trente ans, par une répartition de la biocoenose en mosaïque, avec une dominance locale de *Andropogon ascinodis* (planche 4: e). Ceci tendra à réduire la diversité telle qu'elle est mesurée, c'est-à-dire à l'intérieur d'une placette de 2500 m² de surface. La diversité à des

⁷Pour un nombre important d'espèces de moyenne abondance, sans espèce fortement dominante, diversité et régularité sont plus élevées et le diagramme est convexe (FRONTIER et PICHOD-VIALE, 1993).

⁸Quand il y a un petit nombre d'espèces abondantes accompagnées de quelques espèces rares, diversité et régularité sont faibles et le diagramme est concave (FRONTIER et PICHOD-VIALE, 1993)

échelles plus grandes donnerait certainement d'autres valeurs qui cependant, au vu de la faiblesse de la richesse spécifique dans ces biocoenoses préforestières, ne s'écarteront pas trop fortement de la diversité intra-parcellaire

V.2.2. Structure du peuplement ligneux: profils de stratification et diversité taxonomique

1. Définition de profils de stratification en milieu post-cultural

La diversité physiologique (stratification de la végétation ligneuse), observée dans les jachères, est mise en évidence par les représentations graphiques des abondances absolues des individus à l'intérieur de chaque strate (figure 16).

Ces différents profils montrent:

- une augmentation constante en pourcentage des individus de la strate rejet (à partir de 6-10 ans), ce qui s'explique par des germinations de plus en plus importantes issues de graines soit fournies par les individus de l'état rémanent présents sur la jachère, soit d'apports extérieurs. Les plantules issues des germinations, contrariées dans leur croissance par le passage quasi annuel du feu et le broutage, augmentent progressivement le pourcentage de la strate rejet. Dans les jachères plus anciennes, la biomasse herbacée diminue et permet donc aux germinations d'accroître fortement le pourcentage (47%) qu'occupe cette strate.

Sa relative importance en début de jachère (0-6 ans) résulte de la mise en place d'espèces présentes avant le défrichement et qui ont été maintenues à l'état de souche ou de racine. l'abandon cultural favorise leur développement (c'est le potentiel séminal végétatif défini au chapitre V.3.).

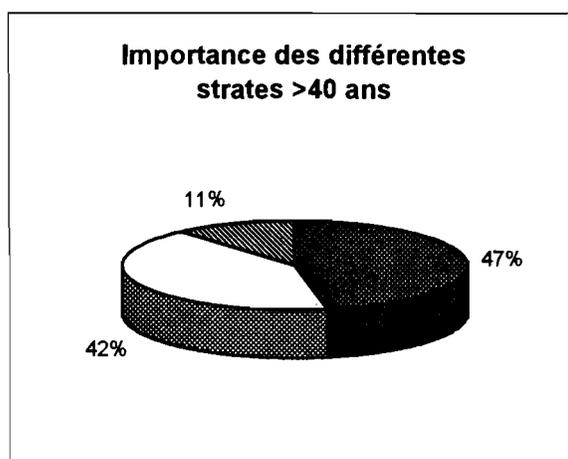
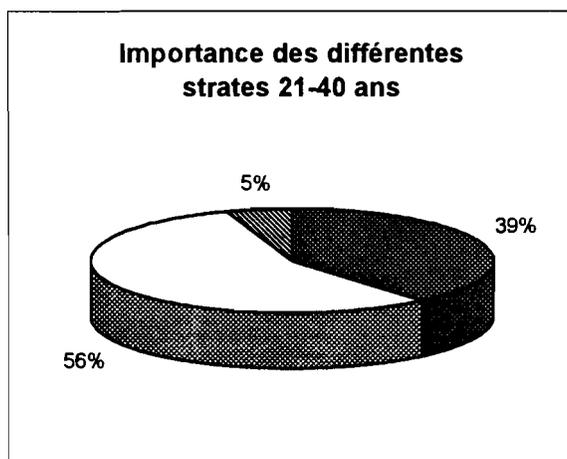
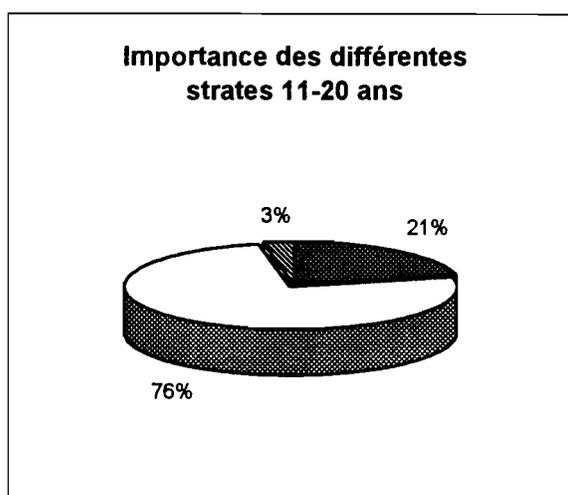
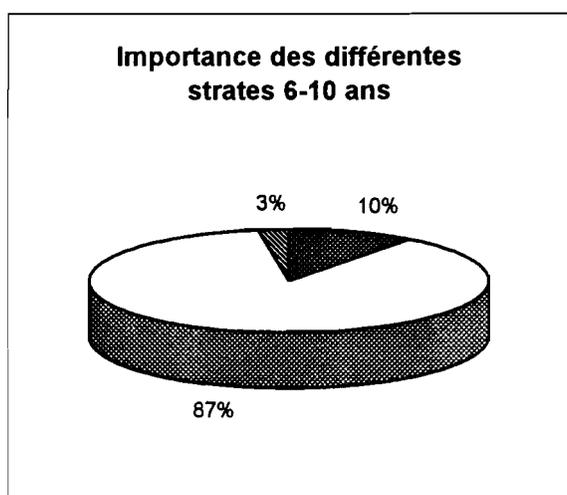
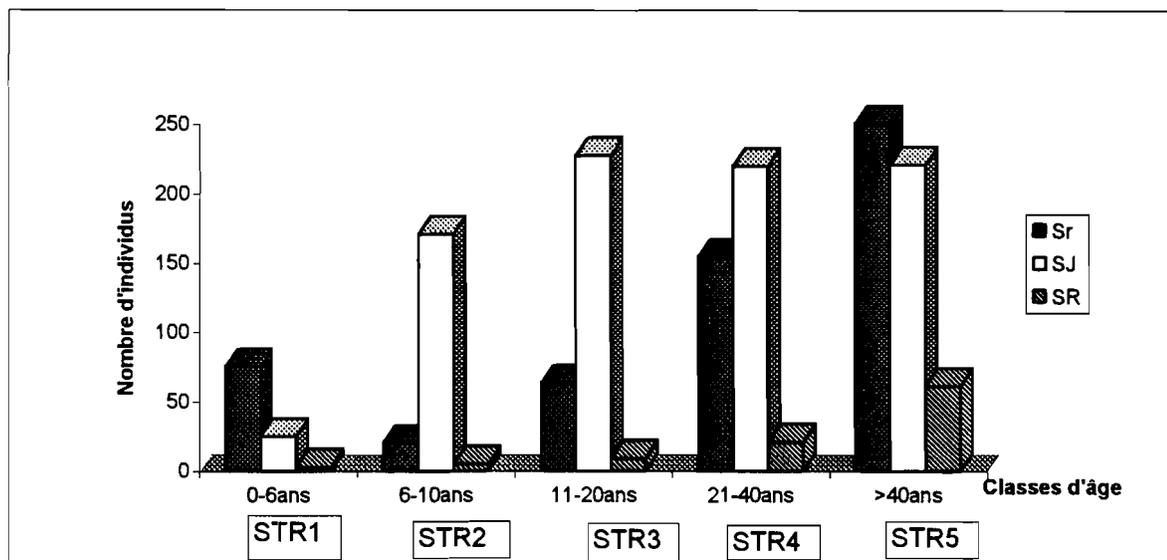


Figure 16: Profils de stratification en milieu post-cultural

Sr = Strate rejet

SR = Strate rémanante

SJ = Strate "jachère"

STR1: Profil de stratification à 0-5 ans

STR3: Profil de stratification à 11-20 ans

STR2: Profil de stratification à 6-11 ans

STR4: Profil de stratification à 21-40 ans

STR5: Profil de stratification à + 40 ans

- une diminution constante en pourcentage du nombre d'individus de la strate jachère. Cette strate présente au départ un fort pourcentage (87%) dû à la faiblesse de la biomasse notamment herbacée qui limite les effets négatifs du feu et permet ainsi aux individus de la strate rejet (plus importants immédiatement après l'abandon cultural) d'avoir des « poussées de croissance » relativement rapides. Ces individus passent ainsi au bout de six ans dans la strate jachère. Le recrutement fait par la strate rémanente contribue à diminuer les effectifs de cette strate.

- une variation relativement peu importante du pourcentage du nombre d'individus de la strate rémanente. Le recrutement des individus normalement issus des strates inférieures est compromis par diverses pressions (feu, pâturage, coupe de bois) qui s'exercent inévitablement sur la parcelle en jachère. En réalité, elle connaîtra une augmentation en nombre absolu, car à la longue les individus des strates inférieures y sont recrutés.

Discussion

La stratification-type proposée par la figure 16 peut sembler théorique par les variations plus ou moins importantes que peut prendre le nombre d'individus à l'intérieur de chaque strate et à un même stade. Cependant d'un stade à l'autre les variations de nombre traduisent le caractère dynamique de chaque strate et par conséquent de l'unité végétale post-culturale concernée. Dans ces jachères, les profils de stratification reflètent à chaque stade l'importance des différentes contraintes qui s'exercent sur l'écosystème. Ces contraintes

semblent introduire une «résistance», c'est-à-dire une inertie de l'écosystème au changement (MARGALEF, 1969; HOLLING, 1973).

Les différents profils de stratification (RICHARD, 1936; RICHARD, 1939; LEBRUN, 1947; BOURGERON et GUILLAUMET, 1982; AMOUGOU, 1989), malgré la grande variabilité, aussi bien dans la nomenclature que dans les hauteurs, lors de descriptions des formations végétales par strates, regroupent toujours dans une même strate des espèces de même type biologique au sens de RAUNKIAER (1905). Chaque strate a donc une composition floristique bien définie si l'on exclut à chaque fois les jeunes individus en transit pour les strates plus élevées (RICHARD, 1964). Dans ces profils, chaque espèce, après son développement optimum, reste à l'intérieur d'une strate déterminée

Dans les profils de stratification établis pour la végétation post-culturelle, les différentes contraintes s'exercent sur les différents individus indépendamment de leur type biologique et introduisent ainsi dans chaque strate une diversité floristique variable et de moins en moins stable pour les strates inférieures.

Ces profils de stratification, établis à partir des données de terrains, ont l'avantage de fournir, pour une même parcelle et pour une fourchette d'âges donnés, les caractéristiques structurales de la végétation ligneuse. Ils donnent donc un système qui permet une analyse comparative et dynamique de la végétation post-culturelle. Nous définissons ainsi, par une approche morpho-structurale de la végétation ligneuse post-culturelle, des profils de stratification qui expriment la dynamique végétale en fonction du stade de jachère.

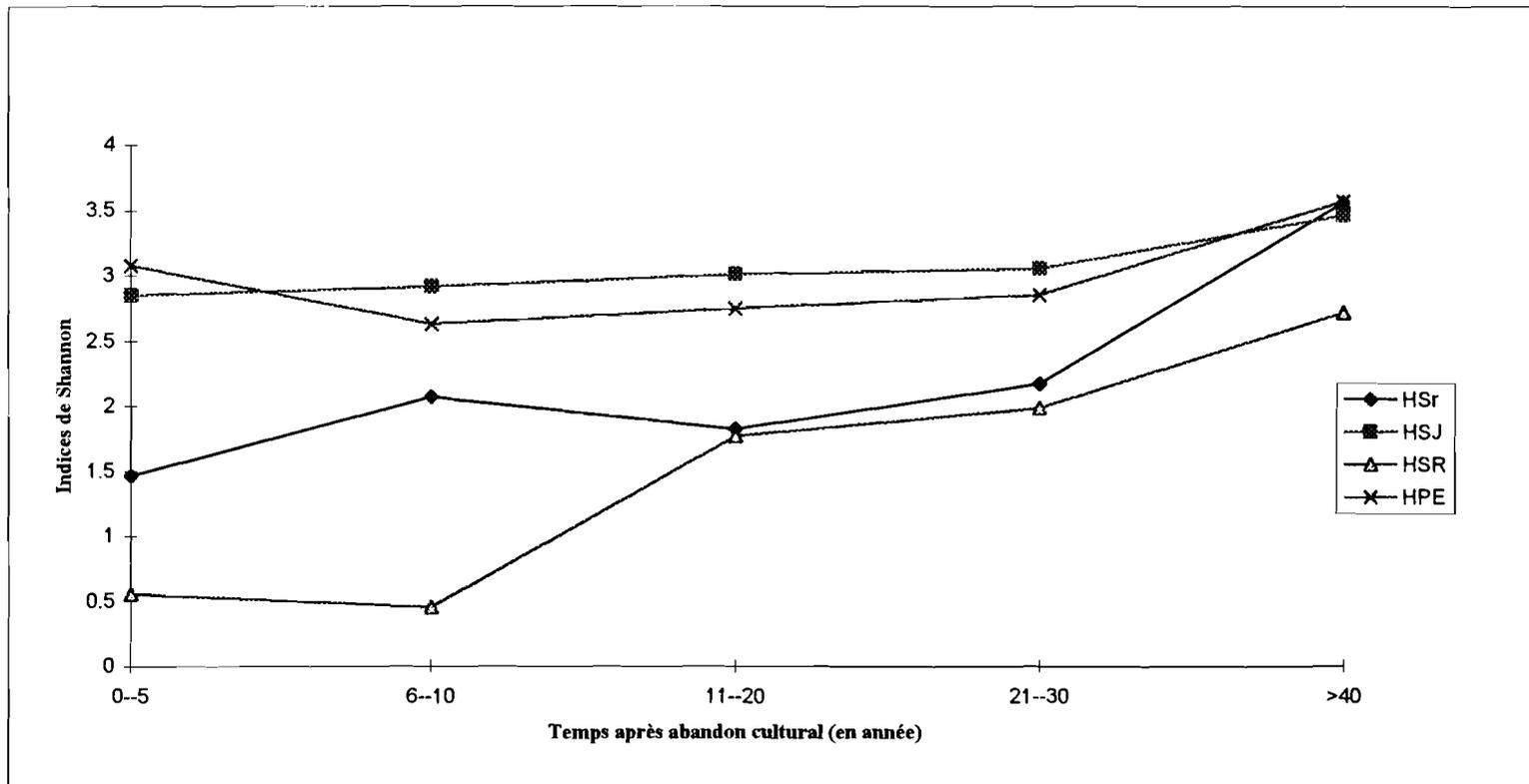


Figure 17: Remaniements floristiques et évolution de la diversité spécifique au sein des strates ligneuses (parcelle de 2500 m²)

HSr: indices de shannon pour la composante rejet
 HSR: indices de shannon pour la composante rémanent

HSJ: indices de shannon pour composante "jachère"
 HPE: indices de shannon pour la parcelle entière

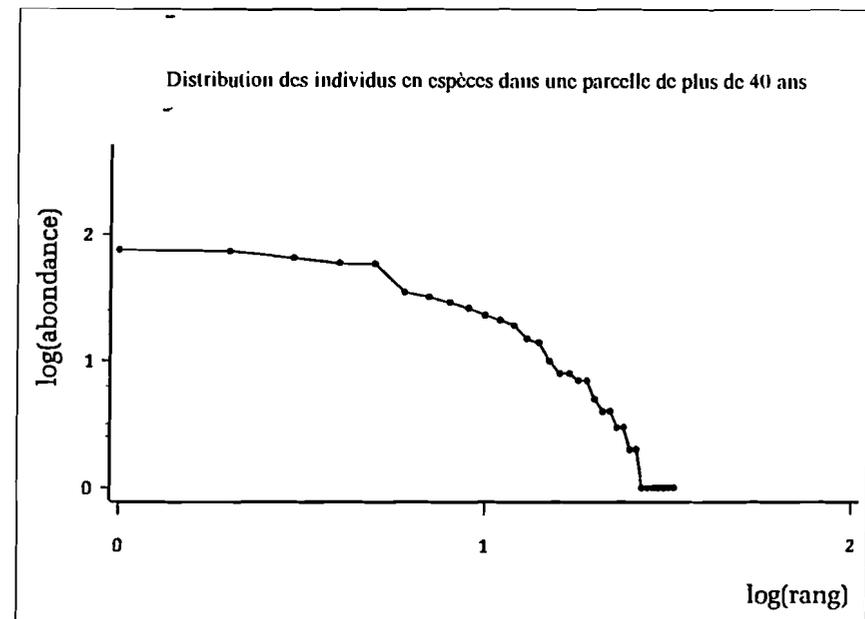
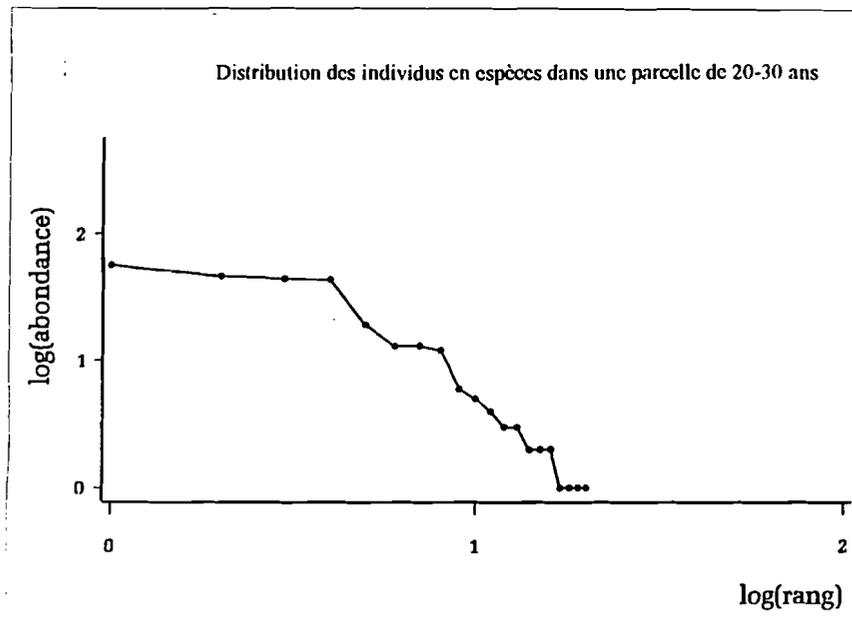
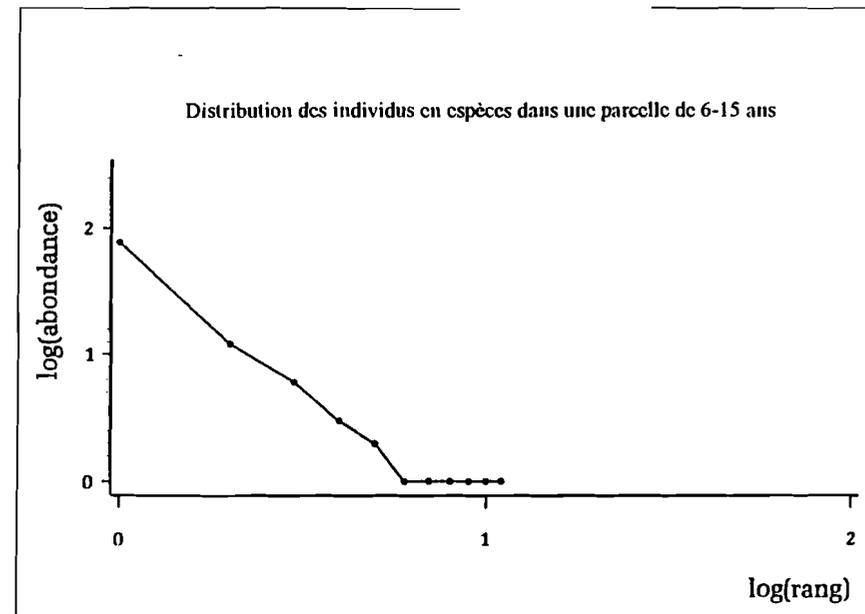
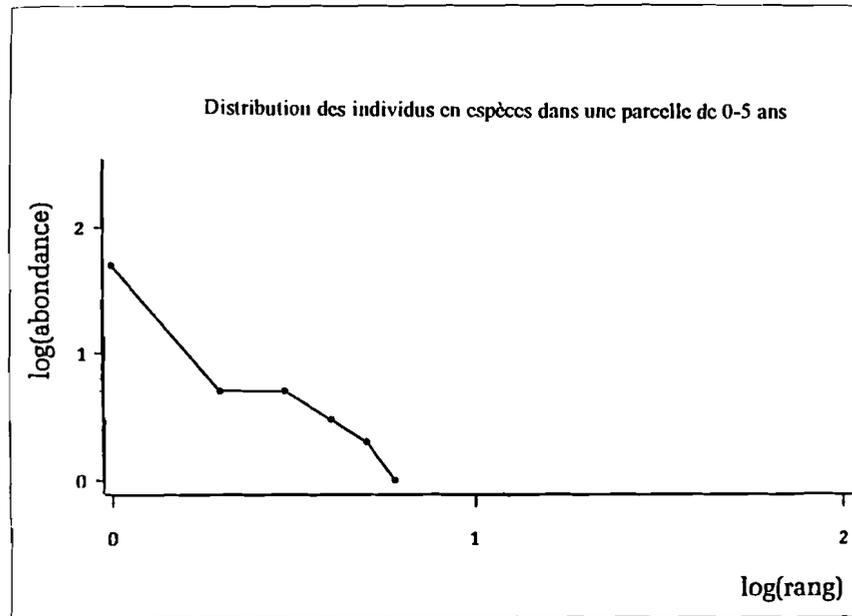


Figure 18: Diagrammes rangs-fréquences des peuplements ligneux: (en abscisse \log_{10} des rangs des espèces); en ordonnée \log_{10} des abondances absolues des espèces obtenues sur une surface de 2500 m²).

2. Diversité taxonomique

Le nombre d'éléments (espèces) d'une communauté (écosystème) et leur régularité créent ce que FRONTIER et PICHOD-VIALE, (1993) ont appelé «diversité d'une collection». En effet, chaque analyse de la diversité d'une communauté sélectionne un type d'organismes, tous compris à l'intérieur de facteurs de sélection préalablement définis. La représentation de la biocoenose peut ainsi se faire à travers une de ses parties à caractères écologiques, biologiques ou taxonomiques, entre autres. La diversité de la parcelle est donc étudiée à travers celle de ses composantes. Chaque strate de la végétation ligneuse peut donc être considérée comme une collection. Les indices de diversité ont donc été calculés à l'intérieur de chaque strate. La figure 17 compare l'évolution de la diversité parcellaire et celle de ses composantes.

- La composante strate rejet (HSr) amorce dès le début de l'abandon cultural une montée progressive. Ceci est l'expression du potentiel végétatif constitué des souches et racines d'espèces qui ont été constamment coupées au ras du sol. La légère baisse qu'elle amorce à 20 ans correspond à un recrutement important des individus sans addition significative du nombre d'espèces. Au delà de trente ans, après germination des espèces pionnières (*Anogeissus leiocarpus* par exemple...) un nouveau réajustement se fait au sein de la composante; elle tendra par la suite vers une stabilisation des composantes de sa diversité que sont la richesse spécifique et la régularité.

- La composante strate jachère (HSJ) présente une courbe qui a une croissance graduelle faible. Elle enregistre une arrivée d'espèces d'abondance moyenne et en nombre d'individus sensiblement d'un même ordre de grandeur.

- La composante strate rémanent (HSR) amorce une augmentation à partir de dix ans et présente un indice de 1.5 à 20 ans. Ceci est dû au recrutement des espèces de la composante strate jachère dont les espèces (*Combretum glutinosum*, *Terminalia avicenioides*, *Piliostigma thonningii*...) sont différentes de celles épargnées (*Butyrospermum paradoxum*, *Sterculia setigera*, *Detarium microcapum*...) lors du défrichement et constituant au départ la strate rémanente. Elle reste la composante qui, au delà de 30 ans, n'aura pas encore stabilisé sa structure. Elle recrute en effet toujours des individus issus de la germination et de la croissance d'espèces post-pionnières (*Terminalia laxiflora*, *Anogeissus leiocarpus*) et réajuste donc constamment sa structure numérique.

- La diversité intra-parcellaire (HPE), après une légère baisse, résultant d'une prolifération d'individus ne correspondant forcément à l'arrivée de nouvelles espèces (les espèces recrutées pouvant être déjà présentes dans les strates jachère ou rémanente) connaît une progression graduelle jusqu'à une valeur de 3,5 après 40 ans. L'ajustement entre l'arrivée de nouvelles espèces et la croissance du nombre d'individus semblent être régulier au cours de la succession post-culturelle.

Les diagrammes rangs-fréquences (figure 18) utilisant les diversités intra-parcellaires, donnent des courbes en escalier, à l'allure générale convexe. Ils traduisent l'existence de plusieurs groupes d'espèces qui ont ainsi des ordres de grandeur comparables. La situation d'une espèce sur cette courbe dépend de l'abondance des individus (qui la représentent) dans une des strates ci-dessus définies. Pour les diagrammes représentant des peuplements jeunes (0-6 ans) et très anciens (> 40 ans), les espèces situées en haut de la courbe seront celles qui sont les plus présentes dans la strate rejet. Entre 6 et 40 ans, nous aurons le plus souvent, en haut de la courbe les espèces les plus nombreuses dans la strate jachère. Le bas de la courbe

est souvent occupé par des espèces rares ou des espèces uniquement représentées dans la strate rémanente.

La figure 15 montre l'évolution de la richesse spécifique à l'intérieur de chaque strate de la végétation ligneuse. Les variations sont généralement faibles pour la strate jachère. La strate rejet connaît un recrutement graduel du nombre d'espèces depuis le début de la jachère jusqu'à la fin de celle-ci. Il en est de même pour la strate rémanente dont la pauvreté en espèces est remarquable pour toutes les parcelles en début de jachère.

V.3. Modèle de représentation: les trajectoires d'évolution des faciès pilotés par l'âge et l'intensité des pressions.

Les référentiels du modèle: Donner une explication de la variation des structures numériques et spatiales revient à expliquer la dynamique post-culturelle par une conceptualisation des processus de telle sorte qu'elle prévoit les variations constatées tout en présentant ces processus comme des conséquences d'hypothèses prédéfinies; c'est donc construire un modèle explicatif et prédictif. Nous présentons un **modèle conceptuel** de la dynamique post-culturelle qui prend pour référentiels les observations suivantes:

- les structures numériques et spatio-temporelles des peuplements herbacés en distinguant herbacées annuelles et herbacées pérennes,
- les structures numériques (indices de diversité, profils de stratification) et spatio-temporelles (profils de stratification) des peuplements ligneux,
- l'ajustement de la distribution actuelle des faciès et l'occupation du sol en 1986 décrite au chapitre IV.2.4.

- l'ajustement des structures numériques et spatiales aux fourchettes d'échelles temporelles retenues. La combinaison des trois types biologiques (herbacé, sous-ligneux et ligneux) donne des faciès qui se succèdent dans le temps; au niveau spatial ils forment, à un moment donné, une mosaïque dont chaque élément reflète un stade de jachère atteint après un temps d'abandon cultural et sous des pressions modérées. Le temps écoulé depuis l'abandon cultural a donc constitué un critère déterminant. En effet, en replaçant les différentes parcelles dans leur classe d'âge (de 2 à 40 ans), on obtient une trajectoire de l'évolution des faciès pilotée par le temps,

- les pressions qui s'exercent sur les différentes variables (densité, distribution de population). La zone étudiée a été récupérée en 1986 en vue de l'exécution d'un programme d'aménagement. Toutes les plages de végétation sont restées soumises aux mêmes pressions dont les feux de brousse, le pâturage extensif et le prélèvement de paille ou de bois.

- L'environnement écologique non contrasté du site, des sols essentiellement ferrugineux tropicaux lessivés indurés,

Sur la base de ces données, est proposé par la figure 19, un modèle conceptuel de la dynamique post-culturale. Ce modèle conceptuel prédictif représente les trajectoires d'évolution des faciès.

Description du modèle: La reconstitution de la végétation s'accompagne d'une variation de la dominance en terme de recouvrement de la surface par le couvert de la strate herbacée. Le recouvrement herbacé est mis en parallèle avec la stratification ligneuse.

- L'axe 2 est un axe de temps. Il donne le temps écoulé depuis l'abandon cultural.

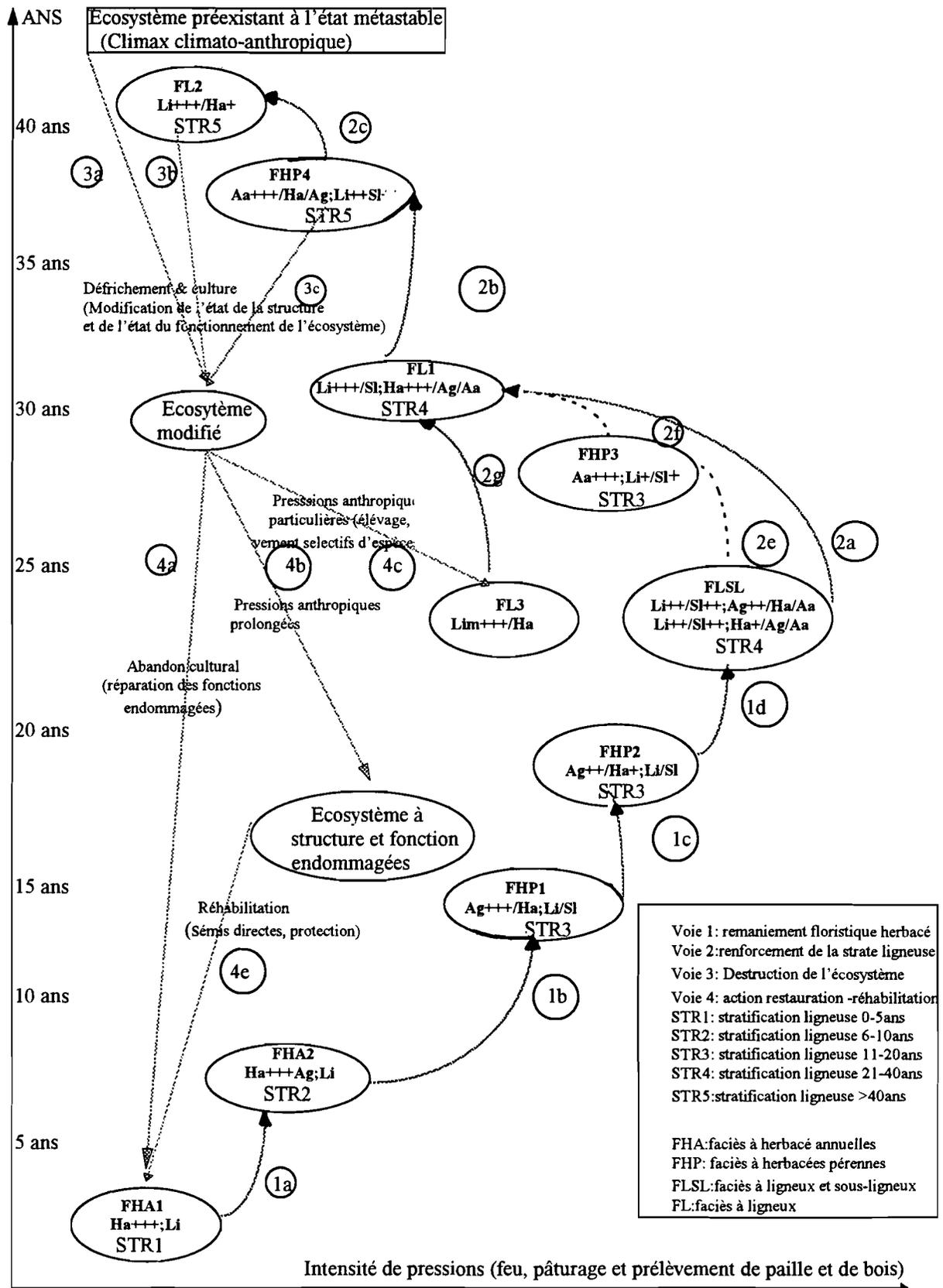


Figure 19: Modèle de représentation: les trajectoires d'évolution des faciès de végétation en fonction de l'âge et des pressions (SOME *et al.* 1996a)

- L'axe 1 est un axe d'intensité théorique de pression (feu, pâturage, prélèvement de bois). En effet, Il se dégage un parallèle entre l'évolution dans le temps des parcelles et celle de l'intensité des pressions. Les parcelles présentant une biomasse herbacée importante supportent un pâturage plus important, une action plus marquée du feu et sont le site même des prélèvements de paille ou de bois. Ces pressions, de façon croissante, vont s'exercer au fur et à mesure qu'évolue les faciès selon la voies 1 et ce de 0 à 20-25 ans. La diminution de la biomasse herbacée, l'apparition des espèces sous-ligneuses, non appréciées, le renforcement de la strate ligneuse, vont entraîner une régression des pressions (voie 2). Ces formations sont, du reste, de plus en plus fermées. Les pressions sont donc imposées de l'extérieur aux différents faciès et participent à réguler la structure des populations.

La stratification ligneuse sous le double mécanisme des régulations internes (recrutement et mortalité d'individus) et des pressions, tel que décrit au chapitre V.2.2. évolue le long de ces gradients de temps et d'intensité de pression. Tout au long de la voie 1, elle renforcera surtout en individus les strates rejet et jachère (STR1→STR2→STR3). Le renforcement de la strate rémanente se fera surtout le long de la voie 2 (STR3→STR4→STR5). L'existence de pressions plus forte en début de jachère favorise la formation des strates rejet et jachère. Les variations numériques restent dans le champ des prévisions faites par la figure 11.

L'évolue du recouvrement herbacé et le remplacement des types biomorphologiques se fait selon les mécanismes décrits aux chapitres IV.1.2. et V.2.1. Il y a un relation réciproque de cause à effet entre l'évolution de la strate herbacée et celle des pressions. Dans cette relation on notera surtout l'évolution de la végétation qui passe des faciès à herbacées annuelles à des faciès à herbacées pérennes avec cette phase critique de 16-25 ans (cf chapitre

V.2.1) qui correspond sur la figure 19 à un changement dans le sens d'évolution des pressions. L'organisation des biocoenoses en mosaïque, avec une dominance locale de *Andropogon ascinodis* (chapitre V.2.1 et planche 4: e) le long de la voie 2 contribuera à diminuer l'intensité des pressions. Elle justifie l'existence de voies parallèles (voies 2e et 2f) qui corresponde à ce stade à deux types de biocoenose: l'une avec un renforcement de la strate ligneuse, une répartition homogène de la strate herbacée, l'autre cette mosaïque où apparaît des plages monospécifique de *Andropogon ascinodis* (faciès FHP3).

Le retour de la végétation sous-ligneuse et ligneuse élimine les espèces herbacées pérennes. Il s'ensuit une dénudation du sol privé de la bonne protection que constitue le tapis herbacé. Suivant la susceptibilité du terrain à l'hydromorphie, des croûtes de battance ou algales se forment (planche 3); ce nouvel état du sol favorise la mise en place d'une cohorte d'espèces herbacées thérophytes cespiteuses (*Eragrotis tennella*), peu exigeantes (FL2 9).

Nous supposons que le défrichement a lieu dans un écosystème préexistant à l'état métastable (climax climato-anthropique). Ce stade est, sur ce schéma, comparée à des stades préforestiers (FL2) ou au dernier stade à herbacée pérennes (FHPA). La mise en culture «détruit» l'état et le fonctionnement de l'écosystème initiale (voie 3). Le sol est remanié, la végétation est remplacée par les cultures. A cet écosystème modifié, il s'offre trois trajectoires possibles: 1) une transformation, avec intervention humaine (élevage, sélection d'espèces), fait évoluer l'écosystème modifié vers un nouvel état (voie 4c) où souvent un nouvel usage lui est attribué (réserve de pâturage, de prélèvement de bois..); 2) la voie 4b décrit le cas de pressions prolongées faisant atteindre à l'écosystème modifié des «seuils» d'irréversibilité. Cet écosystème ne peut revenir à un état antérieur ou poursuivre une trajectoire d'évolution qui serait progressive (ex: zipélé qui sont des zone de sol nu). Une intervention humaine est dans ce cas nécessaire pour amorcer une évolution progressive de l'écosystème (voie 4e); 3)

La voie 4a est celle que nous avons montrée et analysée, c'est-à-dire une évolution naturelle sous l'influence de pression.

Discussion

En termes écologiques, cette reconstitution s'effectue à partir «d'un potentiel issu, en partie de la végétation initiale, qui après avoir résisté au défrichement et au brûlis, s'exprime d'abord dans les champs puis dans les jachères et évolue en fonction des facteurs historiques, physiques et biotiques» (MITJA et PUIG, 1993).

La mosaïque de faciès que nous offre la végétation de la zone est bien l'expression de ces différents potentiels définis par ALEXANDRE (1982) pour la zone tropicale humide, mais qui trouvent toute leur application dans notre contexte. Le potentiel végétatif formé des souches et des racines des individus présents avant le défrichement fournit les individus de l'état «jachère» et de l'état rejet. Le potentiel séminal édaphique, ou banque de graines du sol et le potentiel advectif, provenant de l'apport de graines postérieures à la culture, s'expriment en début de jachère pour les espèces herbacées annuelles (FHA) et plus tard pour les espèces herbacées pérennes (FHP), les espèces sous-ligneuses et ligneuses (FLSL et FL).

Comme souligné plus haut, la végétation du terroir de Sobaka ne répond pas de manière graduelle aux différents facteurs anthropiques. Les processus, qui ont été décrits permettent de diagnostiquer une évolution progressive de la végétation donnant ainsi pour quelques faciès des sens d'évolution unidirectionnels.

En cas de destruction de la structure et de perturbation du fonctionnement des systèmes écologiques représentés par certains faciès, le modèle propose, à titre d'hypothèse, des voies possibles d'évolution inspirées des théories de l'écologie de la restauration (ARONSON *et al.* 1995).

Pour les systèmes écologiques ayant servi à la construction de ce référentiel, nous admettons avec MENAUT (1992) qui écrit à propos des savanes, qu'«en dehors de perturbations drastiques, on peut supposer que les changements structuraux à venir à moyen terme s'opéreront dans le champ des types de variations présents».

Le modèle proposé peut être utilisé pour évaluer les modifications de la végétation dans le temps, au niveau local, ou au niveau régional si les conditions d'environnement et de milieu sont identiques à celles qui ont servi à la construction du référentiel. Dans des systèmes écologiques qui enregistrent des pressions très variées tant dans la forme que dans «la force», ce modèle mériterait une actualisation. Ce qui pourrait entraîner l'apparition de nouveaux faciès, le retardement ou l'accélération des processus

Chaque stade de la succession post-culturale résulte d'un équilibre dynamique soutenu par les interactions interspécifiques (compétition, tolérance ou facilitation) et des facteurs du milieu dont l'un des plus importants est lié aux paramètres pédologiques

CHAPITRE VI

**DIFFERENCIATION STRUCTURALES DU SOL ET NATURE DU COUVERT
VEGETAL**

VI.1 Différenciation verticale: caractéristique intrinsèque du sol

Le profil type observé sur les différentes stations montre la succession d'horizons suivante :

- un horizon humifère A11 épais de 10 à 15 cm, de couleur brun grisâtre foncé à très foncé à l'état humide, de texture sableuse,
- un horizon de pénétration humifère A12, épais de 10 à 15 cm, de couleur brun foncé (10YR 4/3) à l'état humide s'éclaircissant à la base, de texture sableuse à sableuse faiblement argileuse,
- un horizon B1 d'épaisseur variable, parfois absent, de couleur brun jaunâtre à taches rougeâtres et peu contrastées, de texture sablo-argileuse,
- un horizon induré, carapacé, ferro-manganifère, à plages rouges fortement indurées dominantes séparées par des plages gris clair contrastées et moins indurées. Cet horizon peut être surmonté d'un petit horizon gravillonnaire ; il passe vers le bas à un horizon bigarré non induré,

La différenciation verticale en horizons intervient sur l'installation et le fonctionnement du peuplement végétal essentiellement par les caractères de l'horizon induré : profondeur d'apparition, degré d'induration, extension verticale, morphologie.

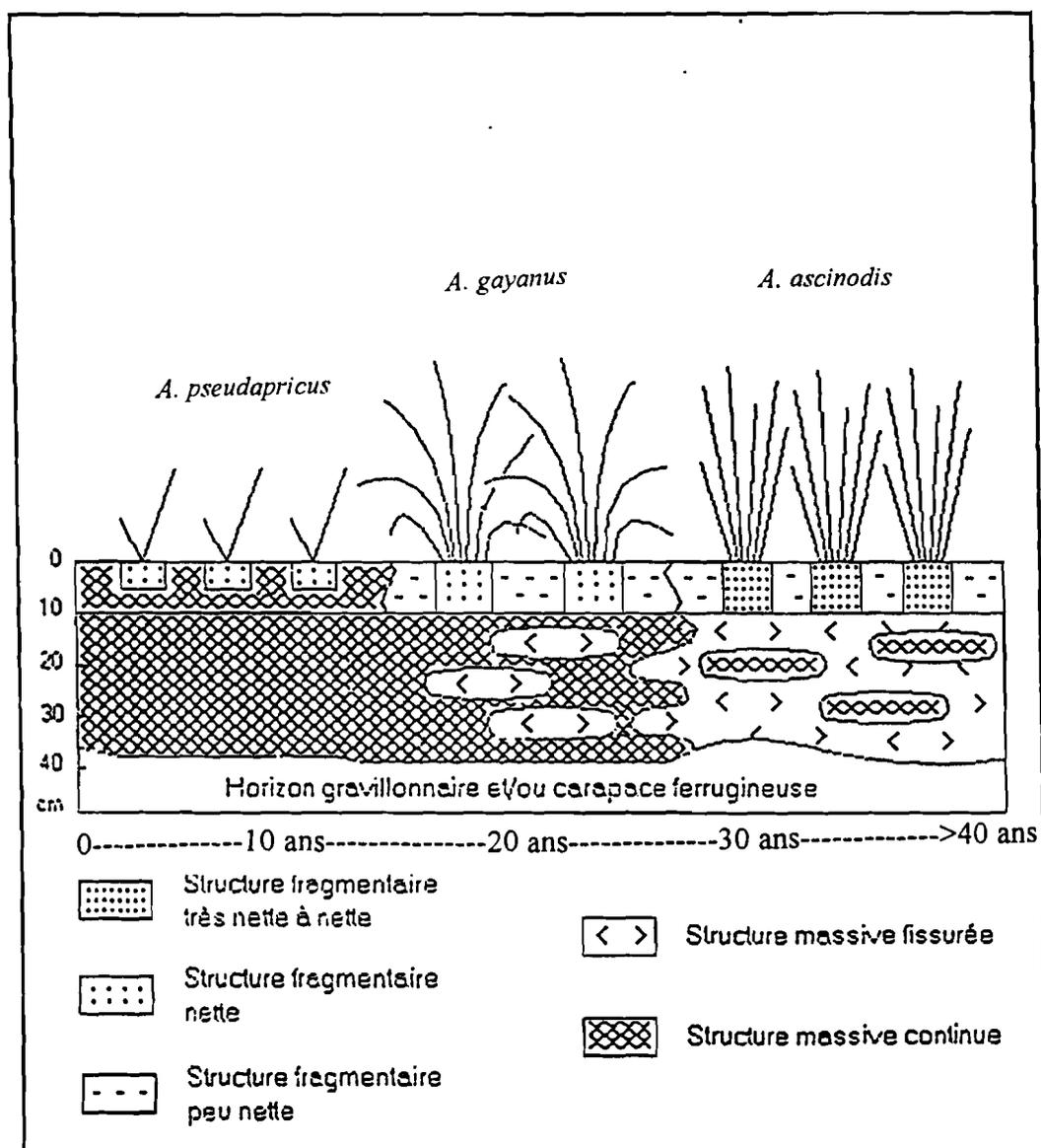


Figure 20: Différenciation structurale du sol sous *Andropogon spp.* (Les espaces entre les pieds de *Andropogon pseudapricus* correspondent à plages de sol nues.) (SOME *et al.* 1996a)

VI.2. Différenciation latérale

VI.2.1. Type de structure et nature du couvert végétal

A l'échelle de la station, et plus particulièrement dans l'horizon, la différenciation latérale est en relation étroite avec la nature du couvert végétal herbacé (figure 20). Interviennent en premier lieu la présence ou l'absence de touffes d'espèces végétales qui, par leurs racines, créent et entretiennent cette différenciation latérale. Celle-ci sera donc fonction de la surface terrière et de la distribution spatiale des espèces. Sont également considérés, à un degré moindre, des facteurs tels que l'abondance des sous-ligneux, l'activité de la mésofaune, l'intensité du pâturage. L'effet structurant des racines et la différenciation latérale sont synthétisés par la figure 20. Quelques descriptions sont présentées en annexes(cf. annexes 3).

Sous herbacées annuelles (*A. pseudapricus*, *Borreria stachydea*,...), trois horizons peuvent être distingués:

- 0-10 cm: frais, moyennement gris (7.5YR4/2), sablo-argileux, avec une structure massive dominante associée à une structure fragmentaire polyédrique nette à éléments structuraux sub-anguleux de taille comprise entre 15 et 20 mm, liés aux racines de *A. pseudapricus*; 3 à 4 pores fins par dm^2 bien répartis; 3 à 4 macropores biologiques par dm^2 ; un enracinement fasciculé avec des racines de diamètre inférieur à 3 mm. La résistance à la pénétration est en moyenne de 3.7 kg/cm^2 .

- 10-20 cm: frais à humide, avec un éclaircissement progressif de la couleur. Il s'observe par endroits une pénétration de matière organique. La structure est généralement massive, avec une pénétration décroissante des radicelles d'herbacées. Cet horizon est souvent parcouru par les racines des ligneux.

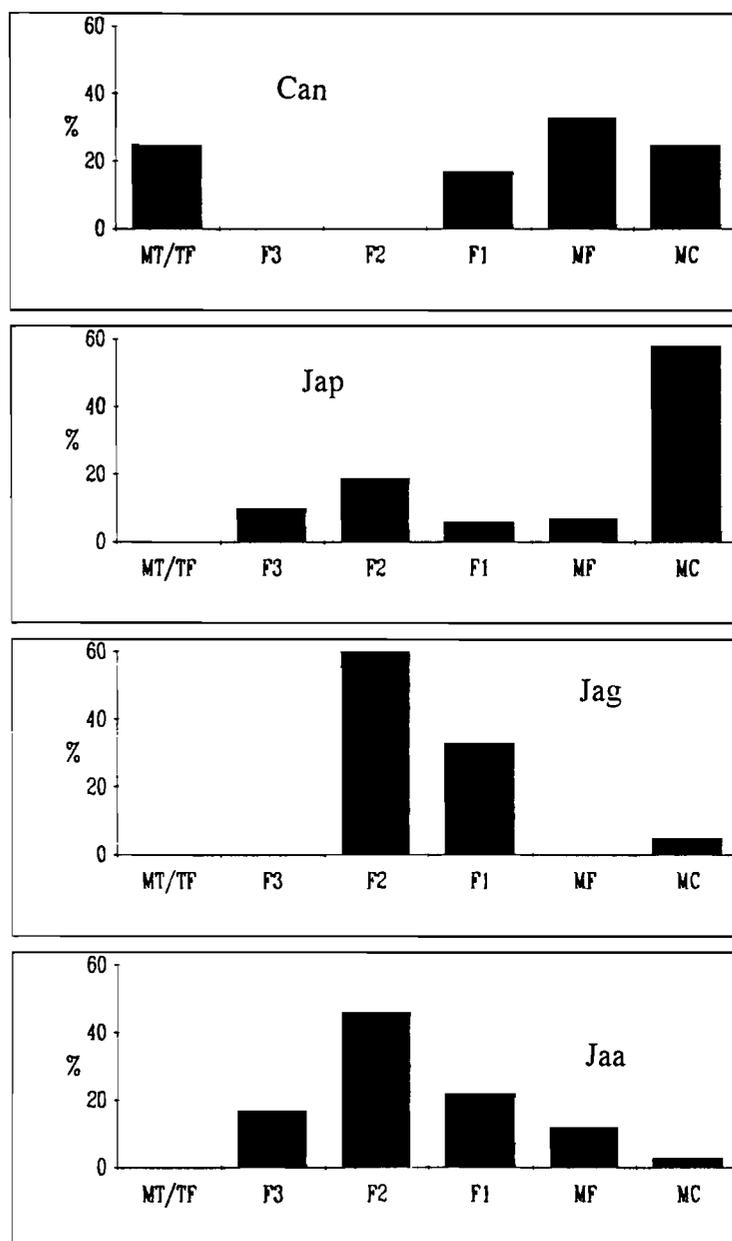


Figure 21: Distribution des structures édaphiques au niveau de l'horizon 0-10 cm sous cultures annuelles (sorgho) et sous jachère à *Andropogon spp.* (de BLIC et SOME, 1996)

MT/MF: Mélange de mottes et de terre fine
 F3: Structure fragmentaire très nette
 F2: Structure fragmentaire nette
 F1: Structure fragmentaire peu nette
 MF: Structure massive fissurée
 MC Structure massive continue

Can: cultures annuelles
 Jap: Jachère à *Andropogon pseudapricus*
 Jag: Jachère à *Andropogon gayanus*
 Jaa: Jachère à *Andropogon asciodis*

- >20 cm: très frais, brun rougeâtre, argilo-sableux, structure massive; porosité fine, 1 à 2 pores par cm², régulièrement répartis.

Dans les jachères à herbacées pérennes (*Andropogon gayanus* et *Andropogon ascinodis*), les structures suivantes s'observent:

- 0-10 cm: les structures fragmentaires prédominent très largement dans l'horizon humifère, nettement à très nettement exprimées sous les touffes, peu nettes en intertouffes, localement associées à des structures massives continues sous les passages de bétail. La couleur de l'horizon est généralement gris (10YR3/3). Les éléments structuraux sont polyédriques sub-anguleux à grumeleux, de taille inférieure à 15 mm. C'est sous les touffes de *A. ascinodis* que la structure est la mieux exprimée, en liaison avec un enracinement plus dense et plus fin que sous *A. gayanus*. Le diamètre des racines est de 1 à 3 mm chez *A. gayanus* et est inférieur à 1 mm chez *A. ascinodis*.

> 10cm: la structure des horizons sous-jacents associe des assemblages massifs continus et massifs fissurés ; la phase continue prédomine dans les stations à *A. gayanus* tandis que la phase fissurée l'emporte sous *A. ascinodis*.

La figure 21 compare la distribution des structures dans l'horizon 0-10 cm pour différents faciès. Elle est obtenue en additionnant les surfaces présentant, pour un type de faciès végétal donné, le même type de structure. Sous culture, les structures F2 et F3 sont absentes. En revanche, on aura un mélange de mottes et de terre fine (MT/TF). Sous jachère à *A. pseudapricus*, les structures massives continues sont très nettement dominantes (près de 60%

des assemblages). Elles régresseront progressivement dans les jachères à andropogonées pérennes où, par contre, prédominent les structures fragmentaires (F1, F2, et F3), celles-ci étant mieux exprimées sous couverture à *A. ascinodis*. Ces structures (fragmentaires) sont donc le fait d'une activité biologique développée par les racines des différentes espèces.

La différenciation structurale peut être utilisée comme un référentiel de diagnostic aux plans agronomique et écologique. Les structures qui se prêtent le mieux aux propriétés agronomiques sont les structures grumeleuses ou polyédriques les plus fines, autrement dit les structures fragmentaires nettes et très nettes CALLOT *et al.* (1982). Celles-ci, de par la forme, la dimension et distribution des différents éléments structuraux qui les constituent, facilitent la pénétration des racines et leur mise au contact avec la masse du sol, les racines se développant préférentiellement entre les agrégats (BAIZE et JABIOL, 1995). Leur formation, également favorisée par la présence de matière organique et par l'activité biologique (RUELLAN et DOSSO, 1993), en fait un milieu accueillant pour les racines.

On peut donc dire, que la structure fragmentaire très nette, en agrégats polyédriques fins observée sous *A. ascinodis*, (voir planche 8: b) offre donc les meilleures possibilités d'alimentation hydrique et minérale et d'activités biologiques par une bonne aération de la masse du sol.



Planche 8: a) Distribution des racines de *A. gayanus* au niveau du profil - on remarquera aussi la différenciation verticale du sol.
b) chevelu racinaire obtenu par tamisage d'une motte de terre de 9 dm³ - on remarquera la structure grumeleuse du sol qui se détache en agrégats plus ou moins arrondis

VI.2.2. Profils racinaires herbacés

1. *Système racinaire et occupation du sol*

La végétation herbacée annuelle s'implante en petites touffes. L'enracinement, concentré sous les touffes, dépend essentiellement du type biomorphologique. Les espèces thérophytes cespiteuses ont un système racinaire généralement plus dense et plus fasciculé que les espèces thérophytes uniculmaires. Il est de façon générale un système racinaire formé d'un faisceau assez dense, peu ouvert, de racines fines (diamètre inférieur à 0.5 mm) et de radicelles, avec très peu de racines latérales. L'exploitation de l'épipédon par les racines est donc étroitement fonction de la densité spatiale des touffes.

Les espèces herbacées pérennes comme *A. gayanus* et *A. ascinodis* présentent un enracinement fasciculé dense sous les touffes, avec très peu de racines latérales au niveau des jeunes touffes (planche 8). L'abondance des racines décroît progressivement avec la profondeur du sol. Le diamètre des racines est de 1 à 3 mm chez *A. gayanus* et est inférieur à 1 mm chez *A. ascinodis*. Au fur et mesure que les touffes vieillissent, elles développent des racines latérales, plus importantes chez *A. gayanus* que chez *A. ascinodis*.

2. *Distribution spatiale des racines*

La densité racinaire des différentes andropogonées en fonction de l'âge de la jachère et du lieu de prélèvement (sous touffes ou hors touffes) a été estimée sur des échantillons de terre prélevés sur 40 cm de profondeur avec une tarière de 8 cm de diamètre, séchés à l'étuve

à 80° C et pesés. Nous avons, pour chaque espèce, considéré la fourchette d'âge correspondant à l'optimum de son développement végétatif.

Les racines des andropogonées sont assez bien distribuées aussi bien sous touffes que hors touffes (planche 8). Le tableau 5 donne des valeurs moyennes de densités racinaires. Les chiffres, affectés de leurs écarts-types, montrent que les variations sont toutes aussi peu sensibles pour les fourchettes d'âge choisies que pour le lieu de prélèvement. On remarquera surtout que les espaces intertouffes renferment en moyenne des densités relativement élevées.

Tableau 5: Valeurs moyennes de densité racinaire chez *Andropogon spp.*
(Jn = jachère ayant n ans ex. J25 = jachère de 25 ans)

	Sous touffes (en g /dm ³)	Hors touffes (en g /dm ³)
<i>A.pseudapricus</i>	0,402 (J6) $\sigma = 0.29$	non mesurée parce que l'espace inter touffes n'existe pas
<i>A. gayanus</i>	1,154 (J6) $\sigma = 0.21$ 1,347 (J14) $\sigma = 0.13$	0,172 (J6) $\sigma = 0.11$ 0,231 (J14) $\sigma = 0.14$
<i>A. ascinodis</i>	0,614 (J25) $\sigma = 0.15$ 1,033 (J40) $\sigma = 0.13$	0,343 (J25) $\sigma = 0.10$ 0,467 (J40) $\sigma = 0.13$

L'estimation de la densité racinaire des différentes andropogonées en fonction des horizons (horizon humifère: 0-10 cm; horizon de pénétration 11-20 cm; horizon B1: 21-30 cm) a été faite sur des volumes de terre de 9 dm³ prélevés en carotte de 30 cm de côté (ce qui

correspond au diamètre moyen des touffes de *Andropogon gayanus* et *A. ascinodis* au maximum de leur développement végétatif) et 10 cm de profondeur et comprenant en leur centre une touffe de l'espèce étudiée. Les mesures sont données par le tableau ci-dessous (tableau 6).

Tableau 6 : Distribution verticale des racines de *Andropogon spp.*

	Strate 0-10cm	Strate 11-20cm	Strate 20-30
<i>A. pseudapricus</i>	2.609	1.754	0.233
<i>A. gayanus</i>	35	8.437	3.1
<i>A. ascinodis</i>	20.266	8.147	0.81

Le poids sec relativement élevé des racines de *A. gayanus* au niveau de l'épipédon n'est pas forcément corrélé à une densité numérique plus forte des racines de cette espèce. En effet, à l'observation, *A. ascinodis* a une concentration racinaire plus importante que *A. gayanus*. Cette différence est en partie due au diamètre des racines qui est relativement plus important chez *A. gayanus* (1 à 3 mm) que chez *A. ascinodis*. Au niveau de la strate 0-10 cm où le diamètre des racines des deux espèces est environ de 1 mm, elles présentent des densités racinaire comparables. *A. gayanus* pénètre plus en profondeur et a des racines au delà de 20 cm. La pénétration de *A. pseudapricus* est faible. Ses racines dépassent rarement l'horizon de pénétration (11-20 cm de profondeur)

Cette distribution verticale de l'enracinement peut être corrélée à la forme prise par les différents éléments structuraux. Une activité structurante résultant d'un chevelu racinaire dense aura tendance à donner des éléments structuraux aux angles plus ou moins arrondis (structure polyédrique sub-anguleuse à grumeleuse sous les touffes, cf. planche 8). Elle apparaît par ailleurs comme un élément de diagnostic de la «profondeur utile» du sol, profondeur ou volume de sol que peuvent explorer les racinaires.

VI.2.3. Résistance à la pénétration

La résistance à la pénétration, mesurant l'état de compacité du sol, donc l'état structural, renseigne en particulier sur les possibilités de passage et de pénétration racinaire. Les mesures de résistance à la pénétration étant très contingentes de l'état d'humidité du sol et de la porosité (CALLOT *et al.* 1982), nous n'avons retenu que les mesures réalisées à des états d'humidité comparables, soit 24 heures après un épisode pluvieux.

Le tableau 7 montre, qu'en situation non piétinée, les valeurs les plus élevées sont observées sous herbacées annuelles (*A. pseudapricus*). Les mesures hors touffes ont été réalisées sur des cheminements préférentiels du bétail. Elles sont relativement élevées et comparables à la mesure obtenue sous herbacées annuelles en situation non piétinée.

La figure 22 compare les valeurs de la résistance à la pénétration obtenues au niveau de différents types de structures. Les valeurs de la résistance à la pénétration peuvent ainsi être corrélées au type structural. Les structures fragmentaires observées avec des herbacées pérennes se distinguent des structures massives observées sous herbacées annuelles. L'évolution de la fragmentation structurale tend donc à diminuer les valeurs de la résistance à la pénétration. CALLOT *et al.* (1982) ont montré que «la différence de résistance mécanique conduit à un écart nettement plus important entre les longueurs moyennes des racines», les différences d'élongation des racines étant plus grandes pour des valeurs de résistance plus faibles; ce qui peut donc influencer sur la productivité des racines et par conséquent sur celle de l'écosystème. De faibles différences de structure du sol peuvent avoir de l'importance pour une végétation qui s'installe. L'observation directe macroscopique de la structure du sol renseigne sur sa pénétrabilité.

Tableau 7: Résistance à la pénétration sous différents faciès à *Andropogon spp*
horizon 0-10cm

	hors touffes	Sous touffes
<i>A. pseudapricus</i>	-	4.0 ($\sigma = 0.4$)
<i>A. gayanus</i>	4.0 ($\sigma = 1.9$)	1.9 ($\sigma = 0.5$)
<i>A. ascinodis</i>	4.0 ($\sigma = 0.4$)	2.5 ($\sigma = 0.9$)

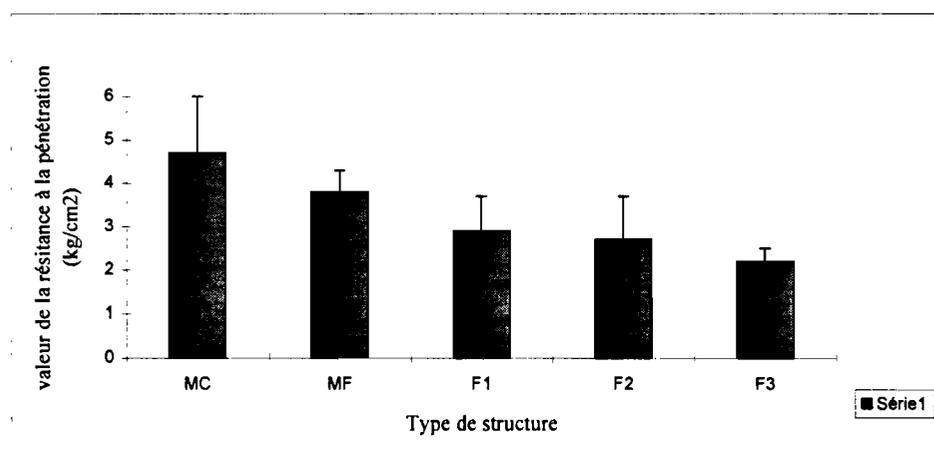


Figure 22: Résistance à la pénétration et type de structure

MC	Structure massive continue
MF	Structure massive fissurée
F1	Structure fragmentaire peu nette
F2	Structure fragmentaire nette
F3	Structure fragmentaire très nette

VI.2.4 Porosité

1. Macroporosité observée in situ

On peut distinguer à l'oeil nu une macroporosité où prédominent nettement les pores de diamètre inférieur à 500 μm . Distribuée assez régulièrement et toujours élevée (4 à 5 pores par cm^2), tant sous les divers faciès de jachère que sous culture, cette macroporosité peut être considérée comme une caractéristique intrinsèque du sol. Elle tend généralement à augmenter avec la profondeur. A côté de cette porosité, s'observe une macroporosité grossière, avec des pores de diamètre supérieur à 2 mm, essentiellement constituée de chenaux biologiques

(anciennes racines, galeries de la mésofaune). Avec 0 à 4 pores par centimètre carré, cette macroporosité grossière est distribuée très irrégulièrement.

2. Porosité totale

L'importance de la porosité en tant que volume accessible à l'atmosphère du sol ou aux transferts et stockage de l'eau nous conduit à l'observer sous différentes conditions:

- la porosité totale (tableau 8) calculée par la méthode du cylindre, de 40.4% sous cultures d'annuelles, est comparable à celle obtenue sous jachère à *A. gayanus* (39%). Sous jachère à *A. pseudapricus*, elle est de 36,6%. Sous jachère à *A. ascinodis*, la porosité totale est de 42%, dépassant légèrement la valeur de 40% considérée par BLONDEL (1965) comme une valeur seuil pour l'enracinement des plantes cultivées.

Tableau 8: Porosité totale (en %) de l'horizon 0-10cm. Pour une même colonne les chiffres suivis de la même lettre ne diffèrent pas significativement

	Porosité sous touffes	Porosité hors touffes
<i>A. pseudapricus</i>	36.6 ($\sigma = 0.9$) a	-
<i>A. gayanus</i>	39.3 ($\sigma = 2.7$) b	38.1 ($\sigma = 2.0$)a
<i>A. ascinodis</i>	42.0 ($\sigma = 1.7$) b	39.7 ($\sigma = 1.8$)a
Culture de sorgho	40.4 ($\sigma = 2.5$) b	-
Fc = 4.67	F α = 4.82 pour $\alpha = 0.010$	

- Les valeurs moyennes de couples de mesure de porosité «sous touffes» et «hors touffes» montrent pour les andropogonées pérennes des valeurs de l'ordre de 40%. Dans les horizons superficiels, la tendance à la répartition régulière des racines des andropogonées pérennes effacerait donc l'effet touffe sauf, au niveau des zones piétinées.

- L'observation des niveaux de différenciation structurale, indépendamment des espèces végétales dominantes sur le site, montre que les structures massives continues présentent une porosité totale relativement faible (36,2%) par rapport d'abord aux structures massives fissurées (39,2%) et aux structures fragmentaires (40%).

- La porosité mesurée sur mottes (méthode au pétrole), de l'ordre de 35% (cf. annexe 4), varie très peu avec le type de couvert végétal (culture ou jachère). Elle peut donc être considérée comme une caractéristique intrinsèque du matériau. Par différence avec la porosité totale (estimée par la méthode des cylindres), elle fournit une porosité structurale dont les ordres de grandeur sont: 3,5% sous culture, 2,5% sous jachère à *A. pseudapricus*, 4% sous jachère à *A. gayanus* et 6% sous jachère à *A. ascinodis*. Cette porosité diminue sous *Andropogon pseudapricus*, en début de jachère, et recommence à croître sous les touffes de *A. gayanus*.

C'est donc sous *Andropogon gayanus* et *A. ascinodis* que l'on obtient la meilleure porosité structurale. Du reste, une structure fragmentaire bien développée, implique l'existence d'un grand nombre de vides, aussi important que la matière agrégée (BAIZE et JABIOL, 1995). Cette meilleure porosité structurale sous les herbacées pérennes présente, sur les plans agronomiques et écologiques, les implications que les structures fragmentaires décrits au chapitre VI.2.1, notamment, aération et distribution des racines, ressuyage naturel, circulation de l'air et de l'eau...

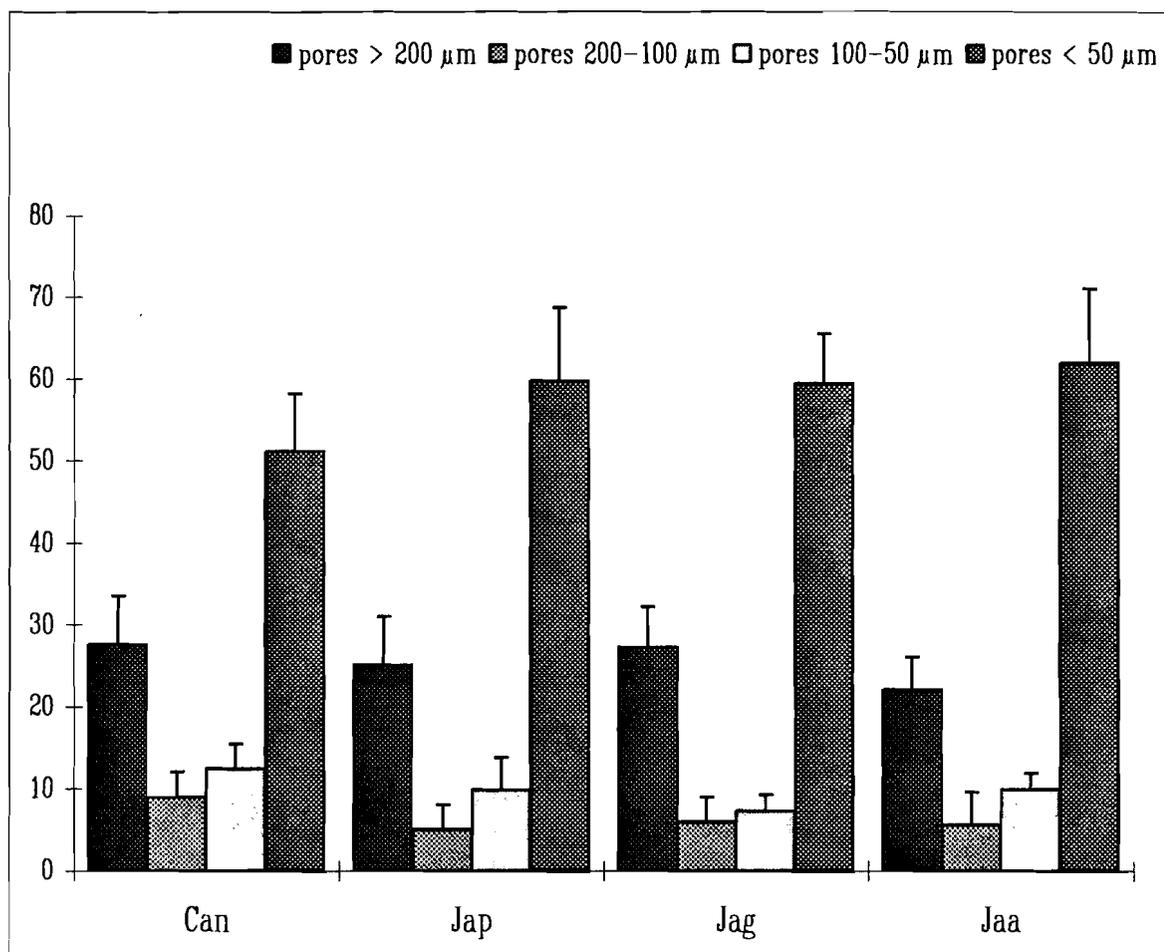


Figure 23 : Distribution dimensionnelle des pores en % de la porosité totale
(de BLIC et SOME, 1996)

Can Champ de culture annuelle
 Jap Jachère à *Andropogon pseudapricus*
 Jag Jachère à *Andropogon gayanus*
 Jaa Jachère à *Andropogon asciodis*

3. Distribution dimensionnelle des pores

Les volumes poraux correspondant aux différentes classes de taille sont exprimés en pourcentages de la porosité totale (figure 23).

En caractérisant chacun des matériaux par un «spectre poral», la figure 23 compare la distribution dimensionnelle des pores sous culture de mil et sous divers faciès caractéristiques d'une séquence évolutive observée dans une jachère herbacée. Sous culture, la classe de pores de diamètre $< 50 \mu\text{m}$ représente 50% de la porosité totale et les classes 50-100, 100-200 et $> 200 \mu\text{m}$ ont respectivement des valeurs moyennes de 12%, 9%, et 28%. Le spectre poral présente le même champ de variation pour les trois séquences évolutives de jachère: 60% pour les pores de diamètre $< 50 \mu\text{m}$ et 10%, 6% et 25% respectivement pour les pores de diamètre 50-100, 100-200 et $> 200 \mu\text{m}$. Les variations en valeur absolue des différentes classes de porosité se font dans le même sens que celle de la porosité totale.

La porosité d'un horizon est une notion essentielle pour tout ce qui concerne la réserve en eau, la circulation des fluides (eau et air) et les possibilités d'enracinement (BAIZE et JABIOLE, 1995). La macroporosité ($>200 \mu\text{m}$ d'après CALLOT *et al.*, 1982), partout supérieure à 20%, permet donc en dehors d'une réorganisation superficielle (glaçage, formation de croûte) une bonne circulation de l'eau par gravité. Au regard des propriétés liées aux dimensions des pores et définies par CALLOT *et al.* (1982), l'accessibilité pour les coiffes et poils racinaires serait assurée pour les sols étudiés. Le cumul de la microporosité (pores de diamètre $< 200 \mu\text{m}$) montre que c'est dans les jachères à *Andropogon ascinodis* qu'elle est la mieux développée (78%), offrant une bonne circulation de l'eau par capillarité et de possibilités de rétention meilleure. En culture, la microporosité est de 72% et la

macroporosité de 28%. La mise en jachère semble donc abaisser la macroporosité et augmenter la microporosité, favorisant ainsi, plus les fonction rétention de l'eau par les pores.

VI.2.4. Le profil granulométrique: diagnostic indirect du fonctionnement hydrique

Le profil granulométrique influence, par le réservoir utilisable maximal (quantité d'eau maximale cessible à la végétation) et par la circulation de l'eau, le régime hydrique des sols (BAIZE et JABIOL, 1995). En effet, les textures sableuses ont de faibles réserves tandis que les textures limono-argileuses assurent au contraire les meilleurs réservoirs.

L'estimation du réservoir utilisable maximal peut se faire de façon assez grossière en l'absence de mesures au laboratoire. La méthode nécessite seulement les teneurs volumiques en éléments grossiers et la texture de la terre fine. Des tables ont été élaborées par des services de cartographie des sols donnant pour chaque classe texturale une valeur de réservoir utilisable maximal. Le tableau 9 donne les fractions granulométriques obtenues à partir d'échantillons prélevés dans l'horizon 0-80 cm sur sol ferrugineux tropical lessivé.

Tableau 9: fractions granulométriques de l'horizon 0-80 cm: échantillons prélevés sur sol ferrugineux tropical lessivé induré. les différentes fractions sont exprimées en %.

	250-200 μ m	100-200 μ m	50-100 μ m	20-50 μ m	2-20 μ m	0-2 μ m
0-10cm	48.74	10.39	11.39	11.35	11.46	6.68
11-30cm	46.32	11.67	11.22	11.64	11.96	7.19
31-60cm	25.01	12.25	15.07	16.26	19.16	12.25
60-80 cm	24.56	13	15.67	15.92	19.21	11.64

Ainsi, avec une texture à tendance sable-limon à sable-argile (tableau 9) l'utilisation de la table de cartographie des sols de l'Aisne (*in* BAIZE et JABIOL, 1995, p. 283) donnerait pour les sols étudiés: 12 à 19% d'humidité à la capacité au champ, 5 à 10% d'humidité au point de flétrissement, 7 à 9% d'eau utile et un réservoir utilisable maximal de 1 à 1,35 mm/cm d'épaisseur, soit 30 à 54 mm pour 30 à 40 cm de profondeur de sol. La comparaison de ces valeurs avec les classes de réservoir utilisable maximal proposées par le GEPPA, (1981), situe ces sols dans les classes faibles à très faibles. La tendance limono-argileuse des horizons de profondeur > 15 cm assure de meilleures réserves en eau. Un réservoir utilisable maximal limité (faible à très faible) constitue une limitation majeure en période de faible pluviosité (BAIZE et JABIOL, 1995).

Si la méthode des textures présente l'avantage d'être simple et de pouvoir être appliquée en toutes circonstances, elle aurait aussi et entre autres «le défaut de ne tenir aucun compte de la véritable densité apparente des horizons, laquelle est liée à leur structure et à leur composition minéralogique (...), des teneurs en matière organique qui ont une action positive directe sur le réservoir en eau (...)» (BAIZE et JABIOL, 1995). Il se pose surtout la question de sa validité, quand elle est appliquée à d'autres types de sol qu'à celui ayant servi de référentiel. Nous utilisons ces tables à titre indicatif à défaut de mesures exactes portant sur nos sols pour différentes humidités caractéristiques.

DISCUSSION

La mise en parallèle des modèles proposés par les figures 19, 20 et 21 pose la question de la détermination des principaux facteurs qui influencent la dynamique post-culturelle et des mécanismes pouvant expliquer l'évolution concomitante de la végétation et du sol.

La fragmentation du sol observée dans l'horizon humifère sous *A. gayanus* se manifeste dès l'apparition des premières touffes dans les jachères à herbacées annuelles. C'est donc un effet structurant immédiat qui met bien en évidence l'importance de cette espèce dans l'amélioration physique du sol. Cependant, *A. ascinodis*, dont l'action structurante paraît supérieure à celle de *A. gayanus* (importance des structures fragmentaires très nette), ne peut s'implanter directement dans une jachère à herbacées annuelles. Nous avons ainsi observé que sur des parcelles voisines, mais dont les âges varient de deux à plus de vingt ans, il ne se développe pas les mêmes espèces herbacées, bien que la proximité puissent favoriser un transfert de semences d'une parcelle à l'autre. Dans des essais de semis, SERPANTIE (comm. pers.) montre bien que le précédent cultural est important dans la réussite des germinations des graines d'*A. gayanus*. Les germinations réussissant mieux après des cultures d'arachides. On peut penser alors que l'apparition des espèces sur les différentes parcelles dépend de l'état structural du sol et des modifications de celui-ci.

Le gain de porosité, même s'il est statistiquement significatif entre le stade à herbacées annuelles et celui à herbacées pérennes (tableau 8), il est relativement peu élevé. Entre herbacées pérennes il reste faible et statistiquement non significatif. Il peut donc être considéré comme une caractéristique relativement constante de l'horizon superficiel, résultant d'un équilibre dynamique entre des facteurs d'allègement (action des racines et de la faune du sol) et des facteurs de compaction d'origine anthropique (piétinement du bétail) ou climatiques (battance des pluies) ou encore pédologique (déstructuration). Cet équilibre, légèrement modifié par la mise en culture, est rompu lors de l'abandon cultural. En effet, comme nous le soulignons dans le chapitre IV.1.3, le principal facteur de réorganisation de la surface du sol reste ici la profondeur souvent très limitée de ces sols. L'apparition à faible profondeur de l'horizon induré, donc imperméable, entraîne rapidement, en l'absence de

couvert végétal et de toute activité biologique, la saturation des horizons supérieurs, ce qui provoque à terme l'effondrement sur place de la structure.

Les espèces herbacées créent alors au niveau de leur rizhosphère une différenciation locale, qui, par la suite amorcent une dynamique spatiale des éléments pédologiques par «nucléation» avec extension et coalescence ultérieure d'états structuraux identiques quand s'effectue celle de la végétation. FLORET et PONTANIER (1993) soulignent l'importance de cette dynamique végétale par nucléation dans la création «d'îlots de fertilité où la saison de végétation peut être plus longue, où les cycles des éléments sont accélérés par les plantes et la faune du sol ». De nombreuses études montrent des exemples de remplacement des espèces par le double mécanisme de l'amélioration du milieu et de la compétition (OLSON, 1958; MORRISSON et YARRANTON, 1973; SALISBURY 1959). En effet, les espèces pionnières se montrent capables de modifier le milieu et de faciliter l'installation d'espèces apparaissant ultérieurement et qui par concurrence (pour la lumière, l'espace ou les ressources du sol) les éliminent ensuite.

CONCLUSION

L'importante dénudation du sol en début de jachère favorise l'installation d'espèces herbacées thérophytes uniculmaires. Ce type biologique est progressivement remplacé par le type thérophyte cespiteux et plus tard par le type hémicryptophyte cespiteux. L'installation des espèces herbacées pérennes dans les séries post-culturelles nécessite donc que soit mise en place une certaine structure du sol.

Les trois modèles de succession proposés par CONNELL et SLATYER (1977) s'appliquent simultanément ou successivement au cours de cette recolonisation naturelle.

Le modèle de «tolérance» domine à l'abandon du champ tant que le couvert est lâche et que les sites d'implantation sont abondants. La structure du sol initialement massive et la dénudation du sol se prêtent mieux à l'implantation d'espèces à morphologie relativement simple.

Le modèle de «facilitation» est rencontré grâce à l'important effet structurant initié par les espèces thérophytes uniculmaires et cespiteuses. En effet, les structures massives continues sous herbacées annuelles sont associées à une phase fragmentaire nettement exprimée, liée aux racines fines et localisée dans l'horizon humifère. Ce premier travail favorisera l'installation d'espèces cespiteuses hémicryptophytes.

Enfin, le modèle «d'inhibition» existe dès que la lumière ou les ressources édaphiques deviennent limitantes, notamment avec les hémicryptophytes à l'encontre des thérophytes ou avec les cespiteuses à l'encontre des uniculmaires. Ce modèle s'applique également aux rapports herbacées/sous-ligneuses ou sous-ligneuses/espèces ligneuses.

Le stade préforestier, avec le retour de *Eragrostis tenella*, est marqué par le modèle de «tolérance» dans lequel les espèces se remplacent plus en fonction de leur capacité à exploiter des niveau de ressources plus faibles.

La différenciation structurale s'accompagne, grâce au phénomène d'ouverture et d'éclatement des touffes de *Andropogon spp.*, d'un piégeage de divers éléments (sable, débris végétaux, cendres...). Il se crée ainsi des poches de fertilité avec certainement des modifications biologiques et chimiques à même d'améliorer les qualités trophiques du sol pour les plantes cultivées. Leur étude est l'objet des chapitres suivants.

CHAPITRE VII**LA MATIERE ORGANIQUE ET SON NIVEAU DE MINERALISATION**

VII. 1 Les hypothèses de travail

Les stocks organiques d'un sol ne sont stables ni en quantité (décomposition et humification, incorporation de matières organiques) ni en qualité (importance des différentes fractions, JENKINSON et RAYNER, 1983; YOUNG, 1987; FELLER *et al.*, 1993).

Les niveaux de stocks organiques d'un sol sont liés à des paramètres comme le climat (température et pluviométrie), la végétation, la nature des sols, leur position dans le paysage, leur mode de gestion et l'activité de la macrofaune (FELLER *et al.* 1993).

Les différents travaux comparant les systèmes de culture et de jachère ont toujours montré que pour les sols cultivés le bilan annuel des éléments nutritifs est négatif et, qu'à l'inverse, le bilan sous jachère est positif. Ce bilan est particulièrement dû au recyclage interne des éléments nutritifs par les graminées pérennes, c'est-à-dire cette capacité qu'elles ont de transférer vers les parties souterraines une partie des éléments contenus au départ dans les parties aériennes (BREMAN, 1982; YOUNG, 1989). Du reste, en savane, une grande partie des organes aériens des végétaux est détruite chaque année par le passage des feux et transformée en cendre qui peut être partiellement réincorporée au sol. Ce sont donc les parties souterraines qui contribuent le mieux à la formation des stocks organiques. BREMAN (1982) donne 10 à 20 kg N/ha qui serait ainsi restitués. Pour des savanes à *Andropogon spp.*, GREENLAND (1977) trouve une accumulation de l'ordre de 2 à 10 kg/ha/an.

La succession post-culturale est caractérisée par un remplacement dans le temps de groupes végétaux à biologie et morphologie différentes, donc à contribution différente vis-à-vis du stockage de la matière organique. Des écrits ont en effet montré que les graminées annuelles, tout comme les cultures céréalières, épuisent le sol en ses éléments nutritifs (HOEFSLOOT *et al.*, 1993); dans les meilleurs situations elles ralentissent le processus

d'appauvrissement sans cependant apporter d'améliorations (CHARREAU et NICOU, 1971; VAN der POOL, 1990). Une amélioration serait décelable si l'on a recours à certains amendements, notamment organiques, pour lever le premier facteur limitant de la production agricole qu'est la désaturation importante du complexe argilo-humique (HIEN *et al.*, 1993). Avec une végétation pérenne, la biomasse racinaire, responsable du stockage de la matière organique, est plus importante (GREENLAND et NYE, 1990; CESAR et COULIBALY, 1991; PIERI, 1991 et 1993) et le bilan des éléments nutritifs devient positif. Cependant, ce système serait, comparé à des jachères d'arbustes, une méthode très faible de restituer la fertilité des sols (NYE et GREENLAND, 1960; NAKANO et SYAHBUDDIN, 1989; PIERI, 1989).

Notre site d'étude présente:

- des températures généralement supérieures à 25° C (l'effet de la température ne s'exprime que pour les tropiques d'altitude lorsque les températures sont inférieures à 18-20°C (LAUDELOUT *et al.*, 1960 *in* FELLER *et al.* 1993);
- des sols principalement ferrugineux tropicaux lessivés; on peut supposer que les gains par altération du substrat, sont approximativement équivalents aux pertes par érosion. A partir de l'estimation des pertes par érosion sous jachère fixées à 60% des pertes sous culture de mil (CHARREAU, 1971) et du taux de matière organique des sédiments érodés évalué à 4% par ROOSE (1979), les pertes sous jachère sont estimées à 200kg/ha/an par HOESFLOOT *et al.*; (1993);
- une texture des sols à tendance limono-sableuse à sablo-argileuse. La matière organique dans ce type de sol aura tendance à former une «fraction organo-limoneuse» en surface avec un

C/N compris entre 10 et 15 et une «fraction organo-argileuse» en profondeur avec un C/N inférieur à 10 (FELLER *et al.*,1993)

- des pressions anthropiques modérées, qui n'influent donc pas trop sur les stocks organiques.

En effet, le niveau d'exploitation déterminerait largement le bilan des éléments nutritifs (HOEFSLOOT *et al.* 1993);

- une végétation spontanée post-culturelle variée aussi bien dans sa composition floristique que dans son mode d'implantation.

- une végétation avec une densité racinaire de l'ordre de 0,153t/ha pour les espèces herbacées annuelles notamment *Andropogon pseudapricus*, de 1,55t/ha pour *Andropogon gayanus*, et de 0,974t/ha pour *Andropogon ascinodis*.

La quantité et la qualité des stocks organiques à chaque stade de la succession post-culturelle dépendront donc essentiellement de la nature du couvert végétal et de sa composition. Il s'agit donc de préciser les niveaux de stocks organiques (approche quantitative) à chaque stade de la jachère et d'identifier les mécanismes pouvant expliquer la distribution de la matière organique (approche fonctionnelle).

VII.2. Approche quantitative: les stocks organiques et leur niveau de minéralisation

Plus de 500 échantillons prélevés sous touffes et hors touffes des principales espèces dominantes et caractéristiques de seuil d'évolution post-culturelle ont été analysés. Les situations retenues sont:

- des jachères à herbacées annuelles de moins de dix ans avec *Andropogon pseudapricus* comme espèce nettement dominante,

- des jachères à herbacées pérennes avec *Andropogon gayanus* présentant un recouvrement de plus de 80% (12 à 15 ans) et *Andropogon ascinodis* (avec un recouvrement >80%) en fin de succession post-culturelle, (plus de 30 ans),
- des jachères à dominance sous-ligneuses (*Triumphetta lepidota*) et ligneuses (*Butyrospermum paradoxum*). Les résultats obtenus à ce niveau permettent de faire des comparaisons au niveau de l'approche quantitative.

Par abus de langage certains tableaux donnent des valeurs hors touffes pour *Andropogon pseudapricus*; il s'agit pour les mesures correspondantes de valeurs observées sur des plages nues contiguës à des peuplements d'herbacées annuelles.

Les teneurs des différents éléments dosés sont soumises à une analyse de variance à un critère de classification au moyen du test de Scheffe (considéré comme le test le plus sensible aux petites différences entre les moyennes, SCHERRER, 1992) réalisé par le sous-programme «Oneway de SIMSTAT/MVSP». Quand la valeur F_c est supérieure à la valeur critique F_α , l'hypothèse principale d'égalité des moyennes est rejetée et le risque d'erreur de la décision, c'est-à-dire α , est précisé.

*** Teneurs moyennes en carbone total et azote total**

Tableau 10: Teneurs moyennes en carbone total et azote total (en % du poids sec du sol) avec erreur standard, et rapport C/N (0-10 cm)

	NE	N(‰)	ES	C(%)	ES	C/N
Hors touffes						
AP	44	0.54	0.002	0.86	0.03	15.9
AG	52	0.42	0.001	0.63	0.02	15
AA	52	0.38	0.001	0.58	0.02	15.1
SL	44	0.44	0.002	0.64	0.03	14.6
LI	50	0.43	0.001	0.69	0.03	16.1
CAN	50	0.44	0.002	0.48	0.03	9
Sous touffes						
AP	54	0.54	0.002	0.85	0.03	15.5
AG	52	0.52	0.001	0.77	0.02	14.9
AA	50	0.42	0.001	0.64	0.02	15.3
SL	52	0.54	0.002	0.74	0.03	14.
LI	54	0.51	0.002	0.77	0.03	15

Fc = 13.55 F α = 2.66 α = 0.005

NE→Nombre d'échantillons analysés

N→Azote

C→Carbone

ES→Erreur standard

AA→*A. ascinodis*

AG→*A. gayanus*

AP →*A. pseudapricus*

SL→Sous-ligneux

LI→Ligneux

CAN→cultures d'annuelles

Le test de comparaison multiple de Scheffé montre que ces moyennes sont significativement différentes l'une de l'autre.

De façon générale, et pour chaque espèce, les teneurs en N et C sont plus fortes dans le sol rhizosphérique que hors rhizosphère. Ces résultats sont en conformité avec ceux donnés par ABBADIE (1990) pour LAMTO.

Les plus fortes teneurs en N et sous touffes s'observent sous les ligneux (0,054) et les sous-ligneux (0,054) (ces moyennes ne sont pas différentes).

Si l'on considère la distribution de carbone et d'azote chez les herbacées, on a par ordre décroissant AP/HT, AG/HT, AA/HT.

Les concentrations en carbone, et sous touffes, sont plus élevées sous les sous-ligneuses (0,86%).

***Production cumulée de CO₂ et potentiel de minéralisation du C.**

Tableau 11: Production cumulée de CO₂ en µg C g⁻¹ sol sec après soixante douze heures d'incubation et potentiel de minéralisation du carbone (en % C total). A l'intérieur de chaque ligne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes

	<i>A. pseudapricus</i>	<i>A. gayanus</i>	<i>A. ascinodis</i>	Sous-ligneux
<u>µg C g⁻¹ sol sec</u>				
sous touffes	257.15 a	459.33 b	229.64 c	80.91 d
hors touffes	31.38 a	226.38 b	199.50 c	non mesuré
<u>Coéf. minéralisation</u>				
sous touffes	3.3 a	5.9 b	3.6 a	0.9 c
hors touffes	0.4 a	3.6 b	3.4 b	2.3 c

Fc = 8.677

Fα = 4.48

α = 0.005

La production cumulée de CO₂ sous couverture herbacée est de l'ordre de 257.15 µg C g⁻¹ sol sec, et représente donc une activité microbienne relativement importante.

L'activité microbienne en 72h est plus élevée sous touffes que hors touffes. L'activité microbienne la plus importante hors touffes est observée sous couverture à *A. gayanus*. Les coefficients de minéralisation ont la même tendance.

***Minéralisation potentielle de l'Azote**

Tableau 12: Minéralisation potentielle de l'azote après 72 heures d'incubation. A l'intérieur de chaque ligne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes

	<i>A. pseudapricus</i>	<i>A. gayanus</i>	<i>A. ascinodis</i>	Sous-ligneux
$\mu\text{g N-NH}_4^+$ g^{-1} sol sec				
sous touffes	1.75 a	3.61 b	3.12 b	0.80 c
hors touffes	1.03 a	2.21 b	1.33 c	non mesuré
$\mu\text{g N-NO}_3^-$ g^{-1} sol sec				
sous touffes	0.20 a	0.30 a	0.20 a	0.15
hors touffes	0.05 a	0.09a	0.04 a	non mesuré

- pour N-NH_4^+ $F_c = 9,247$

$F_\alpha = 4.48$

$\alpha = 0.005$

- pour N-NO_3^- $F_c = 1.043$

$F_\alpha = 4.48$

$\alpha = 0.005$

Les tests statistiques appliqués aux moyennes de N-NH_4^+ montrent qu'elles sont significativement différentes au seuil de 0.005%. Par contre, pour N-NO_3^- , les moyennes ne sont pas significativement différentes et restent relativement faibles. L'ammonification la plus active a lieu sous couverture à *A. gayanus* et à *A. ascinodis*. Les moyennes ne diffèrent pas significativement.

***Biomasse microbienne**

Tableau 13: Biomasse microbienne en $\mu\text{gN g}^{-1}$ sol. A l'intérieur de chaque ligne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes

	<i>A. pseudapricus</i>	<i>A. gayanus</i>	<i>A. ascinodis</i>
Echantillons incubés			
Sous touffes	11.55 a	29.84 b	20.27 c
hors touffes	8.73 a	8.97 a	10.36 a
Echantillons non incubés			
Sous touffes	6.34 a	13.85 b	12.84 b
Hors touffes	9.09 a	4.35 b	10.49 a

pour échantillons incubés $F_c = 6.817$ $F_{\alpha} = 4.48$ $\alpha = 0.005$

pour échantillons non incubés $F_c = 7.39$ $F_{\alpha} = 4;48$ $\alpha = 0.005$

Après incubation, la biomasse microbienne sous couverture à *A. gayanus* est trois fois plus importante que celle observée sous *A. pseudapricus*. Sous couverture à *A. ascinodis*, elle est deux fois plus importante. Les moyennes sous touffes ne sont pas significativement différentes. On notera surtout un rapport ST/HT généralement élevé sous couverture à herbacées pérennes.

Tableau 14: Coefficient de régression linéaire entre la biomasse microbienne et les autres éléments du sol.

	Azote	Carbone	N-NH ₄	N-NO ₃	CO ₂ cumulée
Incubés	0.108	0.114	0.546***	0.229	0.509***
Non incubés	0.179	0.178	0.063	-0.062	0.0120
	*p ≤ 0.05	**p ≤ 0.01	***p ≤ 0.001		

La régression linéaire entre la biomasse microbienne et la distribution des autres éléments du sol montre en condition d'incubation:

- une corrélation positive mais faible entre les stocks organiques (azote total et carbone total) et la biomasse microbienne.
- une corrélation positive mais faible entre la nitrification (production azote nitrique) et la biomasse microbienne.
- une corrélation positive et forte entre l'ammonification (production d'azote ammoniacal) et la biomasse microbienne d'une part et entre la respiration (production cumulée de CO₂) et la biomasse microbienne d'autre part.

En condition de non incubation les corrélations sont faibles.

Des données quantitatives, on peut retenir:

- un gain net en azote et carbone sous couverture à herbacées annuelles,
- une perte en azote et carbone sous couverture herbacées pérennes,
- une minéralisation du carbone plus importante sous couverture à herbacées pérennes (6 à 7 fois supérieure à la minéralisation sous couverture à herbacées annuelles)
- une minéralisation de l'azote plus importante de l'azote sous couverture à herbacées pérennes (2 fois supérieure à la minéralisation sous couverture à herbacées annuelles),
- une biomasse microbienne sous touffes à herbacées pérennes, 2 à 3 fois supérieure à celle que l'on trouve sous touffes à herbacées annuelles. Hors touffes les biomasses microbiennes sont sensiblement les mêmes.
- une corrélation positive et forte entre les productions d'azote ammoniacal et de CO² et la biomasse microbienne.

VII.3. Approche fonctionnelle

A la lecture des données quantitatives ci-dessus et au regard de la complexité même du sujet «matière organique», nous présentons un modèle théorique, qui, loin d'être explicatif et prédictif, propose plutôt un certain nombre d'hypothèses qui sont toutes, autant de voies possibles de recherches.

Pour approcher le fonctionnement de la matière organique en jachère, il est important de considérer:

- l'existence d'au moins deux fractions -YOUNG (1987); FELLER *et al.* (1993) distinguent trois fractions tandis que JENKINSON et RAYNER (1977) distinguent cinq fractions:-1) une fraction organique non stable, importante pour l'activité biologique du sol, pour la

minéralisation et la fourniture rapide d'éléments nutritifs à d'éventuels consommateurs (WOOMER *et al.* 1994); 2) une fraction de matière organique stabilisée, incorporée dans le squelette minéral du sol; elle favorise plutôt une accumulation des éléments nutritifs (HOEFSLOOT *et al.* 1993);

- une entrée de matière végétale essentiellement d'origine racinaire dans le compartiment humus (;GREELAND 1977; BREMAN, 1982),

- une minéralisation de l'humus. (MYERS *et al.*,1989). Elle correspond donc à une sortie d'éléments du compartiment humus;

- une décomposition additionnelle la matière organique plus ou moins humifiée du sol (litière racinaire) due à l'adjonction de produits métabolisables par la microflore native. La durée de ce effet est variable : généralement, le gain de minéralisation observé est de courte durée dans le cas de produits simples (DALENBERG et JAGER, 1981 *in* ABBADIE, 1990), mais il est plus rémanent lorsque sont apportés des substrats plus complexes comme la matière végétale fraîche (BROADBENT et NAKASHIMA 1974, *in* ABBADIE, 1990). elle renforce donc la sortie des éléments du compartiment litière.

- une minéralisation préférentielle de la matière organique fraîche (MYERS *et al.* 1994);

- un rôle clef joué par la biomasse microbienne du sol en tant que source d'éléments (minéralisation des produits microbiens) et système d'immobilisation temporaire des éléments (assimilation bactérienne) (DUXBURY *et al.* 1989 *in* WOOMER *et al.* 1994, COLEMAN *et al.*, 1989). En effet les changements dans la biomasse microbienne du sol sont pour certains auteurs (AYANABA *et al.*, 1976; CARTER et RENNIE, 1982; OCIO *et al.*1991 *in* MAZZARINO *et al.*, 1993) un bon indicateur à court terme des changements de la matière

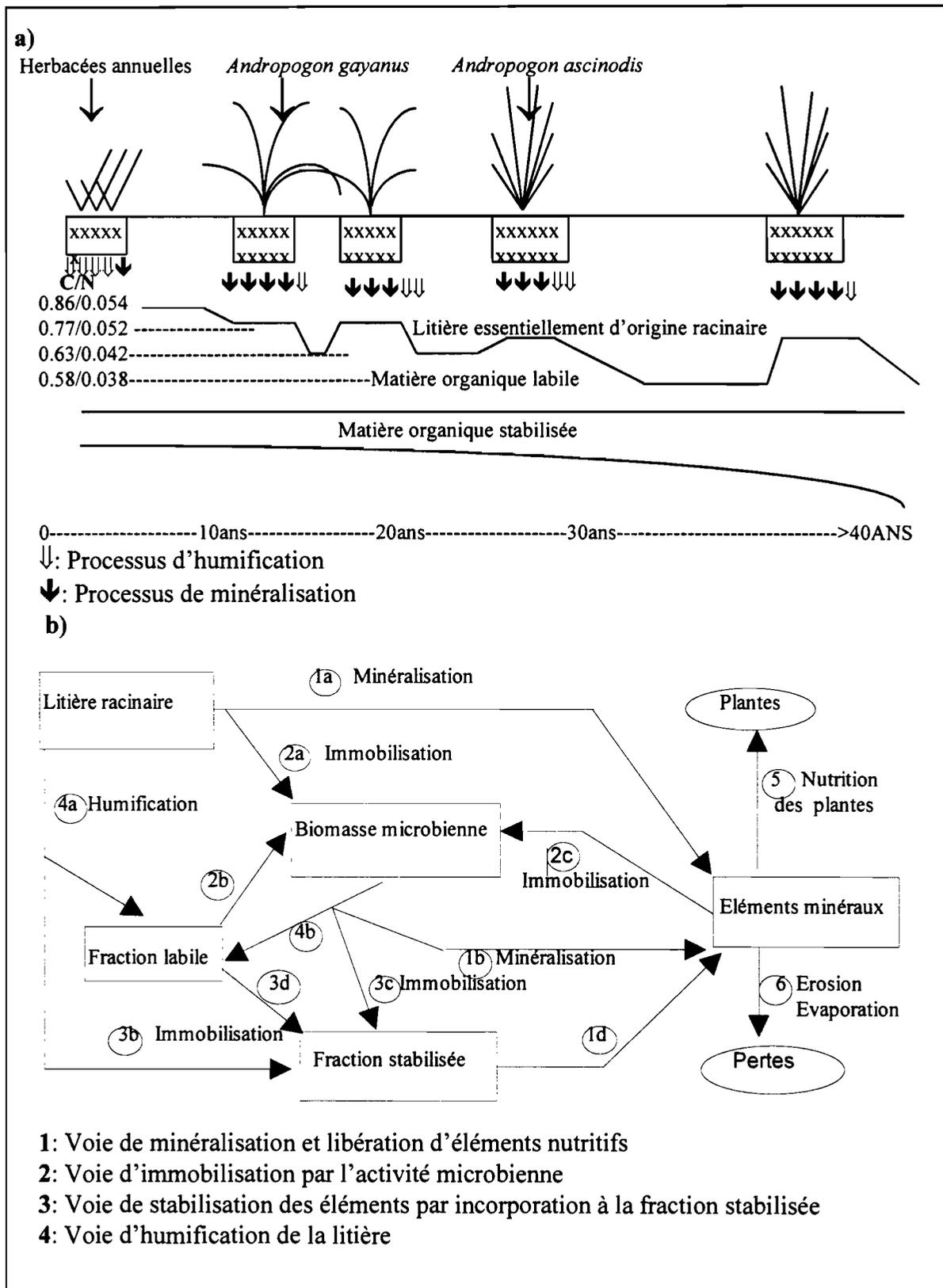


Figure24: Modèle de représentation:

(a) de la distribution de la matière organique et de ses fractions (approche quantitative) (b) voies de minéralisation, d'immobilisation par la vie microbienne et de stabilisation des éléments sous jachère. (approche fonctionnelle, MYERS *et al.* (1994), adapté et modifié)

organique du sol et de la fertilité. La biomasse microbienne du sol reste cependant très influencée par la phénologie des végétaux, les pratiques de gestion de la fertilité et l'humidité du sol (MAZZARINO *et al.*, 1993).

La distribution de la matière organique, de ses fractions et leur niveau de minéralisation sont synthétisés par la figure 24 qui donne un modèle de représentation des approches quantitatives (**a**: Distribution de la matière organique et de ses fractions) et fonctionnelles (**b**: les voies de minéralisation et d'immobilisation).

Dans la partie (**a**) du modèle, nous distinguons en plus des fractions stabilisée et labile (à l'intérieur du compartiment humus), une «fraction litière» essentiellement d'origine racinaire. Elle est relativement importante (en biomasse et necromasse) sous *Andropogon gayanus* et *A. ascinodis*. Ce qui correspondrait à une augmentation de cette litière au cours du temps.

L'analyse de l'évolution des teneurs en carbone et azote (gains puis pertes) indique que les jachères à herbacées annuelles auront surtout contribué à l'accroissement de la matière organique non stable, qui se minéralise vite par la suite. Selon YOUNG (1987) cette fraction a une demi-vie d'environ 3 ans. On a donc: sous couverture à herbacées annuelles un stockage puis une décroissance graduelle de la matière organique non stable. Il n'est cependant ^{pas} douteux que l'adjonction de matière organique dans le sol ait contribué à relever légèrement le niveau de la matière stabilisée. Cette fraction croît, mais très lentement, avec le temps.

Dans la partie (**b**) du modèle, l'analyse de la variation des flux à travers les voies possibles de minéralisation et d'immobilisation peut expliquer en partie les mécanismes qui

déterminent la distribution de la matière organique et de ses fractions en jachère. Cette analyse s'inspire de «Conceptual model of nutrient pathways» de MYERS *et al.*, (1994).

Le schéma général est le suivant: un processus d'humification de la litière essentiellement d'origine racinaire (voie 4a) conduit à la formation des fractions labile et stabilisée de l'humus. Une immobilisation directe se fait (voie 2a) et permet, par l'assimilation microbienne, un stockage provisoire des éléments. Ces éléments libérés sous forme de produits microbiens sont, soit incorporés à la fraction labile (voie 4b), soit stabilisés en entrant dans le squelette minéral du sol (voie 3c) soit mis à la disposition des plantes (voie 1b). Une minéralisation directe a lieu à partir de la litière (voie 1a). Elle fournit des éléments qui sont prélevés par les plantes, par la microflore native ou perdus par érosion ou évaporation.

Au niveau des plantes herbacées annuelles, la distribution des pieds est uniforme et l'on peut penser que les espaces intertouffes sont très réduits, sinon inexistantes. La matière organique essentiellement d'origine racinaire est uniformément distribuée dans l'horizon 0-10 cm. Les plages de sol nu associées à ces espaces sont relativement pauvres en stocks organiques. Par la voie 4a, il se produit une humification avec surtout une accumulation de matière organique sous une forme labile. La voie 1a fournit par minéralisation immédiate des nutriments qui seront, soit prélevés par les plantes, soit perdus par érosion (ROOSE, 1979) ou volatilisation. L'immobilisation par la voie 2a est faible (faiblesse de la biomasse microbienne). Dans cette phase, l'humification est le processus dominant avec une minéralisation nette relativement faible (cf. tableaux 11 et 12).

La mise en place d'un peuplement d'herbacées pérennes introduit au niveau du site, de part même la disposition agrégative des touffes, une hétérogénéité dans le fonctionnement biologique du sol.

Les espaces intertouffes, n'étant plus approvisionnés et pauvres en biomasse microbienne (cf. tableau 13) vont connaître un déstockage (tableau 10) progressif dû à une minéralisation par les voies 1b et 1a. L'humification sera relativement réduite. Les pertes en éléments se feront surtout par érosion ou évaporation.

Les transferts d'éléments nutritifs de la partie aérienne vers les parties souterraines et la rhizodéposition (sortie de composés organique du compartiment racinaire vers le compartiment édaphique, ABBADIE, 1990), l'adjonction de nouveaux produits métabolisables et en quantité stimulent l'activité bactérienne (tableau 13). Il se produit alors une augmentation du peuplement microbien (qui triple ses effectifs) et de son action minéralisatrice qui a sextuplé. Il a lieu un «*priming effect*¹», au sens de JENKINSON (1961, 1971) et repris par ABBADIE (1990). Ce *priming effect* induit une stimulation des bactéries qui vont minéraliser de préférence la matière organique additionnelle c'est-à-dire fraîche. Ceci va contribuer à diminuer l'entrée de matière dans le compartiment humus par la voie 4a. Elle favorise une immobilisation par les voies 2a et 3c. On peut aussi supposer que la matière organique ancienne suivra la voie 3b et augmentera la fraction stabilisée. Cette stabilisation peut être d'autant plus importante que les pertes sont minimisées (l'activité microbienne ayant lieu au contact des racines, ABBADIE, 1990) et les prélèvements par les plantes sont largement compensés par les apports de matière.

¹ On entend par «*priming effect*», la stimulation de la décomposition de la matière organique préexistante dans le sol (matière organique plus ou moins humifiée) résultant de l'addition de produits métabolisables par la microflore native (ABBADIE, 1990).

Un tel modèle implique:

1) que sous herbacées annuelles l'humification est importante et la minéralisation faible; 2) que sous herbacées pérennes la minéralisation est importante et affecte préférentiellement la matière fraîche, l'humification relativement faible se fait grâce à la matière ancienne; 3) qu'une jachère à herbacées annuelles, de durée relativement courte, n'améliore quantitativement que la fraction non stable donc rapidement minéralisable; 2) qu'une amélioration sensible du stock stable nécessite des durées de jachère longues; 3) que la régulation des différents flux et des stocks est très dépendante de la nature du couvert végétal et de l'importance de celle-ci.

et explique:

4) les données quantitatives des tableaux; 5) le fait que les gains (en terme de restauration des teneurs d'éléments nutritifs) ne soient manifestes que pour les premières années de cultures si le sol est remis en culture (HOESFLOOT *et al.* 1993; HIEN *et al.* 1993). 6) la structure grumeleuse en agrégats observée sous herbacées pérennes, et stabilisées par la matière organique(cf. planche 8:b).

Cette interprétation rejoint les hypothèses formulées par GORHAM *et al.* 1979 *in* REINERS, 1981) et reprises par REINERS (1981) qui constatent également une accumulation puis un déstockage progressif de l'azote au cours d'une succession secondaire dans les formations terrestres. Ils se sont particulièrement intéressés aux rapports entre plantes fixatrices et non fixatrices d'azote pour expliquer ces mécanismes.

Le modèle permet donc d'estimer, au regard des variations du stock organique et de son niveau de minéralisation, les périodes de remise en culture en fonction d'objectifs qui

peuvent être liés soit au rendement soit à la durabilité... Dans un système de culture où l'agriculteur viserait l'obtention de rendements élevés sur des périodes relativement courtes de culture, une remise en culture après le stade à herbacées annuelles semble mieux indiquée. Les stocks organiques non stables fourniront les éléments nécessaires aux plantes cultivées. Mais dans un soucis de gestion durable du système fondé sur le choix de périodes de culture plus longues, et pour éviter des baisses cumulatives importantes de matière et par conséquent une dégradation plus importante à long terme, l'attente des périodes à herbacées pérennes nous semblent plus appropriées. Cependant sur des systèmes à herbacées pérennes très anciens (*Andropogon ascinodis* de plus de quarante ans), il se produit un déstockage progressif et important de la matière organique.

Des mécanismes complémentaires, plus complexes et de nature variée interviennent certainement dans les processus d'accumulation, d'immobilisation et de minéralisation de la matière organique en jachère. Des recherches complémentaires sont donc pour approcher et expliquer d'avantage ce qui se passe dans la matière organique.

VII.4. Variation du signal isotopique $\delta^{13}\text{C}$ de la matière organique: mesure de la contribution des types biologiques à la formation des stocks organiques

Les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ de la matière organique des horizons du sol sont en première approximation identiques à celles de la végétation qui l'a constituée (MARIOTTI, 1991; CERRI *et al.* 1993). En effet, les abondances en ^{13}C (exprimées en valeur $\delta^{13}\text{C}$) des plantes en C_3 (ligneux) et des plantes en C_4 (graminées) sont significativement différentes. Nous

avons utilisé la méthode isotopique pour identifier les contributions éventuelles des différents types biologiques à la formation des stocks organiques.

Tableau 15: Valeurs du $\delta^{13}\text{C}$ de la matière organique (en ‰); en gras les valeurs du $\delta^{13}\text{C}$ des principales espèces de la jachère; entre parenthèses les âges des parcelles (horizon 0-10 cm)

	Sous touffe	Hors touffe
<i>A. ascinodis</i> (-11.32)	-15.28 (20ans)	-15.17 (25ans)
	-14.86 (30ans)	-15.59 (30 ans)
	-15.53 (>40ans)	-15.55 (>40ans)
<i>A. gayanus</i> (-10.82)	-16.48 (10ans)	-16.53 (10ans)
	-14.21 (14ans)	-13.92 (14ans)
	-16.12 (20ans)	-15.28 (20 ans)
<i>A. pseudapricus</i> (-10.36)	-17.84(2ans)	-17.69 (2ans)
	-16.18 (10ans)	-16.53 (10ans)
Sous-ligneuses	-18.87 (30ans)	non mesurée
Ligneuses		
(avec couverture herbacée)	-18.03	non mesurée

En considérant la même espèce, les écarts hors touffes/sous-touffes sont faibles. Les écarts entre les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ des organes végétatifs des *andropogon* sont relativement faibles (<-1‰). Les différentes espèces herbacées ne peuvent donc influencer de façon spécifique sur le signal isotopique.

Les valeurs du signal isotopique sont partout supérieures à -20 ‰ (les valeurs $\delta^{13}\text{C}$ de la végétation ligneuse, C_3 , est de l'ordre -27‰, MARIOTTI et al. 1991) et assez proches de

celles de la végétation. Cela signifie que l'humus formé contient essentiellement des stocks de matières d'origine herbacée. Ceci implique que la production de la matière organique stable et non stable est essentiellement le fait des espèces herbacées et que, par voie de conséquence, les variations de flux de matière (stockage et déstockage, minéralisation) ne peuvent être influencées que par la dynamique dans l'espace et dans le temps des espèces herbacées.

Il apparaît quelques écarts dans les valeurs du $\delta^{13}\text{C}$ des humus formés. Les valeurs les plus basses reflètent: 1) des jachères jeunes (à *A. pseudapricus*) cultivées pendant très peu de temps. La valeur du $\delta^{13}\text{C}$ ($\approx -18\text{‰}$) résulte alors d'un héritage lié à la végétation de type C_3 éliminée quelques années plus tôt; 2) un retour des plantes de type C_3 avec l'âge de la jachère ($\delta^{13}\text{C} \approx -18\text{‰}$).

Au maximum du recouvrement herbacé (stade à *Andropogon gayanus* par exemple) la valeur du signal aura tendance à s'élever ($\approx -14\text{‰}$).

Ces résultats mettent en évidence l'importance des espèces herbacées dans la constitution des stocks organiques, du moins en ce qui concerne l'horizon 0-10 cm. Pour cet horizon, il est évident que, comparées aux espèces ligneuses, les espèces herbacées sont, par leurs racines, très en contact avec la masse du sol; il leur est donc plus facile, par décomposition de ces racines, d'approvisionner les stocks organiques. Au contraire, la contribution des espèces ligneuses à la constitution des stocks se fait essentiellement par les parties aériennes qui parviennent au sol sous forme de litière, et dont l'incorporation au complexe minéral semble moins évidente si elle n'est pas simplement détruite par le feu. Les espèces ligneuses sont présentes aux différents stades de la jachère sans être capables de faire

baisser sensiblement la valeur du $\delta^{13}\text{C}$. On peut donc penser que la productivité de ces écosystèmes post-cultureux est en grande partie le fait de la strate herbacée.

CONCLUSION GENERALE

La succession post-culturelle avec des changements relativement rapides offre l'opportunité de traiter de la dynamique et du fonctionnement des savanes, milieu constamment soumis à des perturbations importantes sporadiques. Dans les successions post-culturelles, des remplacements de groupements végétaux se produisent et des modifications des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol sont décelables. A travers, cette étude spécifique des relations «formation de groupements végétaux et régénération des sols», nous avons montré, quantifié et analysé un ensemble de mécanismes en jeu et ce, à des échelles spatiales et temporelles différentes. Les modifications sont, principalement la résultante des actions individuelles des espèces sur le milieu et de la réaction de celui-ci. Il est donc évident qu'une compréhension de ces modifications, implique une approche des interactions d'ordre physiologique, bio-démographique, éthologique... au niveau de l'espèce, de la population ou des communautés végétales post-culturelles. Il faut cependant comprendre les mécanismes en oeuvre au niveau d'ensembles plus ou moins homogènes du point de vue végétal et âge. C'est donc une approche partielle et ciblée, doublée d'une maîtrise du transfert d'échelle, qu'impose la complexité du sujet, approche qui, permet une analyse plus fine des mécanismes de la succession.

A l'échelle du terroir:

- l'étude des caractéristiques morphopédologiques, des états de surface et de la susceptibilité à la dégradation des unités morphopédologiques nous a conduit à considérer la profondeur souvent limitée des sols du terroir comme le principal facteur de réorganisation de la surface du sol. L'observation de croûtes structurales sur les sols à sesquioxyde de fer et de manganèse montre bien que l'apparition à faible profondeur de l'horizon induré, donc imperméable, entraîne rapidement la saturation des horizons supérieurs, ce qui provoque, à terme, l'effondrement sur place de la structure.

- La caractérisation des faciès de végétation et l'analyse des affinités et niveaux d'homogénéité floristique révèle l'aspect en mosaïque de la végétation. Celle-ci ne répond pas de manière graduelle aux différents facteurs écologiques; elle reflète plutôt un tracé de l'occupation humaine et de la déprise culturelle.

Au niveau de la parcelle (ensemble plus ou moins homogène du point de vue végétal et âge) nous avons abordé la structure des peuplements au sens d'une organisation numérique (fréquence centésimale et recouvrement d'espèces ou groupes d'espèces, diversité spécifique...), d'un mode de distribution spatio-temporelle (profils de stratification, dynamique inter-annuelle des espèces ou groupes d'espèces) et au sens d'une organisation fonctionnelle (précision des fonctions des espèces ou groupes d'espèces au niveau de la succession post-culturelle et à celui de la modification des caractères pédologiques).

Nous avons ainsi été conduit à:

- identifier au sein du peuplement herbacé des espèces ou groupes d'espèces caractéristiques de seuils d'évolution post-culturelle;
- préciser quelques traits biologiques et stratégies bio-démographiques d'espèces caractéristiques de seuils d'évolution post-culturelle
- définir au sein du peuplement ligneux un profil de stratification. Ces strates, à l'exemple des populations d'espèces herbacées, correspondent à une certaine homogénéité écologique, éthologique et fonctionnelle (individus subissant le même effet des pressions, présentant des stratégies bio-démographiques semblables...);

Par l'analyse de la diversité spécifique nous avons abordé la structure numérique, organisationnelle et fonctionnelle des biocoenoses ligneuses et herbacées.

A l'échelle stationnelle:

- Nous avons caractérisé et ajusté les modifications physiques, chimiques et biologiques du sol en fonction de la mise en place de communautés végétales, elles-mêmes préalablement étudiées.

L'acquisition de nombreuses données de terrain et de laboratoire permet de résumer un certain nombre de mécanismes mis en oeuvre lors de la succession post-culturale, par trois modèles prédictifs et/ou explicatifs:

- un modèle de représentation des trajectoires d'évolution des différents faciès post-culturels pilotés par l'âge et les différentes pressions anthropiques qui s'exercent sur ces faciès,

- un modèle de représentation de la différenciation structurale en fonction de la nature et structure des communautés végétales post-culturelles.

- un modèle de la distribution de la matière organique, de ses fractions et de leur niveau de minéralisation en jachère.

Ces trois modèles résultent d'une approche quantitative et fonctionnelle; et cela a nécessité de notre part une acquisition de connaissances et de méthodes développées en écologie, mais également en physique, chimie et écologie microbienne du sol. L'utilisation de l'outil isotopique s'est révélée intéressante pour renforcer la thèse selon laquelle **la cinétique du renouvellement des stocks organiques en jachère est largement sous la dépendance de la dynamique dans le temps et dans l'espace des espèces graminéennes.**

Ces trois modèles s'ajustent parfaitement en fonction du paramètre temps et du rôle fondamental de quelques espèces qui peuvent être considérées comme **des espèces clefs de la succession post-culturale.** Ils mettent clairement en évidence (en tout cas en ce qui concerne

les herbacées), **la relation directe de cause à effet et de réciprocité** entre la dynamique végétale et les modifications du sol. En effet:

- l'abandon cultural accélère l'effondrement de la structure, et l'installation des espèces se fait en fonction de leur capacité à s'adapter et à exploiter des niveaux de ressources faibles. Les espèces herbacées, créent alors, au niveau de leur rhizosphère, une différenciation structurale locale (transformation de la structure massive en une structure fragmentaire). Cette différenciation structurale initie une **dynamique spatiale des éléments pédologiques par «nucléation» avec extension et coalescence ultérieure d'états structuraux identiques** quand les touffes graminéennes entrent elles-mêmes en contact. Ce sont bien les graminées qui par une action physique et par floculation due à la présence de matière organique modifient la structure du sol.

- La dynamique spatiale des éléments pédologiques en étroite relation avec la nature du couvert végétal permet de retrouver les modèles proposés par CONNEL et SLATYER (1977) pour expliquer la succession post-culturale qui apparaît alors plus comme un **remplacement de groupes bio-morphologiques (pour les herbacées) et/ou à stratégie bio-démographique (pour les espèces ligneuses)**.

- La distribution de la matière organique, de ses fractions, et de leur niveau de minéralisation, conduit à **une interprétation apparemment antinomique du rôle des différents groupes bio-morphologiques sur la régulation des stocks organiques**. Cette interprétation permet surtout de préciser **la contribution dans le temps et dans l'espace des types bio-morphologiques à la constitution des stocks de matière organique non-stables et stables**.

Deux conséquences directes peuvent découler de ces résultats: **1) leur domaine éventuel d'application; 2) les hypothèses de travail qu'ils auront contribué à susciter, soit du**

fait des insuffisances inhérentes à ce genre de travail, soit parce qu'ils ouvrent de nouvelles pistes.

L'un des objectifs pratiques de la mise en jachère est de restaurer la fertilité des sols. Les différents modèles proposés apportent-ils quelques précisions? Ces modèles ne peuvent préciser avec certitude des niveaux de fertilité, ou d'aptitude culturale (notion du reste complexe), mais peuvent aider à la décision, à la précision d'objectifs qui peuvent être liés soit à la productivité, soit à la durabilité. Nous affirmons donc à la suite de HOEFSLOOT *et al.*, (1993) que **l'effet améliorant des jachères de courte durée est fugace puisque les stocks organiques constitués sont essentiellement non stables**, donc rapidement minéralisés. La différenciation structurale, même si elle semble intervenir plus tôt, ne peut à elle seule justifier un raccourcissement de la jachère et ce d'autant plus que même en cas d'amélioration, elle ne se maintient pas à la suite du travail du sol lors de la remise en culture, surtout si ces structures ne sont pas stabilisées par la matière organique. L'utilisation des types bio-morphologiques identifiés permet cependant de conduire le cycle culture-jachère en fonction d'objectifs définis (**productivité, durabilité, jachère améliorée...**).

Les résultats permettent de retenir certaines espèces (*Andropogon spp.*) comme **indicatrices et créatrices d'état structuraux**. Leur présence sur le terrain peut donc permettre un diagnostic grossier de l'état du sol.

A la suite de ce travail, de nombreuses interrogations demeurent au sujet du fonctionnement des savanes et particulièrement des jachères. Chaque insuffisance de ce travail reste une voie à explorer pour affiner notre connaissance des jachères. Nous ne soulignons dans ce qui suit, que quelques directions qui, à court terme, permettront d'améliorer la vision que nous avons aujourd'hui:

- Par des techniques de coloration simple du système racinaire (des différentes andropogonées), nous avons observé, avec l'aide du laboratoire de microbiologie de l'IRBET (Institut de Recherches en Biologie et Ecologie Tropicale), une association de champignons endomycorhiziens à la rhizosphère des différents andropogonées étudiées. Ces différentes espèces de *Andropogon* pourraient ainsi, grâce à une association bactérienne et fongique s'accommoder de sols pauvres et participer à leur enrichissement biologique. Il s'agit donc d'étudier la rhizosphère de *Andropogon spp.* et les possibilités d'amélioration de la remontée de la fertilité biologique que permettraient ces espèces. Nous espérons poursuivre cette approche.

- La mise en place localisée d'une strate dense et continue de sous-ligneux conduit à la disparition de la strate herbacée fourragère et à une modification profonde de la dynamique des communautés végétales des jachères. L'apparition des sous-ligneux semble favoriser et accélérer le passage d'une savane (formation à deux strates) à une forêt claire (formation pluristratifiée) qui échapperait ainsi à l'effet de quelques pressions anthropiques (diminution des feux et du pâturage...).ou tout au moins le réduirait Il semble intéressant de préciser les mécanismes d'invasion et l'influence de ces espèces sur les attributs relatifs à l'état de la structure et à l'état du fonctionnement des systèmes écologiques post-cultureux. Nous n'avons trouvé aucune littérature faisant état de leur rôle dans les systèmes post-cultureux. Notre travail au sujet de ces sous-ligneux sera poursuivi.

- Nos hypothèses sur la distribution de la matière organique méritent d'être précisée par une approche qui inclurait une étude non plus au niveau du stock global, mais à celui de ses fractions. C'est une des préoccupations du département «Biodiversité et Fonctionnement des Ecosystèmes» du laboratoire d'Ecologie de l'Ecole Normale Supérieure, à travers ses programmes sur le fonctionnement de la matière organique dans le sol.

- Les différents modèles de représentation mériteraient d'être mieux exprimés, soit au sein des modèles déjà définis ou au sein de modèles en construction, pour permettre leur test et leur utilisation.

Tous les travaux initiés pour une meilleure connaissance des savanes (SALT) ou de façon spécifique sur les jachères (Programme Régional Jachère), offrent certainement des cadres pour une poursuite des réflexions qui, à ce niveau, doit être pluridisciplinaire si l'on veut améliorer notre connaissance de la structure et du fonctionnement des systèmes écologiques savaniens. Le site de Sobaka, semble présenter à cet égard des avantages scientifiques certains.

Notre travail, base utile pour continuer, pose surtout des paradigmes qui sont des voies à d'autres programmes de recherches.

Entre le travail de terrain, de laboratoire, de bibliothèque, ou à travers de simples échanges avec d'autres Hommes au cours de ce travail, nous aurons surtout admis que «l'écologie sera la science du XXI^{ème} siècle» (BARBAULT, 1995) et mieux encore pour les hommes et les femmes de ce siècle: «*Felix qui potuit rerum cognoscere causas*¹» VIRGILE (*Géorgiques*, II 489). Il nous semble que cela puisse faire des Hommes dudit siècle à la fois et des écologues et des écologistes.

¹ «Heureux celui qui a pu pénétrer les causes secrètes des choses». Vers de Virgile (*Georgiques* II, 489) cité pour exprimer le bonheur de ceux dont l'esprit vigoureux pénètre les secrets de la nature ... (..)

BIBLIOGRAPHIE

- ABBADE (L.), 1990 - *Aspects fonctionnels du cycle de l'azote dans la strate herbacée de la savane de LAMTO*. Th. doctorat, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, 158p.
- ALEXANDRE (D.-Y.), 1982. - Aspects de la régénération naturelle en forêt dense de Côte-d'Ivoire. *Candollea* **37**, 579-588.
- ALEXANDRE (D.-Y.), 1989. - *Dynamique de la végétation naturelle en forêt dense de Côte-d'Ivoire*. Etudes et thèses, ORSTOM, Paris, 101p.
- ALEXANDRE (D.-Y.), GUILLAUMET (J.L.), KAHN (F.) et 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. *Cah. ORSTOM, sér. Biologie*, **13**(3), 267-270.
- AMOUGOU (A.), 1989 - La notion de profil de stratification de référence en milieu forestier tropical. *Candollea* **44**(1), 191-198.
- ANDERSON (J.M.) et INGRAM (J.S.I.), 1993 - *Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods*. Second édition. C.A.B. International, Wallingford, UK. 221p.
- ARONSON (J.), FLORET (Ch.), LE FLOC'H (E.), OVALLE (C.) et PONTANIER (R.) - Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones arides et semi-arides. Le vocabulaire et les concepts. In: PONTANIER (R.), M'HIRI (A.), ARONSON (J.), AKRIMI (N.), LE FLOC'H (E.) (éds), *L'Homme peut-il refaire ce qu'il a défait?* Colloque et Congrès. Science et changements globaux. ORSTOM, Paris, 11-30.
- AYANABA (A.), TUCKWELL (S.B.) et JENKINSON (D.S.), 1976 - The effect of clearing and cropping on oranic reserves and biomass of tropical forest soil. *Soil Biology and Biochemistry* **8**, 519-525
- BAIZE (D), 1988. - *Guide des analyses courantes en pédologie*. INRA, Paris, 172p.
- BAIZE (D.) et JABIOL (B.), 1995 - *Guide pour la description des sols*. INRA, Paris, 375p.
- BALENT (G.) et FILY (M.), 1991 - *Dynamique de la végétation selon les pratiques des agriculteurs: une modélisation à partir des données recueillies dans la vallée des Pyrénées centrales*. Etudes et recherches sur les systèmes de production et le développement, n° 23, INRA, Paris, 48p.
- BALESDENT (J.), 1991. - Estimation du renouvellement du carbone des sols par mesure isotopique ¹³C. Précision, risque de biais. *Cah. ORSTOM, série Pédol.* **26** (4), 315-326.
- BALESDENT (J.), MARIOTTI (A.) et GUILLET (B.), 1987 - Naturel ¹³C abundance as a tracer for soil organic matter dynamic studies. *Soil Biol. Biochem.*, **19**, 225-230.
- BALESDENT (J.), WAGNER (G.-H.) et MARIOTTI (A.), 1988 - Soil organic matter turn-over in long-term field experiments as revealed by the carbon-13 natural abundance. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **52**, 118-124.
- BARBAULT (R.), 1992 - Dynamique des peuplements. Effet de la variabilité à différentes échelles, de l'individu, aux systèmes de populations interconnectées. In: AUGER (P.), BAUDRY (J.) et

- FOURNIER (F.) éds, *Hiérarchies et échelles en écologie*. Naturalia publications, ACCT, Paris, 127-155.
- BARBAULT (R.), 1995 - *Ecologie des peuplements. Structure et dynamique de la biodiversité*. Masson, Paris, 273p.
- BAUDRY (J.), 1992 - Hiérarchies et échelles en écologie: Introduction générale. In: AUGER (P.), BAUDRY (J.) et FOURNIER (F.) éds, *Hiérarchies et échelles en écologie*. Naturalia publications, ACCT, Paris, 9-18
- BENZECRI (F.) et BENZECRI (J.P.), 1984. - *Pratique de l'analyse des données. Analyse des correspondances et classification. Exposé élémentaire*. DUNOD, Paris, 456 p.
- BERTHELIN (J.), LEYVAL (C.) et TOUTAIN (F.), 1994 - Biologie des sols: rôle des organismes dans l'altération et l'humification. In: BONNEAU (M.) et SOUCHIER (B.) éds, *Pédologie. 2 - Constituants et propriétés du sol*, 2e éd. Masson, Paris, 143-211.
- BLIC (P. de) et SOME (N.A.), 1996 - Etat structural d'horizons superficiels sableux sous culture ou jachère herbacées en Afrique de l'Ouest, Burkina Faso. (*Etudes et Gestion des Sols*, sous presse).
- BLONDEL (D.), 1965 - Premiers résultats sur l'influence de la densité apparente du sol sur la croissance racinaire de l'arachide et du sorgho. Ses conséquences sur les rendements. In: *Colloque sur la conservation et l'amélioration de la fertilité des sols*. Khartoum, Soudan, 8-12 nov. OUA-CSTR, Khartoum, 173-181.
- BOIFFIN (J.) et SEBILLOTTE (M.), 1982 - Fertilité, aptitudes culturales. Signification actuelle pour l'agronomie. *Bull. Tech. Inform.*, **370-372**, 349 -350.
- BOUDOURESQUE (E.), 1995 - La végétation aquatique du Liptako. Thèse Univ. Paris XI Orsay. 326p + annexes
- BOURGERON (P.S.) et GUILLAUMET (J.L.), 1982 - Vertical structure of trees in the Taï forest (Ivory Coast): a morphological and structural approach. *Candollea* **37**, 565-577.
- BREMAN (H.), 1982 - La production des herbes pérennes et des arbres. In: PENNING DE VRIES (F.W.T.) et DJITEYE (M.A.) éds, *La productivité des pâturages sahéliens. Un étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle*. PUDOC, Wageningen, 399-411.
- BREWER (R.), 1964 - *Fabric and mineral analysis of soils*. J. Wileys & Sons, New York, London, Sidney, 470p.
- BU.NA.SOLS, 1993 - Rapport technique n° 88. BU.NA.SOLS, Ouagadougou, 87p.
- BROADBENT (F.E.) et NAKASHIMA (T.), 1974 - Mineralization of carbon and nitrogen in soil amended with carbon-13 and nitrogen-15 labelled plant material. *Soil Society of America Proceedings*. **38**, 313-315

- C.P.C.S. (Commission de pédologie et de classification des sols), 1967 - *Classification des sols*. E.N.S.A., Grignon, Lab. Pédologie-Géologie, 87p., multigr.
- CALLOT (G.), CHAMAYOU (H.), MAERTENS (C.) et SALSAC (L.), 1982 - *Les interactions sol-racine. Incidence sur la nutrition minérale*. INRA, Paris, 325p.
- CANCELLA DA FONSECA (J.P.), 1980 - Le concept de la diversité, le chevauchement de niches écologiques et l'organisation des systèmes écologiques. *Acta oecologica, Oecol. Gener.*, **1** (3), 293-305.
- CARTER (M.R.) et RENNIE (D.A.), 1989 - Changes in soil quality under zero tillage farming system: distribution of microbial biomass and mineralizable C and N potential. *Canadian Journal of Soil Science* **62**, 587-597
- CASENAVE (A.) et VALENTIN (Ch.), 1989 - *Les états de surface de la zone sahélienne: influence sur l'infiltration*. ORSTOM, Paris, 227p.
- CAUSSANEL (J.P.), 1989. Nuisibilité et seuil de nuisibilité des mauvaises herbes dans une culture annuelle: relation de concurrence bispécifique. *Agronomie*, **9**, 219-240.
- CERRI (C.), FELLER (C.), BALESSENT (J.), VICTORIA (R.) et PLENECASSAGNE (A.), 1985 - Application du traçage isotopique naturel en ¹³C à l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sols. *C. R. Acad Sci.*, Paris, T.300, II, **9**, 423-428.
- CESAR (J.) et COULIBALY (Z.), 1991 - Le rôle des jachère et des cultures fourragères dans le maintien de la fertilité des terres. In: *Savanes d'Afrique, terres fertiles?* Actes des rencontres internationales. Ministère de la Coopération et du Développement, Paris, 271-288.
- CHARREAU (C), 1972. - Problèmes posés par l'utilisation des sols tropicaux par des cultures annuelles. *L'Agronomie tropicale*, **27** (9), 905-929.
- 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 indices agronomiques. *L'Agronomie Tropicale* **26** (5), 565-631.
- CLEMENTS (F.E), 1936 - Nature and structure of the climax. *J. Ecol.*, **24**, 252-284.
- CLEMENTS (F.E.), 1916 - Plants succession. An analysis of the development of vegetation. *Carnegie Institution Publication*, **242**, 1-512.
- CLEMENTS (F.E.), 1928 - *Plants succession and indicators*. A definitive edition of Plant Succession and Plant Indicators. Hafner Pub., 453p.
- COLEMAN (D.C.), REID (C.P.P.) et COLE (C.), 1989 - Biological strategies of nutrients cycling in soil systems. *Advance in Ecological Research* **13**, 1-55
- CONNELL (J.M.) et SLATYER (R.O.), 1977 - Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *Am. Nat.*, **111**, 1119-1144.

- CROCKER (R.L.) et MAJOR (J.), 1955 - Soil development in relation to vegetation and surface age at Glacier Bay, Alaska. *J. Ecol.*, **43**, 427-448.
- DAGET (P.) et POISSONET (J.), 1969 - *Analyse phytosociologique des prairies. Application agronomiques*. CEFE/CNRS, Document n°48, 67p.
- DAGET (P.) et POISSONET (J.), 1971 - Méthode d'analyse de la végétation des pâturages. Critères d'application. *Ann. Agron.*, **22**, 4-41.
- DALENBERG (J.W.) et JAGER (G.), 1981 - Priming effect of small glucose addition to ¹⁴C labelled soil. *Soil Biology and Biochemistry*. **13**, 219-223
- DEMBELE (D.), SOME (N.A.), ALEXANDRE (D.-Y.) et OUEDRAOGO (S.J.), 1995 - *Biologie et écologie des populations de Triumpheta lepidota dans les jachères de Sobaka*. Rapport d'activité, nov. 1995. Labo. d'Ecol., ORSTOM, Ouagadougou, 43p.
- DESCOINGS (B.M.), 1976. - *Approche des formations herbeuses tropicales par la structure de la végétation*. Thèse Doc., Univ. des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 221p.
- DEVINEAU (J.L.), 1986 - *Impact écologique de la reconstitution des zones libérées de l'onchocercose dans les vallées burkinabè (Nazinon, Nakambé, Mouhoun, Bougouriba)*. Rapport final. ORSTOM, OMS, OCP, 10p. + annexes, 42 cartes.
- DIEYE (K.H.) et GASTON (A.), 1986 - Productivité et gestion des parcours naturels en milieu pastoral sahélien. *In: Méthodes pour la recherches sur les systèmes d'élevage en Afrique intertropicale*. IEMVT, Etude et synthèse n° 20, 269-298.
- DOMMERGUE (Y.) et MANGENOT (F.), 1970 - *Ecologie microbienne du sol*. Masson, Paris, 796p.
- DUXBURY (J.M.), SMITH (M.S.) et DORAN (J.W.), 1989 - Soil organic matter as a source and sink of plant nutrients In COLEMAN (D.C.), OADES (J.M.) et UEHARA (G.) eds, *Dynamics of Soil Organics matter in Troipcal Ecosystem*. Honolulu, Hawaï, USA:Univ. Of Hawaï Press
- EGLER (F.C.), 1954 - Vegetation science concepts. I - Initial floristic composition, a factor in old field vegetation development. *Vegetatio*, **4**, 412-417.
- EGLER (F.E.), 1947 - Arid southeast Oahu vegetation, Hawaï. *Ecol. Monog.*, **17**, 383-435p.
- FELLER (Ch.) et MILLEVILLE (P.), 1977 - Evolution des sols de défriche récente dans la région des Terres Neuves (Sénégal Oriental). I - Présentation de l'étude et évolution des principales caractéristiques morphologiques et physico-chimiques. *Cah. ORSTOM, Sér. Biologie* **12**(3), 199-211.
- FELLER (Ch.), LAVELLE (P.), ALBRECHT (A.) et NICOLARDOT (B.) 1993 - La jachère et le fonctionnement des sols tropicaux: rôle de l'activité biologique et des matières organiques. Quelques éléments de reflexion. *In: FLORET (Ch.) et SERPENTIE (G.) eds, La jachère en Afrique de l'Ouest*. ORSTOM, Colloques et séminaires, Paris, 15-32.

- FLORET (Ch.) et SERPENTIE (G.), 1993. - *La jachère en Afrique de l'Ouest*. ORSTOM, Colloques et séminaires, Paris, 494p.
- FLORET (Ch.) PONTANIER (R.), 1993. - Recherches sur la dynamique de la végétation des jachères en Afrique tropicale. In: FLORET (Ch.) et SERPENTIE (G.) eds, *La jachère en Afrique de l'Ouest*. ORSTOM, Colloques et séminaires, Paris, 32-46.
- FLORET (Ch.), PONTANIER (R.) et SERPENTIE (G.), 1993 - *La jachère en Afrique tropicale*. Dossier MAB 16. UNESCO, Paris, 85p.
- FONTES (J.) et GUINKO (S.), 1995 - *Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative*. ICIV, IDR, Ministère de la Coopération Française (Projet Campus 88313101), 53 p.
- FRONTIER (S.) et PICHOD-VIALE (D.), 1993 - *Ecosystème: structure, fonctionnement, évolution*. Masson, Paris, 447p.
- FOURNIER (F.) et CHEVERRY (C.), 1992 - Les échelles spatiales d'étude du rôle du sol dans l'environnement. In: AUGER (P.), BAUDRY (J.) et FOURNIER (F.) eds, *Hiérarchies et échelles en écologie*. Naturalia publications, ACCT, Paris, 21-41
- GIRARDIN (C.) et MARIOTTI (A.), 1991 - Analyse isotopique du ^{13}C et abondance naturelle dans le carbone organique: un système automatique avec robot préparateur. *Cah. ORSTOM, série Pédol.*, **26** (4), 371-380.
- GODRON (M.), POISSONET (P.) et POISSONET (J.), 1967 - *Méthodes d'études des formations herbacées denses. Essai d'application à l'étude du dynamisme de la végétation*. CNRS, CEPE, Doc. n° 35, 28 p.
- GORHAM (E.), VITOUSEK (P.M.) et REINRES (W.A.), 1979 - The regulation of chemical budgets over the course of terrestrial ecosystem succession. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, **10**, 53-84.
- GOUNOT (M.), 1956 - A propos de l'homogénéité et du choix des surfaces de relevé. *Bull. Serv. Carte Phytogéographique*, B 1, **1**, 7-17.
- GOUNOT (M.), 1969. - *Méthodes d'études quantitatives de la végétation*. Masson, Paris, 314p.
- GREENLAND (D.J.) et NYE (P.H.), 1959 - Increase in the carbon and nitrogen content of tropical soils under natural fallows. *Journal of Science*, **10**, 284-299.
- GREENLAND (D.J.), 1977 - Contribution of micro-organisms to the status of tropical soils. In: AYANABA (A.) et DART (P.J.) eds, *Biological nitrogen fixation in farming systems of the tropics*. J. Willey, New York, 13-26.
- Groupe d'Etude des Problèmes de Pédologie Appliquée (GEPPA), 1981 - *Synthèse des travaux de la commission de cartographie, 1970-1981*. Doc. multicopié, 20p.
- GUINKO (S), 1984. - *Végétation de la Haute-Volta*. Thèse Doct. ès Sc. Nat., Univ. Bordeaux III, 318p.

- HAINES (B.L.), 1977 - Nitrogen uptake: apparent pattern during old field succession in Southeastern U.S. *Oecologia*, **29**, 295-303.
- HARPER (J.L.), LOVELL (P.H.) et MOORE (K.G.), 1970 - The shapes and sizes of seeds. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, **1**, 327-356.
- HENIN (S.), GRAS (R.) et MONNIER (G.), 1969 - *Le profil cultural*. 2e éd. Masson, Paris, 332p.
- HIEN (V.), SEDOGO (M.P.) et LOMPO (F.), 1993 - Etude de l'effet des jachères de courte durée sur la production et l'évolution des sols dans différents systèmes de culture au Burkina Faso. In FLORET (Ch.) et SERPENTIE G.) éd(s), *La jachère en Afrique de l'Ouest*. ORSTOM, Colloques et Séminaires, Paris, 221-232.
- HIERNAUX (P.), 1975 - *Etude phyto-écologique des savanes du pays baoulé méridional (Côte-d'Ivoire Centrale)*. Thèse, USTL, Montpellier, 206p.
- HOEFSLOOT (H.), VAN DER POL (F.) et ROELEVELD (L.), 1993 - *Jachères améliorées : option pour le développement des systèmes de production en Afrique de l'Ouest*. Royal Tropical Institute, Bulletin 333, Amsterdam, 80p.
- HOLLING (C.S.), 1973 - Resilience and stability of ecosystems. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, **41**, 1-23.
- JEAN (S.), 1975 - *Les jachères en Afrique tropicale. Interprétation technique et foncière*. Institut d'Ethnologie, Musée de l'Homme, Paris.
- JEAN (S.), 1993 - Jachères et stratégies. In: FLORET (Ch.) et SERPENTIE (G.) éd(s), *La jachère en Afrique de l'Ouest*. ORSTOM, Colloques et Séminaires, Paris, 47-54.
- JENKINSON (D.S.) et RAYNER (J.H.), 1977 - The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments. *Journal of Science (Cambridge)* **77**, 1971??, 473-482.
- JOUBE (P.M.), 1993 - Usages et fonctions de la jachère. In: FLORET (Ch.) et SERPENTIE (G.) éd(s), *La jachère en Afrique de l'Ouest*. ORSTOM, Colloques et Séminaires, Paris, 55-66.
- KIEMA (S.), 1992. - *Utilisation pastorale des jachères dans la région de Bondoukou (zone soudanaise, Burkina Faso)*. Mémoire DESS, Univ. Paris XII-VAL DE MARNE, UFR de Sciences, 81p.
- LACOSTE (A.) et ROUX (M.), 1971 - L'analyse multidimensionnelle en phytoécologie et en écologie. Application à des données de l'étage subalpin des Alpes-Maritimes. L'analyse des données floristiques. *Oecol. Plant.* **7**(2): 125-146.
- LAUDELOUT (H.), MEYER (J.) et PEETERS (A.), 1960 - Les relations quantitatives entre teneur en matière organique et le climat. *Agricultura (Louvain)*, **8**, 103-140.
- LE BOURGEOIS (T.), 1993 - *Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au Nord-Cameroun (Afrique)*. *Amplitude d'habitat, phénologie*. Thèse de Doctorat., USTL, Montpellier II, 204p.

- LE HOUEROU (H.N.), 1995 - Dégradation, régénération et mise en valeur des terres sèches d'Afrique. *In*: PONTANIER (R.), M'HIRI (A.), ARONSON (J.), AKRIMI (N.) et LE FLOC'H (E.) édés, *L'Homme peut-il refaire ce qu'il a défait?* Colloque et Congrès. Science et changement globaux. ORSTOM, Paris, 65-102.
- LEBRUN (J.), 1947 - *La végétation de la plaine alluviale au sud du lac Edouard*. I.P.N., Congo belge, 2 vol., 800p.
- LEPART (J.) et ESCARRE (J.), 1983 - La succession végétale, mécanismes et modèles. Analyse bibliographique. *Bull. Ecol.*, 14 (3), 133-178.
- MAIGNIEN (R.), 1980 - *Manuel pour la description des sols sur le terrain*. ORSTOM, Paris, 139p.
- MANICHON (H.), 1982 - L'action des outils sur le sol. Appréciation de leurs effets par la méthode du profil cultural. *Science du sol*, 3, 203-219.
- MARGALEF (R.), 1969 - On certain unifying principles in ecology. *Am. Nat.* 97, 357-374.
- MARIOTTI (A), 1991. - Le carbone 13 en abondance naturel, traceur de la dynamique de la matière organique des sols des paléoenvironnements continentaux. *Cah. ORSTOM, série Pédol.* 26(4), 299-313.
- MAZZARINO (M.J.), SZOTT (L.) et JIMENEZ (M.), 1983 - Dynamics of soil total C and N, microbial biomass and water-soluble C in tropical agroecosystems. *Soil Biol. Biochem.* 25, 205-214
- MENAUT (J. C.), 1983 - The vegetation of African savannas. *In*: BOURLIERE (F.) éd., *Tropical savannas*, pp. 109-149. Elsevier, Amsterdam, 730p.
- MENAUT (J. C.), 1992 - Savanes et changements globaux. *In*: AUGER (P.), BAUDRY (J.) et FOURNIER (F.) édés, *Hiérarchies et échelles en écologie*. Naturalia publications. ACCT, 85-100.
- MENAUT (J.C.), 1993 - Le programme SALT « Les Savanes à Long Terme ». Programme Géosphère-Biosphère. *In*: FLORET (Ch.) et SERPENTIE (G.) édés., *La jachère en Afrique de l'Ouest*. ORSTOM, Colloques et Séminaires, Paris, 473-476.
- MENAUT (J.C.), BARBAULT (R.), LAVELLE (P.) et LEPAGE (M.), 1985 - African savannas. Biological systems of humification and mineralization. *In*: TOTHILL (J.C.) et MOTT (J.J.) eds, *Ecology and management of the world's savannas*. Australian Academy of Science, Canberra, 14-33.
- MERLIER (H.) et MONTEGUT (J.), 1982 - *Adventices tropicales*. ORSTOM, GERDAT, ENSH, Montpellier, 490p.
- MERLIER (H.), 1972 - Etude phénologique des jachères du Centre Sénégal (synthèse). *Agro. Trop.*, 27(12), 1229-1252.
- MIEGE (J.), BODARD (M.) et CARRERE (P.), 1966. - *Evolution floristique des jachères en fonction des méthodes culturales à Darou (Sénégal)*. I.R.H.O., Série Scientifique n° 14, 58p.

- 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.) et SERPENTIE (G.) éds, *La jachère en Afrique de l'Ouest*. ORSTOM, Colloques et Séminaires, Paris, 377-392.
- MONTARD (F.X. de), BALENT (G.), CHAPOT (J.Y.), DURU (M.), JEANNIN (B.), LAFARGE (M.), LANGLET (A.) et METTAUER (H.), 1981. - Potentialités agroclimatiques et productivité agricole. *In* : *L'INRA et la montagne*. INRA, Versailles, 29-40.
- MOREAU (R.), 1983 - Evolution des sols sous différents modes de mises en culture en Côte-d'Ivoire forestière et préforestière. *Cah. ORSTOM, sér. Pédologie*, **20**, 311-325.
- MOREL (R.) et QUANTIN (P.), 1964. - Les jachères et la régénération du sol en climat soudano-guinéen d'Afrique centrale. *Agron. Trop.*, **19** (2), 105-136.
- MOREL (R.) et QUANTIN (P.), 1972. - Observation sur l'évolution à long terme de la fertilité des sols cultivés à Grimari (Rép. Centrafricaine). *Agron. Trop.* **27** (2), 667-739
- MORISSON (R.G.) et YARRANTON (G.A.), 1973 - Diversity richness and evenness during a primary sand dune succession at Grand Bend, Ontario. *Can. J. Bot.*, **51**, 2401-2411.
- MYERS (R.J.K.), PALM (C.A.), CUEVA (E.), GUNATILLEKE et BOSSARD (M), 1989 - The synchronisation of nutrients mineralisation and plants demand, *In* WOOMER (P.L.) et SWIFT (M.J.) éds, *The biological management of tropical soil fertility*. John WILLEY & SON, 88-110
- NAKANO (I.R.) et SYAHBUDDIN (), 1978 - Nutrients dynamics in forest fallow in South-East Asia *In* PROTOR (J.) éds, Mineral nutrient in Tropical forest and savanna ecosystem. Special publication, *The British Ecological Society*, **9** 325-336
- NOBLE (I.R.) et SLATYER (R.O.), 1977 - Post-fire succession of plants in mediterranean ecosystems. *In*: MOONEY (H.A.) et CONRAD (C.E.) eds, Proc. Symp. Envir. Conseq. of Fire and Fuel Manag. in Medit. Ecosyt. U.S.D.A., WO-3?, 27-37
- NOBLE (I.R.) et SLATYER (R.O.), 1978 - The effect of disturbance on plants succession. *Proc. Ecol. Soc. Aust.*, **10**, 35-145.
- NOBLE (I.R.) et SLATYER (R.O.), 1980 - The use of vital attributes to predict successional changes in plants communities subjects to recurrent disturbances. *Vegetatio*, **43**, 5-22.
- NYE (P.H.) et GREENLAND (D.J), 1960 - *The soil under shifting cultivation*. Commonwealth Agriculture Bureau, Technical Bull. 51, Harpenden.
- OCIO (J.A.), BROOKES (P.C.) et JENKINSON (D.C.), 1991 - Field incorporation of straw and its effects on soil microbial and soil inorganic N. *Soil Biol. and Biocem.* **23**, 171-176
- OLSON (J.S.), 1958 - Rates of succession and soil changes on southern lake Michigan sand dunes. *Bot. Gaz.*, **119**, 125-170.

- OUEDRAOGO (J.), 1985. - *Contribution à l'étude du dynamisme des formations naturelles du Burkina Faso. Reconstitution des jachères dans la zone de Kaïbo et Niaogho*. Mémoire de fin d'études, ITDR, Ouagadougou, 63p.
- PIERI (C.), 1986 - Fertilisation des cultures vivrières et fertilité des sols en agriculture paysanne sub-saharienne. *Agritrop*. 10(1), 88-97.
- PIERI (C.), 1989 - *Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente années de recherches et de développement agricole au sud du Sahara*. Ministère de la Coopération et du Développement, CIRAD, Paris, 444p.
- PIERI (C.), 1991 - Les bases agronomiques de l'amélioration de la fertilité des terres de savanes au sud du Sahara. *In: Savanes d'Afrique, terres fertiles?* Actes des rencontres internationales. Ministère de la Coopération et du Développement, Paris, 43-74.
- POCHON (J.) et BARJAC (H. de), 1958 - *Traité de microbiologie des sols. Application agronomique*. Dunod, Paris, 685p.
- POUPON (H.), 1980 - *Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au nord du Sénégal*. Thèse de doctorat, Univ. Paris-Sud. 351p.
- RAUNKIAER (C.), 1905 - Types biologiques pour la géographie botanique. *Bull. Acad. R. Sc. Danemark*, 5, 347-437.
- REBOUL (C.), 1989 - *Monsieur le capital et Madame la terre. Fertilité agronomique et fertilité économique*. INRA, Paris, 253p.
- REINERS (W.A.), 1981 - Nitrogen cycling in relation to ecosystem succession. *In: CLARK (F.E.) et ROSSWALL (T.) eds, Terrestrial Nitrogen Cycles. Ecol. Bull. (Stockholm)* 33, 507-528.
- RICE (E.L.) et PANCHAOLY (S.K.), 1972 - Inhibition of nitrification by climax ecosystems. *Am. J. Bot.*, 59, 1033-1040.
- RICE (E.L.), 1979 - Allelopathy : an update. *Bot. Rev.*, 45, 15-109.
- RICHARD (P.W.), 1936 - Ecological observations on the rain forest of Mount Dulit, Sarawak. Part I and II. *J. Ecol.*, 24, 1-37, 340-360.
- RICHARD (P.W.), 1939 - Ecological studies on the rain forest of Southern Nigeria. I -The structure and floristic composition of the primary forest. *J. Ecol.*, 27, 1-61.
- RITZ (J.) 1989 - Discours sur la fertilité. *In: SEBILLOTTE (M.) éd., Fertilité et système de production*. INRA, Paris, 59-132.
- ROOSE (E.J.), 1980 - *Dynamique d'un sol gravillonnaire issu de granite sous culture et sous savane arbustive soudanienne du Nord de la Côte-d'Ivoire, Korhogo, 1967-1975*. ORSTOM, Paris, 179p.
- RUELLAN (A.) et DOSSO (M.), 1993 - *Regards sur le sol*. FOUCHER, AUPELF, Paris, 192p.

- SALISBURY (E.J.), 1925 - Note on the edaphic succession in some dune soils with special reference to the time factor. *J. Ecol.*, **13**, 322-328.
- SCHERRER (B.), 1989 - Biostatistique. Ed. Gaëtan Morin; 850p.
- SCHWARTZ (D.), 1991 - Intérêt de la mesure du ^{13}C des sols en milieu naturel équatorial pour la connaissance des aspects pédologiques et écologiques des relations savane-forêt. Exemple du Congo. *Cah. ORSTOM, série Pédol.*, **26(4)**, 327-341.
- SCHWARTZ (D.), LAZAR (P.) et PAPOZ (L.), 1993 - *Statistiques médicales et biologiques*. 5e éd. Collection Médecine-Science. Flammarion, Paris, 125p.
- SEBILLOTTE (M.), 1985. - La jachère: éléments pour une théorie. *In: A travers champs, agronomes et géographes*. ORSTOM, Colloques et Séminaires, Paris, 179-229.
- SEBILLOTTE (M.), 1991 - Fertilité et système de production. Essai de problématique générale. *In: Fertilité et système de production*. INRA, Paris, 13-58.
- SERPENTIE (G.), 1993. Rôles et signification de la jachère dans les systèmes de production agricole en Afrique de l'Ouest. Problématique de son remplacement. *In: FLORET (Ch.), PONTANIER (R.) et SERPENTIE (G.), La jachère en Afrique tropicale*. Dossier MAB 16. UNESCO, Paris, 55-82.
- SIGAUT (F.), 1977 - Quelques notions de bases dans les anciennes agricultures européennes. *JATBA*, **24** (2-3), 139-171 (numéro spécial « les hommes et leurs sols »).
- SIGAUT (F.), 1993 - La jachère dans les agricultures précomtemporaines de l'Europe. *In: La jachère en Afrique de l'Ouest*. ORSTOM, Collection Colloques et Séminaires, Paris, 113-123.
- SOLTROP, 1989 - *Actes du premier séminaire franco-africain de pédologie tropicale*. Lomé, 6-12 Février 1989. 243-251.
- SOME (N. A.), 1991 - *Etudes des phénomènes germinatifs et des plantules de quelques essences locales de Mimosacées*. Mém. de fin d'études, IDR, Ouagadougou, 109p.
- SOME (N. A.), 1992. - *Conception et pratique de la jachère dans le terroir de Sobaka (Burkina Faso)*. Mémoire de DESU, Univ. Paris VI, Labo. de Bot. Trop., 44 p.
- SOME (N.A), OUEDRAOGO (S.J.), ALEXANDRE (D.-Y.) et BASTIDE (B.), 1996 - Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes soudanais: les arbres des parcs et les espèces de la jachère, ou la diversité au sein de microcosmes simplifiés et son rôle dans la résilience et l'évolution des agrosystèmes (en préparation pour numéro spécial de *Acta oecologica*).
- SOME (N.A.) et ALEXANDRE (D.-Y.), 1996 - Savoir paysan et lectures des indices de fertilité du sol en zone soudanienne. 12p. *In: Sociétés, espaces, temps*, n° spécial Karthala. Sous presse.?
- SOME (N.A.), 1994 - Rôle de la jachère dans l'amélioration de la fertilité des sols en zone soudanienne: dynamique de la végétation et évolution des caractères pédologiques. Résultats préliminaires. *In: Systèmes agraires et agriculture durable en zone sub-sahélienne*. FIS, Stockholm, 219-235.

- SOME (N.A.), BLIC (P. de) et ALEXANDRE (D.-Y.), 1996 - Dynamique post-culturelle et différenciation structurale du sol en zone soudanienne du Burkina Faso. 15p + annexes, *Cahiers agricultures*, Sous presse.
- TALINEAU (J.C.) et HAINNAUX (G.), 1974. - *Programme d'études des interactions sol-plantes fourragères en milieu tropical humide. Premiers résultats, interprétations et conclusions concernant le facteur sol*. ORSTOM, Paris, 72 p.
- TAONDA (S.J.B.), BERTRAND (R.), DICKEY (J.), MOREL (J.-L.) et SANON (K.), 1995 - Dégradation des sols en agriculture minière au Burkina Faso. *Cah. Agr.*, 4(5), 363-369.
- TARDIEU (F.) et MANICHON (H.), 1987- Etat structural, enracinement et comportement hydrique. Modélisation d'états structuraux types de la couche labourée. *Agronomie*, 7, 123-131.
- TARDIEU (F.), 1990 - Effets de l'état structural du sol sur l'enracinement. In: *La structure du sol et son évolution*. Colloque de Laon. INRA, Paris, 91-110.
- VALENTIN (C.) et RUIZ FIGUEROA (J.F.), 1987 - Kinetic energy effects and water application rate on development of crusts in a fine sandy loam soil using sprinkling irrigation and rainfall simulation. In: *Micromorphologie des sols*. AISS, AFES, Paris, 401-408.
- VAN DER POL (F.), 1991 - L'épuisement des terres, une source de revenus pour les paysans au Mali-Sud. In: *Savanes d'Afrique, terres fertiles?* Actes des rencontres internationales. Ministère de la Coopération et du Développement, Paris, 403-418.
- VESSEREAU (A.), 1992 - *Méthodes statistiques en biologie et en agronomie*. Lavoisier, Techn. et Doc., Paris, 538p.
- WHITE (P.S.), 1979 - Pattern, process and natural disturbance in vegetation. *Bot. Rev.*, 45, 229-299.
- WOOMER (P.L.), MARTIN (A.), ALBRECHT (A.) RESCK (D.V.S.) et SCHARPENSEEL (H.W.), 1994 - The importance and management of soil organic matter in the tropics. In WOOMER (P.L.) et SWIFT (M.J.) eds, *The biological management of tropical soil fertility*. John WILLEY & Son, 47-81
- YONKEU (S.), 1993 - *Végétation des pâturages de l'Adamoua (Cameroun). Ecologie et potentialités pastorales*. Thèse Univ. Rennes 1, 198p.
- YOUNG (A.), 1987 - *The potential of agroforestry as a practical mean of sustaining soil fertility*. ICRAF, Reprint n° 38.
- YOUNG (A.), 1989 - *Agroforestry for soil conservation*. CAB International, ICRAF, Wallingford, Nairobi.
- ZOMBRE (P.), DJIMADOUM (M.), SOME (N.A.) et BLIC (P. de) 1995 - *Etude pédologique du terroir de Sobaka, forêt classée du Nazinon*. Texte et carte. IRBET, ORSTOM, Ouagadougou, 41p. + carte.
- ZOUNGRANA (I.), 1991. - *Recherches sur les aires pâturées du Burkina Faso*. Thèse Doc. ès Sc. Nat., Univ. de Bordeaux III, 277 p.

ZOUNGRANA (I.), 1993a. - Les jachères nord-soudaniennes: diversité stabilité et évolution des communautés végétales. *In*: FLORET (Ch.) et SERPENTIE (G.) eds, *La jachère en Afrique de l'Ouest*. ORSTOM, Colloques et séminaires, Paris, 351-357.

ANNEXES 1

Formulaire d'inventaire de la végétation ligneuse et du milieu

FORMULAIRE D'INVENTAIRE DE LA VEGETATION ET DU MILIEU

Auteur.....
 Références du relevé: Département..... Village.....
 Latitude 11° 45' N Longitude 10° 42' 59" W Altitude 278...
 Jour 12 Mois 09 Année 92
 Type de végétation Niellé p. Chêne savane à bois en de c...
 Localisation de la parcelle: CB CV... Numéro relevé: 8...
 identification de la parcelle: FEGNF... Plz.....

Dernière mise en culture Temps moyen de mise en culture

- 1. 0-5 ans
- 2. 6-10 ans
- 3. 11-15 ans
- 4. 16-20
- 5. 20+

- 1. 0-5 ans
- 2. 6-10

- Action des feux
- 1. oui (quasi- annuel)
 - 2. non (protégé)
 - 3. feux précoce
 - 4. feux sauvage

Exploitation de la parcelle

- 1. pâture
- 2. fauche
- 3. coupe de bois
- 4. autre

Pente

- 0 0 à 0,9%
- 1 1 à 3,9 %
- 2 4 à 8,9%
- 3 9 à 15%
- 4 16 à 25%
- 5 26 à 35%

Submersion:

- 1. Station apparemment jamais inondée
- 2. Station inondable accidentellement
- 3. station périodiquement submergée

Erosion:

- 0. négligeable
- 1. hydrique par nappes (faible)
- 2. hydrique par nappes (modérée)
- 3. hydrique par nappes (forte)
- 4. hydrique par rigoles
- 5. hydrique par ravins
- 6. éolienne

Nature de la roche

- 1. sol sur cuirasse ferrugineuse
- 2. sol ferrugineux tropical lessivé rémanié

Profondeur du sol:

(FIMPa)

Texture de l'horizon de surface

- 1. sableuse
- 2. argileuse
- 3. humifère

gacheie as f. associées - fine bruyère

Nom espèce	Abondance numérique			Rec %		
	Sr	Sj	SR	Sr	SJ	SR
Acacia macrostachya		┌				
Acacia nilotica						
Acacia pennata						
Acacia dudgeoni						
Acacia gourmaensis						
Afrormosia laxif						
Afzelia africana						
Albizia chevalieri						
Annona senegalensis	☒	☒☒☒☒				
Anogeissus leiocarpus						
Balanites aegyptium						
Bombax costatum						
Bosweillia						
Butyrospermum paradox	☒☒☒☒☒☒	☒☒☒☒	┌			
Burkea africana	┌	┌	□			
Calotropis procera						
Capparis corymbosa						
Cassia singueana						
Cassia sieberiana						
Comb. glutinosum		☒☒				
Comb. micranthum						
Comb. nigricans						
Comb. velutinum						
Crossopteryx febrif	☒☒☒☒	□	☒			
Daniellia oliveri						
Detarium microcarpum	☒	☒☒☒☒	☒☒☒☒☒			
Dichrostachys glomer						

X_r

Diospyros mespili						
Entada africana		┌				
Feretia apodanthera	☑	┌				
Ficus gnaphalocarpa						
Ficus platyphylla						
Gardenia ternifolia		┌				
Grewia bicolor						
Grewia cissoides						
Guiera senegalensis						
Heeria insignis						
Lanea acida		┌	┌			
Lanea microcarpa						
Lanea velutina						
Lonchocarpus laxifl						
Maytenus senegalensis		☒				
Ostryoderris sthulma		☒☑				
Parkia biglobosa						
Piliostigma reticul						
Piliostigma thonning	好 好 好 好 好 好	☒☒				
Pteleopsis suberosa						
Pterocarpus erinaceus						
Prosopis africana		□	┌			
Pseudocedrella kotschi						
Sclerocarya birrea						
Securidaca longeped						
Securinega virosa		┌				
Sterculia setigera						
Stereospermum kunth						
Strychnos spinosa		☒				

Tamarindus indica						
Terminalia avicen		☒	1			
Terminalia macropt						
Vitex doniana		☒ 7				
Ximenia americana		1				
Ziziphus mauritiana						
Ziziphus mucronata						

ANNEXES 2

Fiche de description du profil culturel

FICHE 1

PROFIL :
 OBSERVATEUR :
 LIEU :
 DATE :
 CULTURE :

CROQUIS DU PROFIL

Horizon

--	--	--	--	--

Transition

graduelle				
distincte				
nette				
très nette				

Éléments grossiers

% de l'horizon				
taille				
distribution régulière				
distribution irrégulière				
nature				

Débris végétaux

% de l'horizon				
nature				
répartis				
localisés				

Fentes de retrait

largeur				
profondeur				

OBSERVATIONS

FICHE 3

DESCRIPTION DES ELEMENTS STRUCTURAUX

PROFIL

VOLUME OU PHASE STRUCTURALE

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

10- morphologie

- taille mm
- faces courbes
- faces planes
- faces courbes et planes
- arêtes anguleuses
- arêtes émoussées
- pas d'arêtes
- pas d'allongement préférentiel
- allongement vertical
- allongement horizontal
- allongement autre

11- fragilité ou friabilité **

- non fragile non friable
- peu fragile peu friable
- fragile friable
- très fragile très friable

12- plasticité

- non plastique
- peu plastique
- plastique
- très plastique

13- assemblage interne

- massif
- massif fissuré
- fragmentaire
- non identifié

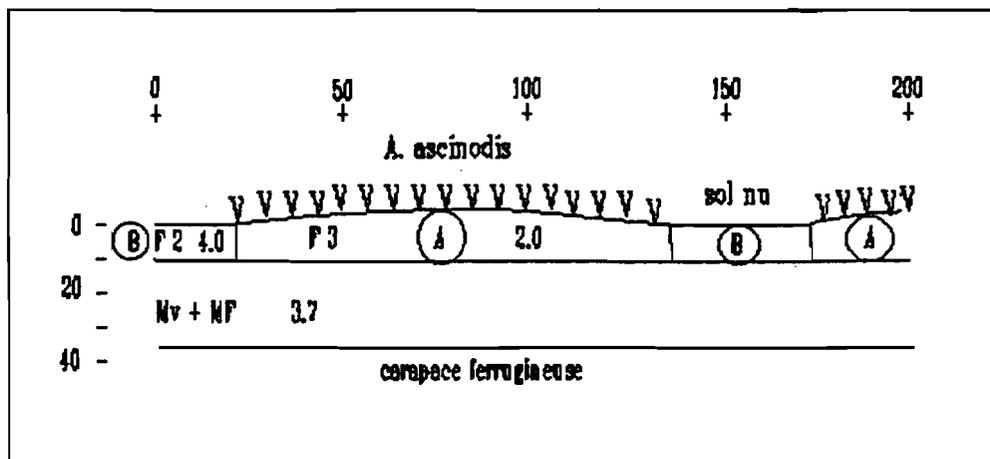
14- pores

- abondance/cm2
- forme et cylindriques
- taille mm vacuolaires
- vésiculaires
- intergranulaires

** choisir l'un des deux paramètres, en fonction de l'humidité du sol et rayer l'autre.

ANNEXES 3

Quelques descriptions de profil par la méthode du profil cultural



Jachère de 15 ans après 7 à 10 ans de culture continue.

Profil implanté dans une zone à *Andropogon ascinosidis* pur en grosses touffes disjointes formant un recouvrement quasi continu, hauteur 50cm.

A - Très humide, 10YR 4/2, **structure polyédrique très nette**, en agrégats anguleux de taille < 20mm, les agrégats les plus petits étant accrochés en chapelets aux racines et radicelles. Enracinement de densité élevée, maximale sous les touffes, décroissant dans les petites zones intertouffes, racines de diamètre < 1mm, bien pourvues en radicelles. Porosité fine régulière, 1 à 3 pores/cm². Transition inférieure rapide.

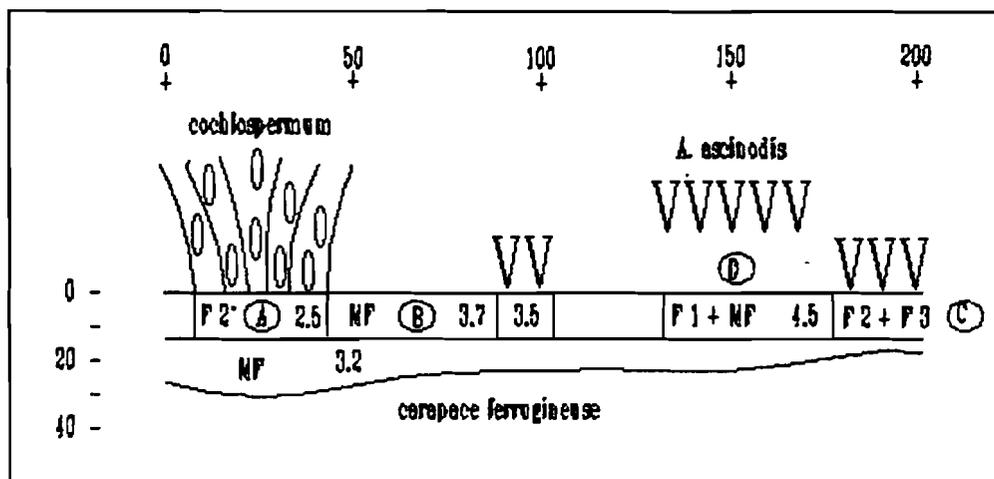
B - Très humide, même couleur, **structure polyédrique nette**, agrégats anguleux de tailles s'étalant de qq mm à 20-30mm. Porosité fine régulière identique à A, biopores de diamètre > 2mm assez abondants mais répartis irrégulièrement. Transition inférieure rapide.

15-35cm - Très humide, 10YR 5/6 passant progressivement à 7,5YR 5/6, **structure massive à débits polyédriques**, bonne pénétration de racines fines et radicelles (5 à 10/dm²), qq grosses racines de ligneux en cours de décomposition. Apparition progressive de gravillons.

35cm et plus - Carapace ferrugineuse.

Résistance à la pénétration (Kg/cm²)

volume	répétitions	moyenne	écartype
A	9	2,0	0,6
B	9	4,0	1,2
10-20	9	3,7	0,9



A
C
B + D

0-12cm A - Humide, 10YR3/3, **structure polyédrique nette** à ES subanguleux de taille > 10mm. 3 à 4 pores fins/cm² bien répartis. Macroporosité élevée de l'ordre de 5 à 8 macropores/dm². Forte activité biologique. 5 à 10 racines/dm² fines et moyennes de Cochlospermum, quelques grosses racines à la base de l'horizon.

0-12cm B - Humide, 10YR3/3, **structure massive à débits polyédriques**. Porosité fine identique à A, macroporosité nettement plus faible. Moins de 5 racines fines/dm².

0-12cm C - Humide, 10YR3/3, **structure polyédrique nette dominante et très nette** à ES anguleux de taille < 10mm. Porosité fine identique à A et B, macroporosité un peu plus élevée que B. Enracinement fasciculé très dense.

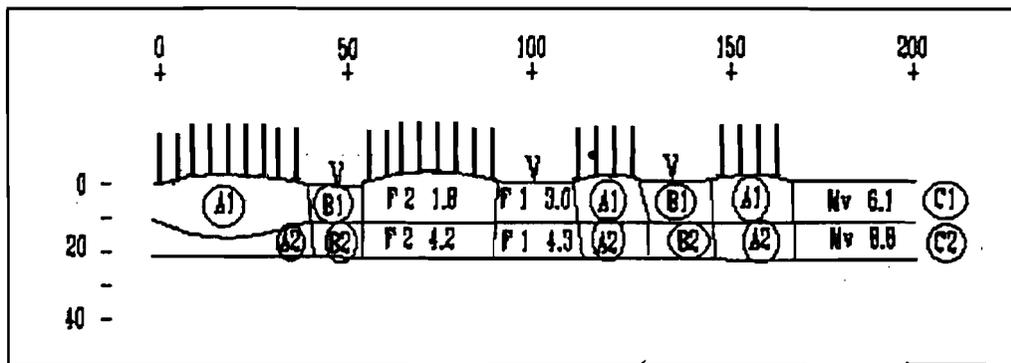
0-12cm D - (zone à touffes d'A. ascinodis distantes de 20 cm du plan d'observation) humide, 10YR3/3, **structure polyédrique peu nette associée à massive à débits polyédriques**. Porosité fine identique aux autres volumes, macroporosité intermédiaire entre A et C. 10 à 15 racines /dm² fines et moyennes bien réparties.

12-15/30cm - Humide, 10YR5/6, **structure massive à débits polyédriques**. 5 à 10 pores fins/cm², macroporosité assez élevée régulière. Environ 5 racines/dm² assez bien réparties.

15/30cm et plus - Carapace ferrugineuse plus ou moins démantelée à sa partie supérieure.

Résistance à la pénétration (Kg/cm²)

volume	répétitions	moyenne	écartype
A	8	2,5	0,8
B	8	3,7	1,5
C	8	3,5	1,2
D	8	4,5	0,6
12-15/30cm	8	3,2	0,4



Parcelle en jachère depuis 5 ans après avoir été défrichée et cultivée pendant 2 ans. Mosaïque de taches à *Andropogon gayanus* et de plages recouvertes d'un tapis d'annuelles à cycle court. Pâturage avec nombreux cheminements de bétail. Quelques turricules de vers. Termitières épigée beiges hautes de 30 à 40cm réparties régulièrement (1 à 2/100m²).

Profil implanté dans une tache continue d'*A. gayanus* en petites touffes disjointes légèrement surélevées ; le profil recoupe également une zone nue de passage de bétail.

A1 - Humide, 10YR 3/2, **structure polyédrique nette** en agrégats de 10 à 20mm. Enracinement très dense. 2 à 4 pores/cm², de taille < mm, rares pores tubulaires de taille > 1mm. Transition rapide.

B1 - Humide, 10YR 3/2, **structure polyédrique peu nette**. Enracinement assez dense et régulier en racines fines. Moins de 2 pores/cm², de taille < 1mm, rares pores tubulaires > 1mm. Transition rapide.

C1 - Humide, 10YR 3/2, **structure massive**. Pas de racines.

A2 - Humide, 10YR 4/3, **structure polyédrique nette** en agrégats de taille > 20mm. Même type d'enracinement et de porosité que A1.

B2 - Humide, 10YR 4/3, **structure polyédrique peu nette**. Même type d'enracinement et de porosité que B1.

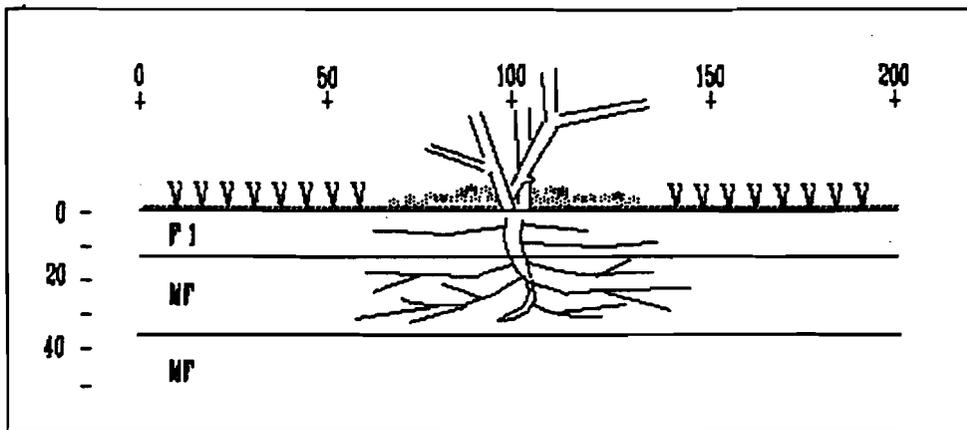
C2 - Humide, 10YR 4/3, **structure massive**.

20-50cm - **Structure massive**. Enracinement régulier décroissant rapidement avec la profondeur, très peu de racines en dessous de 30cm.

50cm et plus - Horizon légèrement tacheté à petites concrétions rouge brique.

Résistance à la pénétration (Kg/cm²)

volume	répétitions	moyenne	écartype
A1	7	1,8	1,3
B1	7	3,0	0,9
C1	5	6,2	1,8
A2	7	4,2	1,9
B2	7	4,3	1,3
C2	5	8,8	2,2
20-50	9	8,2	3,4



Jachère de 2 ans faisant suite ^a 6 à 8 ans de culture continue.

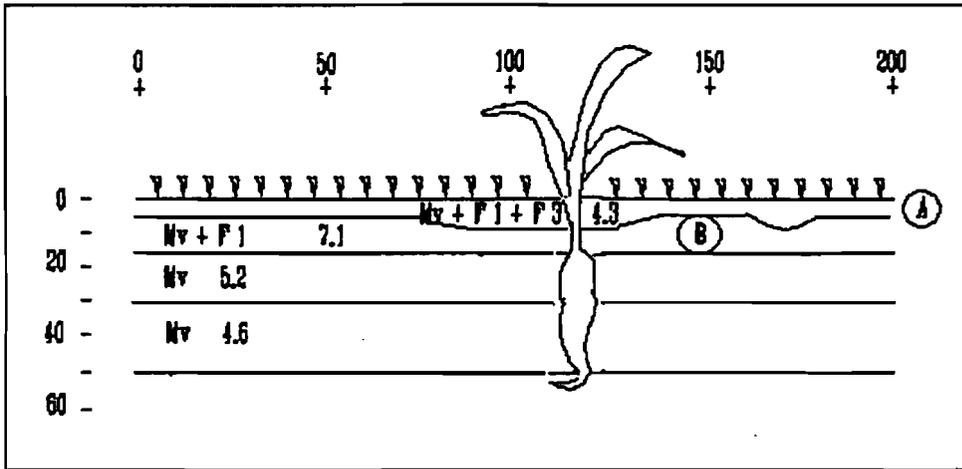
Végétation caractérisée par *Andropogon pseudapricus* pour la strate herbacée et *Guiera senegalensis* pour la strate arbustive, en touffes buissonnantes hautes de 1,5m.

La surface du sol est couverte d'une couche de sables déliés gris clair épaisse de 1cm et atteignant 4cm aux abords immédiats de la touffe de *Guiera*.

0-12cm - Frais, 10YR 5/3, **structure polyédrique peu nette** en éléments structuraux de 10 à 20mm. Enracinement bien réparti : racines fines d'herbacées, racines moyennes et fines de *Guiera* à direction oblique. 1 à 3 pores fins/cm², diamètre < 1mm, biopores de taille > 2mm bien répartis dans tout l'horizon. Limite inférieure nette.

12-35cm - Plus sec, 10YR 5/3 passant progressivement à 10YR 6/6, **structure massive à débit polyédrique**. Concentration maximale des racines de *Guiera*, y compris le pivot. Porosité identique à l'horizon supérieur. transition inférieure rapide.

35cm et plus - Frais, 7,5 YR 6/8, **structure massive à débit polyédrique**. Friable. Rares racines. Porosité fine plus élevée, > 4 pores/cm², biopores moins abondants.



Parcelle en jachère depuis 14 ans, après avoir été cultivée de façon continue pendant 21 ans. Quelques îlots, cédés à des migrants, ont été cultivés plus récemment et ne sont en jachère que depuis 6 ans.

Profil implanté à proximité de SOB-231, dans une jachère de 6 ans à *Andropogon pseudapricus* formant un tapis continu, régulier, haut de 25cm. Quelques rejets et rémanents ligneux.

A - Humide, 10YR 5/2, **structure massive associée à des mottes arrondies centimétriques à assemblage interne massif et à des petits agrégats polyédriques accrochés en chapelets aux racines.** Densité élevée de radicelles réparties très régulièrement. Très friable. Plus de 6 pores/cm², cylindriques, diamètre < 0,5mm. Limite inférieure très nette (semelle de sarclage et, par endroits, fond de labour).

B - Frais, 10YR 3/3, **structure massive dominante (75%) associée à polyédrique peu nette.** Moins de 5 radicelles/dm², diamètre 0,2mm. Friable. 2 à 3 pores/cm², diamètre 1mm. Transition inférieure nette.

16-30cm - Frais, 10YR 5/4, **structure massive.** Quelques racines de rejets ligneux, diamètre > 2mm. Friable. 3 à 4 pores/cm², diamètre 0,5mm. Transition graduelle.

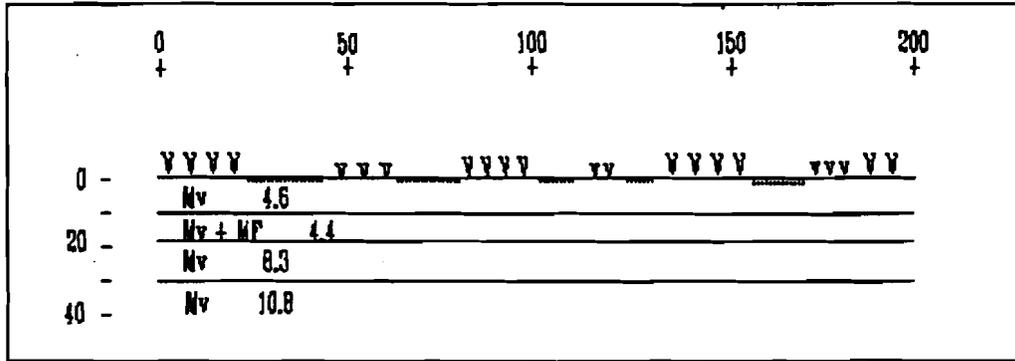
30-50cm - Frais, 10YR 6/6, remplissages plus sombres en macrotubules biologiques (10% de l'horizon), **structure massive.** Quelques racines. Friable. 1 pore/cm², diamètre < 0,5mm. transition distincte.

50cm et plus - Horizon concrétionné assez compact, concrétions rouge brique.

On notera la morphologie d'une racine de ligneux qui tubérise dans la totalité des horizons 16-30 et 30-50cm puis est pratiquement bloquée au contact de l'horizon concrétionné.

Résistance à la pénétration (Kg/cm²)

volume	répétitions	moyenne	écartype
A	9	4,3	1,5
B	9	7,1	2,7
16-30	9	5,2	1,2
30-50	9	4,6	0,8



Parcelle 17 en culture continue pendant 10 ans avant d'être maintenue en jachère.

Profil implanté dans une jachère de 13 ans surpâturée et dépourvue d'Andropogon. Végétation ligneuse relativement dense, de moins de 5m de haut. Végétation herbacée basse, clairsemée avec nombreux cheminements de bétail dénudés.

Surface du sol durcie en croûte mince. Dans les zones dénudées, croûte lamellaire dont l'épaisseur peut atteindre 10mm et plus.

0-10cm - Humide, 10YR 4/2, sableux faiblement argileux, **structure massive**. Racines fines et radicelles dans les 5cm supérieurs, répartition irrégulière, quelques racines de ligneux. Porosité fine (< 0,5mm), 1 à 2 pores/cm², quelques pores > 1mm répartis irrégulièrement. Transition distincte.

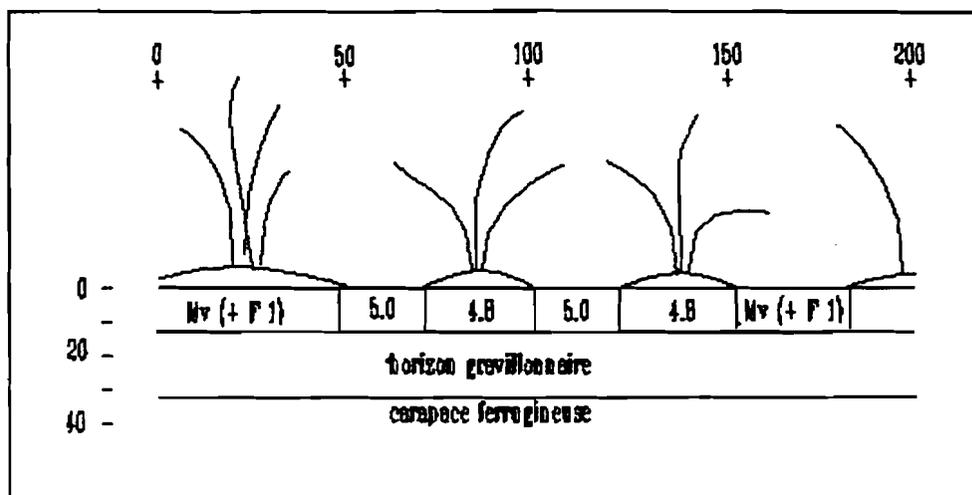
10-18cm - Humide, passage progressif au rougeâtre, sableux plus argileux, **structure massive à débits polyédriques**. Racines horizontales de ligneux, 1 à 5mm de diamètre, moins de 5/dm², distribution régulière. Porosité fine comme horizon supérieur, porosité > 1mm plus abondante. Transition rapide.

18-30cm - Gris rougeâtre s'éclaircissant rapidement, SA, **structure massive**. Racines de ligneux moins abondantes. Porosité fine assez régulière, 2 pores/cm², diamètres de 0,5 à 1-2mm. Transition graduelle.

30cm et plus - Frais, brun rougeâtre, AS, **structure massive parfois à débit polyédrique**. Très peu de racines. Friable. Porosité fine très faible, maintien des macropores à distribution irrégulière.

Résistance à la pénétration (Kg/cm²)

volume	répétitions	moyenne	écartype
0-10	9	4,6	1,2
10-18	9	4,4	1,7
18-30	9	8,3	1,3
30-40	9	10,8	3,8



Zone de cultures à proximité de la parcelle 07.

Champ de petit mil en lignes, sur billons actuellement peu marqués. Cultivé depuis 3 ans, labour à la charrue. Culture bien venante, assez régulière, haute de 60 à 80cm.

Billons - Plus ou moins marqués, meubles, humides.

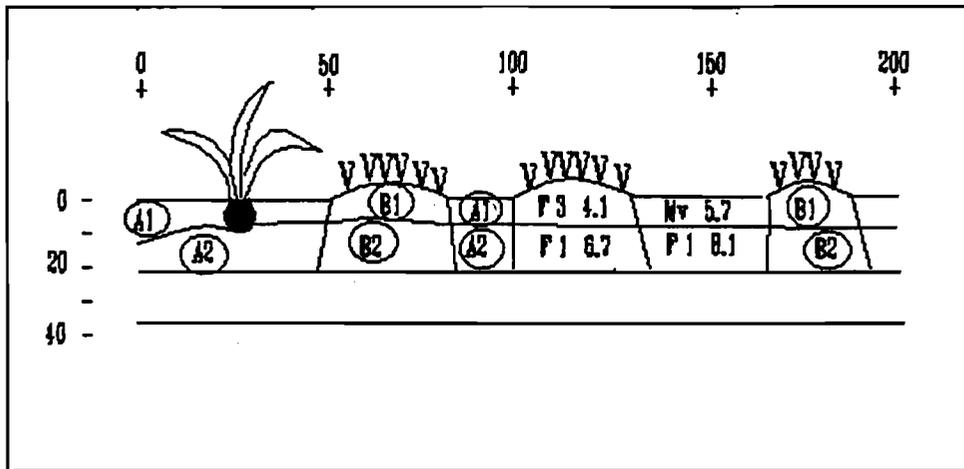
0-12cm - Très frais, 10YR 4/2 passant vers le bas à 10YR 4/3, **structure massive dominante associée à polyédrique peu nette** distribuée irrégulièrement (15% de l'horizon), en agrégats de 10 à 20mm (ne paraît pas liée à l'enracinement du mil). Bonne exploitation des racines de mil qui s'étalent latéralement. Porosité fine tubulaire, 3 à 4 pores/cm². Transition nette.

12-32cm - Humide, 10YR 5/6, comporte 50% de gravillons ferrugineux, meuble (cohérent à sec), nombreuses racines et radicelles de ligneux, pénétration de racines de mil. Transition nette.

32cm et plus - Carapace ferrugineuse indurée non pénétrée par les racines.

Résistance à la pénétration (Kg/cm²)

volume	répétitions	moyenne	écartype
billon	9	4,8	1,5
hors billon	9	5,0	1,3



Jachère de plus de 40 ans Située à côté du village de SOBKA, non brûlée depuis 3 ans, intensément pâturée.

Végétation herbacée à *Andropogon ascinos* en touffes disjointes, nombreux rejets ligneux. Cheminement du bétail se traduisant par des zones dénudées, tassées et durcies en croûte.

A1 - Frais à sec, 10YR 4/2, **structure massive**, tendance à un débit horizontal, quelques intercalations sableuses horizontales. Racines traçantes de toutes tailles (ligneux et herbacées). Porosité élevée, > 5/cm², pores cylindriques de diamètre < 0,5mm. Transition nette.

B1 - Frais, 10YR 4/2, **structure polyédrique très nette** en agrégats émoussés de taille < 20mm. Volume des vides assez important entre agrégats. Enracinement très dense avec chapelets de petits agrégats le long des racines. Porosité d'agrégat faible. Transition très nette.

A2 - Frais, 10YR 4/2, **structure polyédrique peu nette** en agrégats anguleux de taille > 20mm. Pénétration racinaire très faible. Porosité fine faible irrégulière, quelques pores de taille > 1mm. Transition nette.

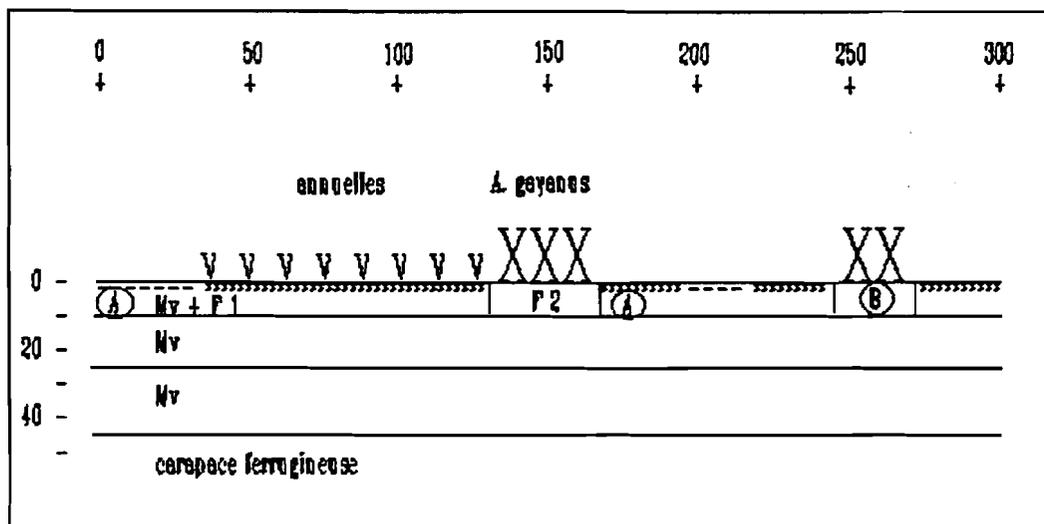
B2 - Ne diffère de A2 que par une densité nettement plus élevée (> 10/dm²) de racines de tailles diverses.

20-40cm - Horizon de transition à bariolage gris et rougeâtre.

40cm et plus - Horizon bariolé, très nette dominance des plages grises, **structure massive**, porosité tubulaire élevée, quelques racines et radicelles.

Résistance à la pénétration (Kg/cm²)

volume	répétitions	moyenne	écartype
A1	7	5,7	1,8
B1	7	4,1	1,4
A2	7	8,1	2,2
B2	7	6,7	1,7



Jachère de 7 ans au stade S1 - S2 (installation de *A. gayanus*).

Strate herbacée : *Boreria stachydea*, *Andropogon pseudapricus*, *Andropogon gayanus* en touffes isolées, quelques annuelles issues de cultures (*Setaria*).

Strate ligneuse et sous-ligneuse : *Cochlospermum planchoni*, *Grewia cissoides*, *Piliostigma*, Karité.

0-2cm A - Humide, 10YR4/2, structure soit massive à tendance horizontale (zones nues), soit polyédrique très fine nette liée à une densité élevée de radicelles subhorizontales.

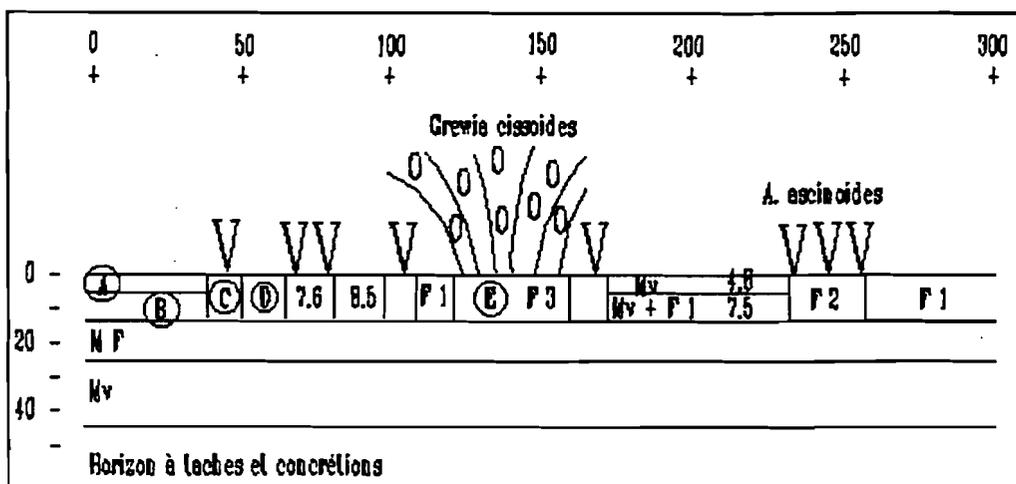
2-12cm A - Humide, 10YR4/2, structure massive très dominante associée localement à polyédrique peu nette. 2 pores fins/cm² au maximum, 5 pores grossiers/dm² en moyenne répartis irrégulièrement. Moins de 5 racines/dm².

2-12cm B - Humide, 10YR4/2, structure polyédrique anguleuse nette à éléments structuraux de 5 à 20 mm. 2 pores fins/cm². Enracinement fasciculé très dense.

10-25cm - Moins humide, pénétration irrégulière de la MO en poches, 10YR4/3 et 10YR5/3, structure massive. 5 à 10 pores fins/cm², macroporosité biologique (termites, vers) élevée. Moins de 5 racines/dm², bien réparties. Passage progressif.

25-45cm - Même état d'humidité, 7,5YR5/4, structure massive. 5 à 10 pores fins/cm², macroporosité biologique élevée. Racines moins abondantes que horizon précédent bien réparties. Passage progressif.

45cm et plus - Carapace ferrugineuse pénétrée par les racines fines.



Jachère de 30 ans environ au stade S3'. Strate herbacée: *Andropogon ascinoïdis*. Strate sous-ligneuse : *Cochlospermum planchoni*, *Grewia cissoides*. Strate ligneuse : *Detarium microcarpum*, *terminalia avicenoides*, *Piliostigma*. Début de destruction des touffes d'*A. Ascinoïdis*.

0-5cm A - Volume tassé par le piétinement du bétail. Humide, 10YR3/2, **structure massive**. 1 pore fin/cm² en moyenne, macroporosité très faible. Bon enracinement fin d'*Andropogon* (10 à 20 racines/dm²). Limite inférieure nette.

5-12cm B - Humide, 10YR4/2, **structure massive dominante associée à polyédrique peu nette** liée aux racines herbacées. 2 à 3 pores fins/cm², macroporosité très faible. Moins de 10 racines/dm², de diamètre inférieur à 1mm, distribution groupée.

0-12cm C - sous touffes d'*Andropogon*. Humide, 10YR3/2, **structure polyédrique nette** en éléments structuraux anguleux de 5 à 20 mm. 3 à 5 pores fins/cm², macroporosité un peu plus élevée que A et B. Enracinement fasciculé très dense.

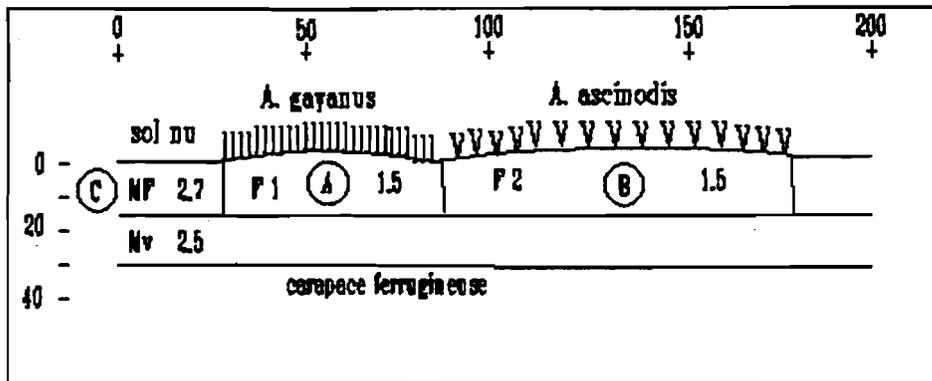
0-12cm D - entre touffes sans piétinement. Mêmes caractéristiques que C, sauf : **structure polyédrique peu nette** en éléments structuraux anguleux de taille > 1à mm. 10 à 15 racines/dm² bien réparties.

0-12cm E - sous touffe de sous-ligneuse. Humide, 10YR3/2, **structure polyédrique très nette** en éléments structuraux subanguleux de 10 à 20 mm. Activité biologique élevée. Enracinement fasciculé dense à racines lignifiées de diamètres variés.

12-25cm - Moins humide 10YR4/3, **structure massive à débits polyédriques**. 3 pores fins/cm², macroporosité faible. Moins de 5 racines herbacées/dm² bien réparties, quelques racines de ligneux.

25-45cm - Même humidité, 10YR5/3, **structure massive**. 5 à 10 pores fins/cm², macroporosité plus élevée que horizon précédent. Moins de 5 racines/dm² bien réparties.

45cm et plus - Horizon à taches et concrétions ferrugineuses bien pénétré par les racines fines.



Jachère de 15 ans après 7 à 10 ans de culture de petit mil.

Profil implanté dans une zone de transition à *Andropogon gayanus* et *Andropogon ascimodis* en grosses touffes disjointes.

A - Très humide, 10YR 4/2, **structure polyédrique peu nette** à agrégats de taille dominante 20mm, racines de 0,5 à 1,5mm de diamètre exploitant intensément le volume mais bien séparées. 2 à 3 pores/cm², diamètre < 0,5mm, distribution régulière, quelques pores > 1mm, distribution irrégulière. Transition inférieure rapide.

B - Très humide, même couleur, **structure polyédrique nette**, d'abord en agrégats de 5 à 10mm à arêtes émoussées, puis s'élargissant en profondeur. Enracinement dense et régulier, racines < 0,5mm avec nombreuses racelles. Porosité identique à A.

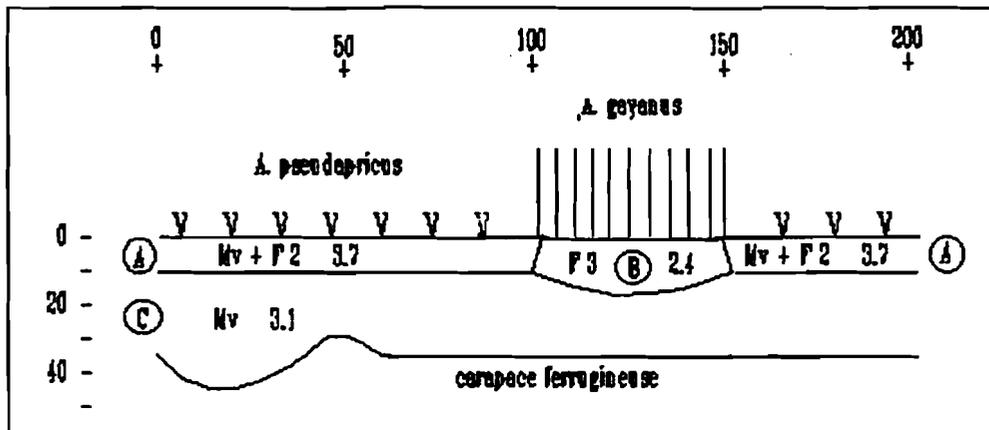
C - Très humide, même couleur, **structure massive à tendance polyédrique** (amorce de fissures), pénétration de racines horizontales de taille > 1mm, peu nombreuses. Porosité identique à A et B.

15-30cm - Très humide, 10YR 5/6 passant à 7,5YR 5/4, **structure massive**, bonne pénétration des racines herbacées, grosses racines horizontales de ligneux. Transition très progressive.

30cm et plus - Carapace ferrugineuse identique à celle de SOB-061.

Résistance à la pénétration (Kg/cm²)

volume	répétitions	moyenne	écartype
A	9	1,5	0,7
B	9	1,5	0,6
C	9	2,7	0,6
15-30	9	2,5	0,7



Jachère de 15 ans après 7 à 10 ans de culture de petit mil.

Profil implanté dans une zone à *Andropogon pseudapricus* dominant et *Andropogon gayanus* avec quelques touffes d'*Andropogon ascinodis*.

A - Humide, 10YR 4/2, **structure massive dominante associée à polyédrique nette** en agrégats de taille inférieure à 10mm liée aux racines d'*A. pseudapricus*. Enracinement fin dense et régulier surtout localisé dans les 5cm supérieurs. 1 à 2 pores/cm², taille < 1mm, répartition irrégulière. Transition inférieure distincte.

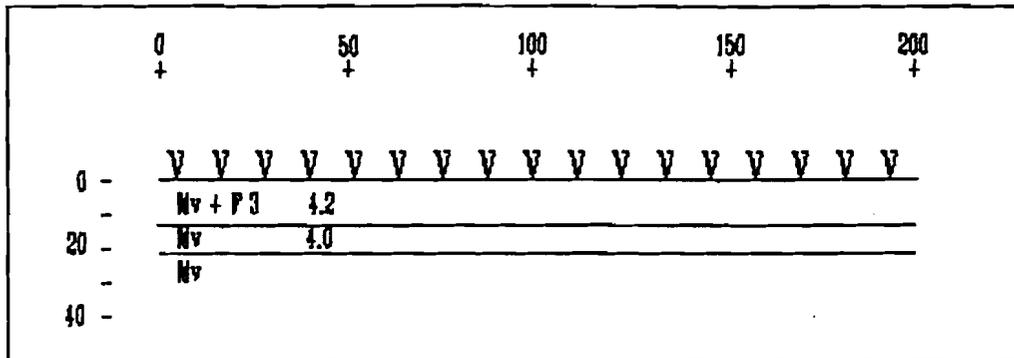
B - Humide, même couleur, **structure polyédrique très nette** en agrégats de taille dominante < 10mm, étroitement liée à l'enracinement. Enracinement très dense en racines fasciculées de diamètre < 1mm. Volume des vides assez important, porosité d'agrégat faible, < 0,5mm. Transition nette.

C - Humide, 10YR 5/3 passant à 7,5YR 5/4, **structure massive**, 5 à 10 racines de ligneux /dm², apparition progressive de gravillons, passage très net.

30/40cm et plus - Carapace ferrugineuse très indurée et cohérente.

Résistance à la pénétration (Kg/cm²)

volume	répétitions	moyenne	écartype
A	9	3,7	1,1
B	6	2,4	0,4
C	9	3,1	0,5



Parcelle en jachère depuis 5 ans après avoir été défrichée et cultivée pendant 2 ans. Mosaïque de taches à *Andropogon gayanus* et de plages recouvertes d'un tapis d'annuelles à cycle court. Pâturage avec nombreux cheminements de bétail. Quelques turricules de vers. Termitières épigée beige hautes de 30 à 40cm réparties régulièrement (1 à 2/100m²).

Profil implanté à proximité de SOB-211 dans une tache à herbacées annuelles. Tapis herbacé bas (> 20cm) continu moyennement dense. Surface du sol durcie en croûte, surtout marquée dans les passages de bétail.

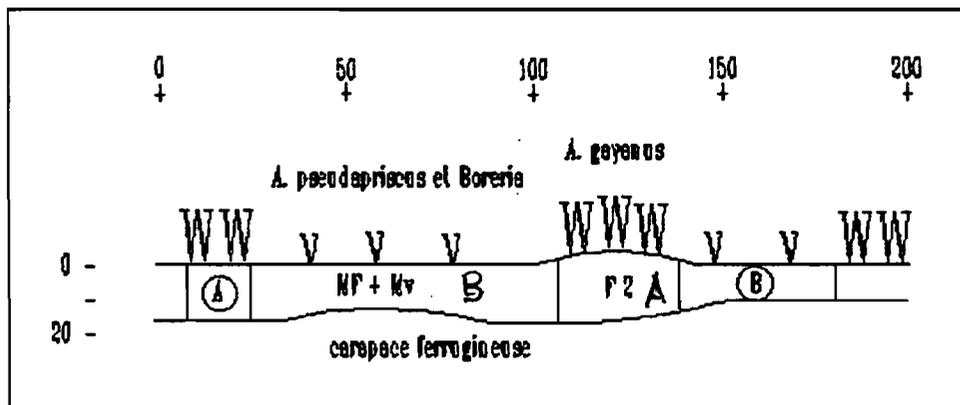
0-12cm - Humide, 10YR 4/2, **structure massive dominante associée à polyédrique fine très nette** en agrégats de taille < 5mm accrochés en chapelets aux racines fines. Volume des vides faible entre agrégats. Nombreuses racines très fines (< 0,2mm) exploitant régulièrement l'horizon. Friable. Porosité élevée, 3 à 4 pores/cm², régulière, tailles comprises entre 0,5 et 1mm ; pores > 1mm moyennement abondants, distribution irrégulière. Transition rapide.

12-20cm - Humide, 10YR 5/6, **structure massive**. Bonne pénétration racinaire. Friable. Porosité élevée de même type que dans l'horizon supérieur.

20cm et plus - Humide, 10YR 5/8, SA, quelques taches plus sombres (MO), **structure massive**. Quelques grosses racines de ligneux en cours de décomposition.

Résistance à la pénétration (Kg/cm²)

volume	répétitions	moyenne	écartype
0-12	9	4,2	0,9
12-20	9	4,3	0,8

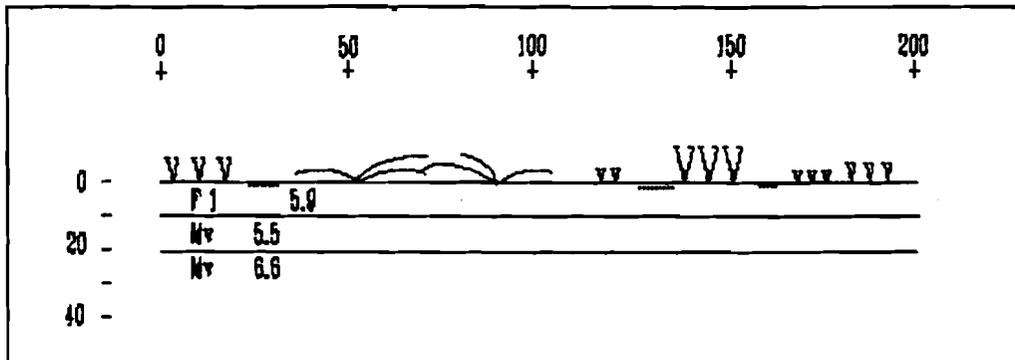


A
B

0-10/18cm A - Très frais, 7,5YR4/2, **structure polyédrique nette** à ES subanguleux de 5 à 20 mm. 3 à 4 pores fins/cm² bien répartis, 3 à 4 macropores biologiques/dm². Enracinement fasciculé dense, racines de 1 à 3 mm de diamètre. Transition abrupte.

0-10/18cm B - Très frais, 7,5YR4/2, **structure massive à débits polyédriques dominante associée à massive (zones plétinées)**. Porosité fine identique à A, macroporosité plus faible. Moins de 5 racines/dm². Transition abrupte.

10/18cm et plus - Carapace ferrugineuse.



Parcelle 17 en culture continue pendant 10 ans avant d'être maintenue en jachère.

Profil implanté dans une jachère de 6 ans. Végétation typique des lers stades de jachère : Boreria abondant, Tephrosia (rampant), quelques touffes d'Andropogon gayanus fortement broutées.

Croûte de battance discontinue limitée aux petites zones nues.

0-10cm - Frais, gris moyen, sableux faiblement argileux, **structure polyédrique peu nette** en agrégats de taille centimétrique. Enracinement herbacé fin et régulier, nombreuses radicelles. Porosité fine < 0,5mm, moins de 1 pore/cm², quelques pores de taille > 1mm distribués irrégulièrement. Transition rapide.

10-20cm - Frais à humide, éclaircissement progressif de la couleur vers le jaune avec pénétration de MO sombre en langues et canalicules, **structure massive**. Pénétration décroissante de radicelles herbacées, racines de ligneux assez nombreuses (2 à 3/dm²). Porosité de même ordre qu'au dessus. Transition progressive.

20cm et plus - Très frais, brun rougeâtre, SA passant à AS, **structure massive**. Racines présentes jusqu'à 30cm. Porosité fine < 0,5mm, 1 à 2 pores/cm², pores > 1mm plus abondants qu'au dessus, irrégulièrement répartis.

Résistance à la pénétration (Kg/cm²)

volume	répétitions	moyenne	écartype
0-10	9	5,9	1,7
10-20	9	5,5	1,1
20-30	9	6,6	0,4

ANNEXES 4

Résultats des mesures de porosité fait à partir de quelques profils de l'annexe 3

Andropogon pseudapricus									
	da	porosité 200-100 μ	porosité 100-50 μ	porosité <50 μ		da	porosité 200-100 μ	porosité 100-50 μ	porosité <50 μ
		%	%	%			%	%	%
SOB 2061 2061	1.72	1.84	3.61	20.22	SOB 214	1.55	2.74	3.06	23.04
0-10cm	1.64	3.06	3.33	18.79	2-12cm	1.71	1.27	2.64	23.92
	1.70	2.18	3.17	19.12		1.62	1.39	2.92	23.53
	1.75	2.67	2.97	20.01		1.68	0.69	2.56	24.71
dr = 2.64	1.71	2.00	2.99	19.27	dr = 2.59	1.72	1.09	2.34	23.97
	1.70	2.19	3.56	19.81		1.62	2.72	2.88	23.79
	1.66	3.13	3.81	20.25					
	1.69	2.00	2.76	19.36					
	1.66	4.80	3.58	18.24					
	1.64	4.23	3.78	18.83					
moyenne	1.69	2.81	3.36	19.39		1.65	1.65	2.73	23.83
écartype	0.04	1.01	0.37	0.67		0.07	0.87	0.27	0.55
SOB 232	1.66	2.14	3.16	19.43					
5-10cm	1.59	3.75	3.35	19.24					
	1.67	1.84	3.12	19.10					
dr = 2.63	1.66	2.19	3.24	19.21					
moyenne	1.65	2.48	3.22	19.25					
écartype	0.04	0.86	0.10	0.14					
SOB 401	1.62	0.35	2.91	25.33	SOB 902	1.62	3.36	6.11	21.42
2-12cm	1.63	0.25	3.51	26.23	0-10cm	1.63	1.54	6.14	21.50
	1.61	0.76	3.14	26.19		1.63	2.17	7.17	21.01
dr = 2.58	1.60	0.07	2.92	27.52	dr = 2.58	1.62	2.76	5.82	21.23
	1.78	0.50	0.33	25.45		1.57	4.17	5.64	19.33
	1.67	0.00	3.38	24.72					
moyenne	1.65	0.32	2.70	25.91		1.61	2.80	6.18	20.90
écartype	0.07	0.28	1.19	0.97		0.03	1.02	0.59	0.90

$d_s =$ densité réelle (g/cm³)

$d_a =$ densité apparente (g/cm³)

2

Andropogon gayanus									
	da	porosité 200-100 μ	porosité 100-50 μ	porosité <50 μ		da	porosité 200-100 μ	porosité 100-50 μ	porosité <50 μ
		%	%	%			%	%	%
SOB 062	1.49	6.42	4.35	19.93					
0-10cm	1.54	5.18	3.97	21.88					
	1.58	6.10	4.17	19.24					
	1.54	4.49	3.89	19.77					
dr = 2.62	1.59	4.39	4.25	19.27					
	1.58	3.50	3.67	20.14					
	1.61	3.45	3.47	20.23					
	1.60	3.03	3.23	21.64					
	1.54	5.03	3.86	20.33					
	1.62	3.87	3.76	20.00					
moyenne	1.57	4.55	3.86	20.24					
écartype	0.04	1.14	0.35	0.88					
SOB 211	1.60	1.51	2.70	22.60	SOB 211	1.71	1.81	2.34	22.80
0-10cm	1.64	1.83	2.68	22.39	0-10cm	1.67	3.23	2.98	23.38
touffes	1.57	2.14	3.17	22.43	hors touffe	1.65	1.64	2.95	23.19
	1.66	1.42	2.59	22.59		1.70	2.80	2.71	24.15
dr = 2.58	1.69	1.28	2.58	24.06	dr = 2.59	1.59	3.49	2.91	22.90
	1.61	1.60	3.18	25.04		1.71	1.68	2.83	22.58
moyenne	1.63	1.63	2.82	23.19		1.67	2.44	2.79	23.17
écartype	0.04	0.31	0.28	1.10		0.05	0.83	0.24	0.56
SOB 231	1.43	2.10	2.37	24.18	SOB 231	1.48	1.95	2.87	24.72
0-10cm	1.61	2.06	2.37	19.93	0-10cm	1.57	1.94	2.10	23.79
touffe	1.49	1.50	2.56	25.42	hors touffe	1.56	1.46	2.12	24.80
	1.51	2.17	2.28	25.43		1.54	0.74	1.99	24.72
dr = 2.60	1.46	1.89	2.52	24.80	dr = 2.60	1.56	0.69	2.17	26.36
	1.53	0.98	2.36	26.12		1.55	1.29	2.39	24.45
moyenne	1.51	1.78	2.41	24.31		1.54	1.35	2.27	24.81
écartype	0.06	0.46	0.11	2.25		0.03	0.55	0.32	0.85

3

Andropogon ascinodis									
	da	porosité 200-100 μ	porosité 100-50 μ	porosité <50 μ		da	porosité 200-100 μ	porosité 100-50 μ	porosité <50 μ
		%	%	%			%	%	%
SOB 063	1.60	2.28	2.97	22.14	SOB 901	1.56	3.46	5.68	21.64
0-10cm	1.51	4.93	3.30	21.54	0-10cm	1.57	3.88	5.10	21.12
	1.55	4.30	2.66	20.26		1.60	3.89	4.38	20.73
	1.51	3.17	3.47	21.42		1.58	5.45	4.80	19.84
dr = 2.57	1.53	3.95	2.76	22.14	dr = 2.58	1.66	2.09	4.20	21.20
	1.44	5.53	3.72	22.12					
	1.31	6.07	3.56	20.96					
	1.51	7.31	2.95	20.38					
	1.54	3.49	2.92	21.67					
	1.55	3.56	2.69	21.11					
moyenne	1.51	4.46	3.10	21.37		1.59	3.75	4.83	20.91
écartype	0.08	1.51	0.38	0.69		0.04	1.20	0.59	0.68
SOB 213	1.51	0.81	3.06	28.28	SOB 213	1.60	-0.03	1.71	30.60
0-10cm	1.46	1.92	3.56	29.31	0-10cm	1.48	1.46	3.12	27.60
touffes	1.46	1.29	4.22	29.05	hors touffes	1.47	1.16	3.49	31.95
	1.50	1.91	4.49	30.40		1.49	0.74	3.18	32.40
dr = 2.58	1.51	0.38	3.02	30.77	dr = 2.60	1.53	1.67	3.13	27.53
	1.50	1.60	3.54	27.58		1.53	1.22	2.78	28.99
moyenne	1.49	1.32	3.65	29.23		1.52	1.04	2.90	29.85
écartype	0.02	0.62	0.60	1.22		0.05	0.61	0.63	2.13
SOB 605	1.48	3.94	4.28	19.16	SOB 605	1.54	4.07	4.76	19.58
0-10cm	1.54	4.63	4.92	20.88	0-10cm	1.67	4.11	4.64	18.97
touffe	1.51	2.69	4.80	24.21	hors touffe	1.60	3.88	4.18	18.05
	1.46	4.86	5.02	21.24		1.66	3.10	4.66	19.40
dr = 2.58	1.48	5.13	5.17	21.44	dr = 2.57	1.61	5.02	4.13	20.51
moyenne	1.49	4.25	4.84	21.39		1.64	4.04	4.47	19.30
écartype	0.03	0.98	0.34	1.82		0.05	0.68	0.30	0.90
SOB 301	1.45	0.20	4.75	29.04	SOB 301	1.49	1.00	4.22	29.27
0-12cm	1.39	0.90	4.95	28.48	0-10cm	1.46	1.05	4.46	28.14
touffe	1.49	0.13	2.33	30.17	hors touffe	1.58	0.00	4.21	26.75
	1.55	0.90	3.55	29.26		1.59	0.00	3.55	29.14
dr = 2.54	1.52	0.39	2.22	28.73	dr = 2.58	1.53	0.51	3.80	29.31
	1.48	0.28	2.72	29.94		1.59	1.75	1.38	28.74
moyenne	1.48	0.47	3.42	29.27		1.54	0.72	3.60	28.56
écartype	0.06	0.35	1.20	0.67		0.06	0.68	1.14	0.99
SOB 101	1.46	1.96	4.41	28.04	SOB 201	1.59	0.00	4.00	25.60
0-10cm	1.45	2.43	4.59	26.87	0-10cm	1.49	1.26	5.87	27.21
	1.53	0.17	4.90	27.06		1.54	0.45	3.79	25.56
	1.46	1.34	5.12	26.67		1.53	2.02	3.67	25.22
dr = 2.55	1.52	1.44	4.76	27.64	dr = 2.56	1.53	0.63	4.28	25.02
	1.58	1.78	4.29	24.60		1.44	1.62	6.87	26.74
moyenne	1.50	1.52	4.68	26.81		1.52	1.00	4.75	25.89
écartype	0.05	0.77	0.31	1.20		0.05	0.77	1.31	0.88

h

Cultures annuelles									
	da	porosité 200-100 μ	porosité 100-50 μ	porosité <50 μ		da	porosité 200-100 μ	porosité 100-50 μ	porosité <50 μ
		%	%	%			%	%	%
SOB 202	1.49	3.22	4.07	22.19	SOB 202	1.69	1.95	3.52	20.27
0-12cm	1.57	3.39	4.54	21.33	0-12cm	1.67	2.91	3.66	21.14
billon	1.58	1.83	4.71	23.14	hors billon	1.68	2.36	4.00	20.37
	1.63	2.02	4.69	21.91		1.73	2.43	4.41	20.48
dr = 2.58	1.62	1.04	4.57	20.68	dr = 2.57	1.67	2.83	4.19	20.96
						1.70	1.57	4.22	20.36
moyenne	1.58	2.30	4.52	21.85		1.69	2.34	4.00	20.60
écartype	0.06	0.99	0.26	0.93		0.02	0.51	0.35	0.36
SOB 103	1.63	1.28	3.36	23.15	SOB 102	1.66	4.03	4.06	18.35
0-15cm	1.54	4.09	5.32	21.41	0-12cm	1.64	3.32	5.04	19.98
billon	1.57	2.86	5.53	22.52	billon	1.66	1.32	4.39	20.81
	1.52	3.77	4.31	19.10		1.68	0.46	5.50	19.57
dr = 2.55	1.61	3.14	4.37	19.83	dr = 2.58	1.56	3.62	5.16	17.97
	1.58	3.93	4.94	21.60		1.65	2.98	4.29	17.97
moyenne	1.58	3.18	4.64	21.27		1.64	2.62	4.74	19.11
écartype	0.04	1.04	0.80	1.55		0.04	1.41	0.57	1.19
SOB 604	1.51	6.10	7.06	16.66	SOB 903	1.50	4.79	3.99	18.96
0-10cm	1.55	5.66	7.99	17.06	5-15cm	1.48	4.39	3.80	18.56
	1.55	5.33	7.73	16.90		1.50	3.82	3.53	18.43
dr = 2.57	1.58	5.99	7.21	17.59	dr = 2.58	1.49	4.09	4.06	18.81
	1.57	4.92	8.31	17.44		1.56	3.26	3.50	18.19
moyenne	1.55	5.60	7.66	17.13		1.51	4.07	3.78	18.59
écartype	0.03	0.49	0.52	0.38		0.03	0.58	0.26	0.30
SOB 064	1.58	3.56	3.62	18.11		1.59	4.53	4.34	10.62
1-10cm	1.53	4.53	3.54	17.56		1.52	4.76	3.93	25.38
	1.58	3.61	3.46	18.27		1.53	4.99	4.04	17.77
dr = 2.58	1.53	5.28	4.53	19.88	←	1.62	4.40	4.37	18.48
	1.57	2.89	3.70	18.12		1.48	5.58	4.26	17.30
moyenne	1.55	4.41	3.98	18.15	(40 mesures)				
écartype	0.04	0.84	0.39	3.55	"				

	Porosité en % de la porosité totale								
	poro totale	poro >200 μ	poro 200-100 μ	poro 100-50 μ	poro <50 μ	poro >200 μ	poro 200-100 μ	poro 100-50 μ	poro <50 μ
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
A. pseudapricus									
SOB 061 (0-10cm)	36.0	10.5	2.8	3.3	19.4	29.2	7.8	9.2	53.9
SOB 214 (2-12cm)	36.3	8.2	1.7	2.7	23.8	22.5	4.5	7.4	65.6
SOB 232 (5-10cm)	37.2	12.3	2.5	3.2	19.2	33.1	6.7	8.6	51.6
SOB 401 (2-12cm)	36.0	7.1	0.3	2.7	25.9	19.7	0.8	7.5	71.9
SOB 902 (0-10cm)	37.6	7.7	2.8	6.2	20.9	20.5	7.4	16.5	55.6
moyenne	36.6	9.2	2.0	3.6	21.8	25.0	5.5	9.8	59.7
écartype	0.7	2.2	1.1	1.5	2.9	5.9	2.9	3.8	8.7
A. gayanus									
SOB 062 (0-10cm)	40.0	11.4	4.5	3.9	20.2	28.5	11.3	9.8	50.5
SOB 211 (0-10cm t)	36.8	9.2	1.6	2.8	23.2	25.0	4.3	7.6	63.0
SOB 211 (0-10cm ht)	35.5	7.1	2.4	2.8	23.2	20.0	6.8	7.9	65.4
SOB 231 (0-10cm t)	41.9	13.4	1.8	2.4	24.3	32.0	4.3	5.7	58.0
SOB 231 (0-10cm ht)	40.8	12.4	1.3	2.3	24.8	30.4	3.2	5.6	60.8
moyenne	39.0	10.7	2.3	2.8	23.1	27.2	6.0	7.3	59.5
écartype	2.7	2.5	1.3	0.6	1.8	4.8	3.2	1.7	5.7
A. ascinodis									
SOB 063 (0-10cm)	41.2	12.2	4.5	3.1	21.4	29.6	10.9	7.5	51.9
SOB 213 (0-10cm t)	42.2	8.1	1.3	3.6	29.2	19.2	3.1	8.5	69.2
SOB 213 (0-10cm ht)	41.5	7.8	1.0	2.9	29.8	18.8	2.4	7.0	71.8
SOB 301 (0-12cm t)	41.8	8.6	0.5	3.4	29.3	20.6	1.2	8.1	70.1
SOB 301 (0-12cm ht)	40.3	7.4	0.7	3.6	28.6	18.4	1.7	8.9	71.0
SOB 101 (0-10cm)	41.1	8.1	1.5	4.7	26.8	19.7	3.6	11.4	65.2
SOB 201 (0-10cm)	40.6	9.0	1.0	4.7	25.9	22.2	2.5	11.6	63.8
SOB 605 (0-10cm t)	42.1	11.7	4.2	4.8	21.4	27.8	10.0	11.4	50.8
SOB 605 (0-10cm ht)	37.2	9.4	4.0	4.5	19.3	25.3	10.8	12.1	51.9
SOB 901 (0-10cm)	38.3	8.9	3.7	4.8	20.9	23.2	9.7	12.5	54.6
moyenne	40.6	9.1	2.2	4.0	25.3	22.5	5.6	9.9	62.0
écartype	1.7	1.6	1.6	0.8	4.1	3.9	4.1	2.1	8.8
Cultures annuelles									
SOB 202 (0-12cm b)	38.8	10.2	2.3	4.5	21.8	26.3	5.9	11.6	56.2
SOB 202 (0-12cm ib)	34.2	7.3	2.3	4.0	20.6	21.3	6.7	11.7	60.2
SOB 103 (0-15cm b)	38.4	9.3	3.2	4.6	21.3	24.2	8.3	12.0	55.5
SOB 102 (0-12cm b)	36.4	10.0	2.6	4.7	19.1	27.5	7.1	12.9	52.5
SOB 604 (0-10cm)	39.6	9.2	5.6	7.7	17.1	23.2	14.1	19.4	43.2
SOB 903 (5-15cm)	41.8	15.3	4.1	3.8	18.6	36.6	9.8	9.1	44.5
SOB 064 (0-10cm)	39.9	13.4	4.4	4.0	18.1	33.6	11.0	10.0	45.4
moyenne	38.4	10.7	3.5	4.8	19.5	27.5	9.0	12.4	51.1
écartype	2.5	2.7	1.2	1.3	1.8	5.6	2.9	3.4	6.7

t = touffe

ht = hauteur

b = bilbon

ib = interbilbon

	dr	da cylindre	da motte	porosité cylindre	porosité motte	structure
				%	%	
A. pseudapricus						
SOB 061 (0-10cm)	2.64	1.69		36.0		MC (+ F2)
SOB 214 (2-12cm)	2.59	1.65		36.3		MC (+ F3)
SOB 232 (5-10cm)	2.63	1.65		37.2		MC (+ F1)
SOB 401 (2-12cm)	2.58	1.65	1.66	36.0	35.6	MC (+ F1)
SOB 902 (0-10cm)	2.58	1.61	1.73	37.6	32.9	MC (+ F2)
A. gayanus						
SOB 062 (0-10cm)	2.62	1.57		40.0		F1 + F2
SOB 211 (0-10cm t)	2.58	1.63		36.8		F2
SOB 211 (0-10cm ht)	2.59	1.67		35.5		F1
SOB 231 (0-10cm t)	2.60	1.51		41.9		F2
SOB 231 (0-10cm ht)	2.60	1.54		40.7		F2
A. ascinodis						
SOB 063 (0-10cm)	2.57	1.51		41.1		F3
SOB 213 (0-10cm t)	2.58	1.49		42.2		F2
SOB 213 (0-10cm ht)	2.60	1.52		41.5		F1
SOB 301 (0-12cm t)	2.54	1.48	1.64	41.7	35.4	F2
SOB 301 (0-12cm ht)	2.58	1.54	1.64	40.3	36.4	F1
SOB 101 (0-10cm)	2.55	1.50	1.66	41.1	34.9	F2
SOB 201 (0-10cm)	2.56	1.52		40.6		F1
SOB 605 (0-10cm t)	2.58	1.49	1.65	42.2	36.0	F2 + F3
SOB 605 (0-10cm ht)	2.57	1.61	1.75	37.3	31.9	MF (+ F1)
SOB 901 (0-10cm)	2.58	1.59	1.75	38.3	32.1	F2
Cultures annuelles						
SOB 202 (0-12cm b)	2.58	1.58		38.7		F1 (+ MF)
SOB 202 (0-12cm ib)	2.57	1.69		34.2		MC
SOB 103 (0-15cm b)	2.55	1.57	1.65	38.4	35.3	F1 (+ MF)
SOB 102 (0-12cm b)	2.58	1.64	1.70	36.4	34.2	MF
SOB 604 (0-10cm)	2.57	1.55	1.67	39.7	35.0	F1
SOB 903 (5-15cm)	2.58	1.50	1.64	41.8	36.4	MC + MF
SOB 064 (0-10cm)	2.58	1.55		39.9		MF

$$poro = 100 \left(1 - \frac{da}{dr} \right)$$

Ce spectre est une mesure par méthode au microscope à l'aide de l'analyse.

Porosité cylindre 0-10cm**A. ascinodis**

moyenne gén.	(10 mesure _s)	40.6
touffes	(3 mes.)	42.0
hors touffes	(3 mes.)	39.7
indifférencié	(4 mes.)	40.3

A. gayanus

moyenne gén.	(5 mes.)	39.0
touffes	(2 mes.)	39.3
hors touffes	(2 mes.)	38.1

A. pseudapricus

moyenne gén.	(5 mes.)	36.6
--------------	----------	------

Cultures annuelles

moyenne gén.	(7 mes.)	38.4
billons	(3 mes.)	37.8
entre billons	(1 mes.)	34.2
à plat	(3 mes.)	40.4

Structure et porosité

structure	nb mesures	moyenne	écartype
F2 et F3	9	40.7	1.9
F1 et MF	12	39.2	2.0
MC	6	36.2	1.2

ANNEXES 5
Fractions granulométriques des sols de Sobaka

Fractions granulométriques (les valeurs ont en %)

1) Fractions granulométriques: sols peu évolués d'érosion régosoliques

	250-200 μ m	100-200 μ m	50-100 μ m	20-50 μ m	2-20 μ m	0-20 μ m
0-10cm 53		12	11	11	10	4
11-30cm56		13	9	9	8	5
31-60cm						
60-80cm						

2) Fractions granulométriques: sols peu évolués d'apport alluvial hydromorphe

	250-200 μ m	100-200 μ m	50-100 μ m	20-50 μ m	2-20 μ m	0-20 μ m
0-10cm 30		10	14	16	20	9
11-30cm26		14	15	16	21	8
31-60cm20		16	10	17	25	12
60-80cm20		15	12	18	26	9

3) Fractions granulométriques: sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés superficiels sur cuirasse

	250-200 μ m	100-200 μ m	50-100 μ m	20-50 μ m	2-20 μ m	0-20 μ m
0-10cm49		10	11	11	11	7
11-30cm46		12	11	12	12	7
31-60cm						
60-80cm						

4) Fractions granulométriques: sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés peu profonds sur carapace ou sur cuirasse

	250-200 μ m	100-200 μ m	50-100 μ m	20-50 μ m	2-20 μ m	0-20 μ m
0-10cm 46		12	11	11	10	4
11-30cm56		13	9	9	8	5
31-60cm						
60-80cm						

5) Fractions granulométriques: sols ferrugineux tropicaux lessivés moyennement profonds sur cuirasse ou sur carapace

	250-200 μ m	100-200 μ m	50-100 μ m	20-50 μ m	2-20 μ m	0-20 μ m
0-10cm 44		16	14	11	8	7
11-30cm43		18	13	10	8	8
31-60cm37		12	13	15	12	10
60-80cm						

6) Fractions granulométriques: sols ferrugineux tropicaux lessivés profonds

	250-200µm	100-200µm	50-100µm	20-50µm	2-20µm	0-20µm
0-10cm 49		10	11	11	12	7
11-30cm46		12	11	12	12	7
31-60cm25		12	15	16	19	12
60-80cm24		13	16	19	17	11

7) Fractions granulométriques: sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes

	250-200µm	100-200µm	50-100µm	20-50µm	2-20µm	0-20µm
0-10cm 31		12	14	15	19	9
11-30cm25		12	15	17	21	10
31-60cm23		10	17	13	25	12
60-80cm20		15	12	18	26	9

8) Fractions granulométriques: sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions

	250-200µm	100-200µm	50-100µm	20-50µm	2-20µm	0-20µm
0-10cm 46		14	14	11	8	7
11-30cm43		16	14	11	8	8
31-60cm30		11	15	16	12	16
60-80cm						

ABSTRACT:

Postcultural succession with relative changes provide opportunities to study savana dynamics and functioning. In postcultural succession, vegetation replacement modified the physical, chemical and biological properties of soil. This study reconstitutes the land use history and determines the correlation existing between the specific composition of vegetation and soil potential fertility indicators. Different levels of spatial and temporal scales have been used. The structure of vegetal communities was approached as a functional numerical organisation of spatial and temporal distribution. Analyses of soil characteristics permitted to study any modifications in the physical, chemical and biological properties of soil and plant succession. The mechanism of succession was summarized through three conceptual models:

- a model of vegetation pathways (trajectory) in succession. This conceptual model depicts the different pressures (fire, pasture, wood harvest, etc.) and age from abandoned farmland;
- a model of soil structural differentiation in relation to the key species of post-cultural succession. Physical modification of soil correlated with a structuring effect, revealing the significance of *Andropogon spp.* in component soil improvement.
- a conceptual model of soil organic matter distribution and nutrient pathways in fallow.

These three models correspond in relation to age from abandoned farmland and the fundamental role of key species of fallow. In post-cultural succession key species of fallow induce precise structural differentiations. The analysis of soil structure, in relation to the presence of these species permitted to apply a model of CONNELL and SLATYER to species succession in fallow. The regeneration process is a replacement of biological and morphological groups (in herbaceous) or groups which present the same biological and demographic strategies (woody species). The study of soil organic matter permitted to define the role of different biological groups of species to soil organic matter storage and availability. The use of carbon isotope revealed the importance of herbaceous species in soil organic matter storage. Some applications of these results have been discussed.

Key words: Burkina Faso - Sudanese zone - spatial and temporal dynamics - structural differentiation - soil organic matter - carbon isotope

RESUME

La succession post-culturelle avec des changements relativement rapides offre l'opportunité de traiter de la dynamique et du fonctionnement des savanes, milieu constamment soumis à des perturbations importantes sporadiques. Dans les successions post-culturelles, des remplacements de groupements végétaux se produisent et des modifications des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol sont décelables. A travers, cette étude spécifique des relations «formation de groupements végétaux et régénération des sols», il est montré, quantifié et analysé un ensemble de mécanismes en jeu et ce, à des échelles spatiales et temporelles différentes. La structure des peuplements est abordée au sens d'une organisation numérique, d'un mode de distribution spatio-temporelle et au sens d'une organisation fonctionnelle. L'étude des caractères pédologiques a permis d'analyser et ajuster les modifications physiques, chimiques et biologiques du sol en fonction de groupements végétaux identifiés.

Les résultats permettent de résumer les mécanismes mis en oeuvre lors de la succession post-culturelle par trois modèles prédictifs et/ou explicatifs:

- un modèle de représentation des trajectoires d'évolution des différents faciès post-culturels pilotés par l'âge et les différentes pressions anthropiques qui s'exercent sur ces faciès: la succession post-culturelle apparaît alors plus comme un remplacement de groupes bio-morphologiques (pour les herbacées) et/ou à stratégie bio-démographique (pour les espèces ligneuses).

- un modèle de représentation de la différenciation structurale en fonction de la nature de la structure des communautés végétales post-culturelles: les espèces herbacées créent en effet au sein de leur rhizosphère, une différenciation structurale locale. Cette différenciation structurale entraîne une dynamique spatiale des éléments pédologiques par nucléation avec extension et coalescence ultérieure d'états structuraux identiques quand les touffes graminéennes entrent elles-mêmes en contact.

- un modèle de la distribution de la matière organique, de ses fractions et de leur niveau de minéralisation en jachère: les données des analyses chimiques et biologique permettent de saisir la contribution dans le temps et dans l'espace des types bio-morphologiques à la constitution des fractions de matières organiques labile et stabilisée.

L'utilisation de l'outil isotopique a renforcé la thèse selon laquelle le processus de renouvellement des stocks organiques en jachère est largement sous la dépendance de la dynamique dans le temps et dans l'espace des espèces graminéennes.

Ces trois modèles s'ajustent parfaitement en fonction du paramètre temps et du rôle fondamental de quelques espèces qui peuvent être considérées comme des espèces clefs de la succession post-culturelle.

Mots-clés: Zone soudanienne - BURKINA FASO - Succession post-culturelle - Structure des communautés - espèces clefs - différenciation structurale - Matières organiques labile et stabilisée