

Amélioration et gestion de
la jachère en Afrique de l'Ouest
Projet 7 ACP RPR 269

Jachère et maintien de la fertilité

Organisateurs
IER (Mali)
ORSTOM



Amélioration et gestion de
la jachère en Afrique de l'Ouest
Projet 7 ACP RPR 269

Actes de l'Atelier

Jachère et maintien de la fertilité

Bamako, 2-4 octobre 1997

Organisateurs :
IER (Mali)
ORSTOM

Editeurs : Christian Floret et Roger Pontanier
Coordination Régionale du Projet Jachère
BP 1386 Dakar Sénégal

Editorial

Cet atelier sur « Jachère et maintien de la fertilité » s'est tenu à Bamako du 2 au 4 octobre 1997, à l'invitation des autorités du Mali. Il a eu lieu dans le cadre du Projet « Amélioration et gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest » (voir en Annexe), qui concerne le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, le Mali, le Niger et le Sénégal, à l'occasion d'une réunion de coordination du Projet. Il faisait suite à un autre atelier « La jachère, lieu de production » qui s'était tenu à Bobo Dioulasso en 1996, dans le cadre du même projet. Le présent atelier a porté sur des résultats de recherche obtenus, pour la plupart, dans le cadre du projet. Il y a donc eu volontairement un nombre limité d'intervenants, mais l'atelier a regroupé une soixantaine de participants invités qui ont animé les discussions.

L'atelier a été ouvert par Monsieur Bino TEME, Directeur scientifique de l'IER, représentant Monsieur le Directeur Général de l'IER.

Une tournée de deux jours dans le sud-ouest du Pays a précédé les exposés en salle. Cette tournée a permis aux participants de visiter une partie des réalisations du projet jachère au Mali, en particulier dans le domaine des méthodes de substitution à la jachère naturelle par l'installation de soles fourragères ou de plantations agro-forestières permettant de maintenir ou d'améliorer la fertilité des sols.

Ils ont visité le village de Ngoukan, dans la région de Koutiala, où sont réalisés divers transferts de techniques par le projet. Sur ce terroir cotonnier, la réussite principale est la réalisation de parcelles fourragères, par les paysans eux-mêmes, ainsi que de granges pour stocker le fourrage. Parcelles fourragères et haies-vives (pépinière villageoise) sont deux techniques vulgarisées qui font « tâche d'huile » dans les villages environnant grâce à des journées « portes ouvertes » et visites paysannes sur ce terroir. Des essais de comportement de divers ligneux fourragers sont aussi réalisés sur la base de dispositifs agronomiques intégrant des parcelles de plusieurs paysans. Des recherches d'accompagnement sur les rhizobiums et les mycorhizes sont menées sur ces essais par des chercheurs de l'IER. Durant la seconde journée, les participants ont visité la station agronomique de Cinzana (AER) où sont menées de nombreuses recherches en agro-foresterie (IER et ICRAF). La station agronomique de Sotuba (IER), avec des essais du projet, a également fait l'objet d'une visite commentée.

Cet atelier « Jachère et maintien de la fertilité » met l'accent sur une des fonctions principales de la jachère. Si l'on prend le terme fertilité dans son sens global, cela concerne aussi bien l'amélioration des caractéristiques physico-chimiques et biologiques du sol durant la phase de jachère que l'élimination des adventices qui se sont développées durant la phase de culture. On sait qu'auparavant, en zone tropicale, une phase de culture courte (3-5 ans) était suivie d'un temps de jachère assez long qui pouvait dépasser 20 ans. Durant cette deuxième phase, les adventices disparaissent progressivement, la végétation de savane repousse, la faune du sol se développe et améliore sa structure. Les ligneux puisent en profondeur les éléments minéraux qui se retrouvent en surface sous forme de litière où stockés dans la biomasse sur pied. Dans le même temps les activités microbiennes et mycorhiziennes trouvant une ambiance adéquate se développent et améliorent la fertilité biochimique, alors que certains ravageurs spécifiques aux cultures (Nématodes) régressent. Au moment du défrichement pour une nouvelle culture, l'essartage met à la surface du sol une grande quantité d'éléments minéraux pour les cultures qui suivent. Par ailleurs, les racines de ligneux se décomposent progressivement durant la phase de culture et contribuent aussi à l'entretien des qualités chimiques et structurales du sol.

Actuellement, en raison de l'accroissement des surfaces cultivées, ce système de culture itinérante, nécessitant de grands espaces, tend à disparaître. Les temps de jachère se raccourcissent. Les prélèvements de biomasse herbacée pour la pâture et pour le bois de feu s'accroissent sur des surfaces en jachère de plus en plus réduites. La jachère naturelle de quelques années n'est souvent plus suffisante pour le maintien sur le long terme de la fertilité du sol au cours des cycles culture-jachère. Les cultures de rente rentrent souvent dans un assolement d'où la jachère naturelle est exclue. On a cherché à remplacer celle-ci par des plantations fourragères ou agro-forestières, censées fournir rapidement une biomasse importante et servir de « jachère de substitution » ou « jachère améliorée ». Le présent atelier avait pour objectif d'examiner les résultats de recherche du projet entrepris sur cette thématique.

Les trois premières communications ont trait à la fertilité dans les systèmes de culture à jachère naturelle. La première est à l'échelle d'un terroir au Sénégal. La seconde concerne les effets de l'histoire culturelle et du type de milieu sur 110 parcelles paysannes dans quelques terroirs du Burkina Faso. La troisième met en évidence les effets des feux de brousse sur la qualité des sols et sur les adventices dans de jeunes jachères au Mali.

Les quatre communications suivantes mettent l'accent sur quelques indicateurs liés aux processus de remontée de la fertilité des sols au cours de la jachère : évolution de la structure du sol, rôle d'espèces végétales pérennes dans la structuration et la distribution de la matière organique, rôle des macro-invertébrés du sol, développement des mycorhizes.

Trois communications concernent l'effet jachère et de la gestion de la fertilité sur les rendements du mil et du sorgho au Niger et au Sénégal.

Quatre autres communications concernent l'incidence sur la fertilité, la flore adventice et la nématofaune, de plantations agro-forestières à base d'essences à croissance rapide en Côte d'Ivoire et au Mali.

Enfin les deux dernières communications ont trait à l'effet fertilisant de jachères améliorées à base de fourrages au Sénégal et au Mali.

La présentation des communications a été suivie de débats animés et de la rédaction de recommandations qui figurent en Annexe. En particulier des idées sur la méthodologie de suivi d'indicateurs physico-chimiques et biologiques pertinents pour l'évaluation et le suivi de la fertilité ont été proposées.

Le prochain atelier du projet aura lieu à Niamey, en octobre 1998, sur le thème « Jachère et systèmes agraires ». Par ailleurs, l'ensemble des résultats du projet seront présentés et confrontés à ceux d'autres équipes de la communauté scientifique du nord et du sud, lors du séminaire international « La jachère en Afrique tropicale » qui se tiendra à Dakar du 13 au 16 avril 1999.

Sommaire

1. Ressources organiques et gestion de la fertilité du sol sur un terroir agro-pastoral de Casamance (Sénégal) R. MANLAY, D. MASSE, M. DIATTA, M. KAIRE	1
2. Etats physico-chimiques des sols cultivables en zone cotonnière du Burkina Faso. Effets de l'histoire culturale et du type de milieu B. OUATTARA, V. HIEN, K. OUATTARA, T. LOMPO, A. BILGO, G. SERPANTIE	17
3. Rôle des feux de brousse sur la dynamique des adventices et sur la qualité des sols au cours des premières années de jachère, dans les régions soudaniennes du Mali F. DEMBELE, D. MASSE, H. YOSSE	33
4. Transformation, durant la jachère, de l'horizon superficiel (0-10 cm) d'un sol ferrugineux du bassin arachidier sénégalais (Thyssé Kaymor) J. L. CHOTTE, D. MASSE, R. PONTANIER, G. BELLIER	41
5. Différentiation structurale et distribution de la matière organique, de ses fractions et de leur niveau de minéralisation, dans les jachères : le rôle des espèces clefs de la jachère au Burkina Faso (<i>Andropogon spp</i>) N. A. SOME, P. DE BLIC	47
6. Rôle des macro-invertébrés dans la conservation et la restauration de la fertilité des sols en zone de savanes soudano-guinéennes de Côte d'Ivoire. Cas particulier des vers de terre et des termites N. OUATTARA, D. LOUPPE, B. PITY	61
7. Effet de l'âge de la jachère sur le nombre de spores de champignons endomycorhiziens en zone soudanienne du Mali K. SIDIBE, H. YOSSE	69
8. Gestion de la fertilité des sols pour la culture du mil au Niger A. DE ROUW	77
9. Production de mil après une jachère de 6 ans dans le sud-ouest du Niger. Effets d'un apport de fumier de bovins et de deux types de fumure minérale T. ADAM, E. H. M. MANZO, I. SOUMANA, A. ACHARD	89
10. Influence de la jachère sur les rendements de sorgho (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench, variété CE145-66) en parcelles paysannes au Sénégal M. SENE	95
11. Evolution de la fertilité d'un sol au cours de quatre ans de culture suite à une jachère arborée de six ans. Cas d'une zone de forêt humide en Côte d'Ivoire A. NGORAN, G. M. GNAHOUA, K. OUALOU, B. PITY	101
12. Etude de la flore adventice des cultures après jachère améliorée dans la région d'Oumé (Côte d'Ivoire) G. M. GNAHOUA	107
13. Incidence des jachères à légumineuses pérennes sur la nématofaune dans le centre-ouest de la Côte d'Ivoire A. ADIKO, Ph. G. GNONHOURI	119
14. Production fourragère des graminées <i>Andropogon gayanus</i> Kunth et <i>Panicum maximum</i> Jacq. cv. C ₁ utilisées en substitution de la jachère en Haute Casamance au Sénégal A. DIATTA, A. BODIAN, D. BABENE	127
15. Potentialités d'utilisation de <i>Gliricidia sepium</i> et <i>Leucaena leucocephala</i> en alternative à la jachère naturelle dans les systèmes de production agricole au Mali M. SIDIBE, M. DJIMBE, D. DIARISSO, B. OUOLOGUEM D. TIMBELY, M. SOUNTOURA	133

Ressources organiques et gestion de la fertilité du sol sur un terroir agro-pastoral de Casamance (Sénégal).

R. MANLAY¹, D. MASSE¹, M. DIATTA², M. KAIRE²

1. Programme Jachère ORSTOM BP. 1386 Dakar - Sénégal

2. Programme Jachère ISRA BP. 2312 Dakar - Sénégal

Résumé

L'amélioration de la gestion de la matière organique est une voie possible de l'intensification de la production agro-pastorale des espaces conjuguant agriculture et élevage en zone soudanienne. Cet article s'appuie sur une étude de cas d'un terroir agro-pastoral de Haute-Casamance (Sénégal) et une revue bibliographique. Il présente :

- les sources potentielles de production organique : biomasse aérienne et souterraine, herbacée et ligneuse, des cultures, des jachères et des forêts,
- les évolutions, contrôlées (alimentation humaine et animale, construction, énergie) ou non (incendie, activité faunique du sol) de la matière organique au sein du terroir.

La matière organique est conçue en tant que ressource à part entière, à la fois bien et moyen de production. Dans la région, la jachère est avec la fumure animale l'un des deux outils de gestion organique de la fertilité des sols. Le maintien ou la restauration de la fertilité par ces pratiques est considéré comme la conséquence de l'établissement d'un flux significatif de matière organique, et donc d'énergie et de minéraux, à travers la parcelle. L'originalité de l'étude tient également à ce qu'elle intègre les échelles de l'exploitation et du terroir, qui, seules, peuvent tenir compte des pratiques très collectives de la gestion des terres, des animaux et de la fertilité afférente.

Mots-clé : matière organique – flux – terroir agro-pastoral – fertilité du sol.

Organic matter resources and soil fertility management in a mixed farming system in West Africa.

Abstract

Improving organic matter management is a suitable way to intensify the agropastoral production in mixed farming systems of dry West Africa.

This article reviews :

- potential sources for organic matter production : above and below-ground, woody and herbaceous biomass produced in crops, fallows and woodlands,
- main roles of organic matter within the village, its evolution being strongly (human and animal feeding, building, heating) or weakly (fire, soil fauna activity) controlled.

Organic matter is an outstanding resource that should be regarded both as a commodity and means of production. Figures from a partial carbon balance led on an agropastoral village of High-Casamance (Senegal) are discussed in the light of previously explained concepts. In the region fallowing and livestock manuring during night tethering are the only two local tools for organic management of soil fertility. Doing so, it may be considered that peasants preserve or improve fertility by establishing a significant flow of organic matter - both energy and nutrients - through the land. Multiscale integration is a particular feature of this paper. Not only field scale can account for partly collective management of land, livestock and related fertility : farm and village scales are needed.

Key words : organic matter – flux – mixed farming systems – soil fertility.

Introduction

Cette étude s'intéresse à l'évaluation et à la gestion de la fertilité des sols au travers des bilans des matières organiques à l'échelle d'un terroir villageois.

Pieri (1989a) envisage la fertilité comme un jugement porté sur « *l'aptitude à produire d'un milieu dont on apprécie les diverses caractéristiques* ». Dans les espaces ruraux africains, les stratégies de gestion de l'espace résultent encore largement de choix collectifs ; la notion de fertilité doit alors être appréhendée à plusieurs échelles, de la parcelle à la petite région (Pichot, 1995). Les propos qui suivent concernent surtout la parcelle, l'exploitation et le terroir, abordé comme le territoire exploité par le village. La matière organique est ici comprise au sens large. Il s'agit de la matière vivante ou morte issue d'organismes et de tissus vivants.

La production végétale est la principale source de carbone et d'énergie d'un terroir. Elle est la première étape du processus de création de richesse par le paysan. Produite directement, commercialisable, elle peut aussi être réutilisée pour la création d'autres richesses (alimentation animale, fertilité du sol). A ce titre elle constitue une ressource.

La matière organique remplit des rôles essentiels et multiples en zone soudanienne. La vocation fondamentale est naturellement la satisfaction des besoins alimentaires des êtres humains (énergie et nutriments). Mais dans ces systèmes de culture vivrière encore largement autarciques, les productions fourragères du terroir constituent aussi la base de l'alimentation du bétail. Le bois satisfait 60 à 90% de la demande d'énergie domestique dans les pays des zones sahélienne et soudanienne ; et c'est encore la biomasse végétale qui est mise à contribution pour l'essentiel des constructions (toits, torchis, clôtures, ...) (Anonyme, 1991b ; Bréman et Kessler, 1995). Dans le sol, la matière organique a un rôle agro-écologique fondamental largement reconnu (Duchaufour, 1988 ; Morel, 1989 ; Mussy et Soutter, 1991 ; Anderson, 1995 ; en Afrique tropicale : Lal et Kang, 1982 ; Pieri, 1989a ; van Wambeke, 1991) :

- stimulation de l'activité biologique qui y puise son énergie,
- source directe et indirecte d'éléments nutritifs pour les êtres vivants,
- amélioration de certaines propriétés physiques et chimiques du sol.

Dans les sols ferrugineux à argile de type kaolinite de la zone soudanienne, la présence de matière organique est particulièrement importante pour la conservation de sols à texture grossière, sensibles à un climat agressif (Roose, 1983 ; Michels *et al.*, 1995a, 1995b), et pour leur statut minéral, en raison de l'inexistence du complexe argilo-humique (Pichot, 1975 ; Fernandez et Sanchez, 1990). Une telle importance doit aussi être comprise par un contexte technico-économique défavorable : le faible recours aux intrants (énergie, engrais, pesticides) ramène la fertilité de la parcelle à sa composante organique essentiellement (Swift et Wooster, 1993). La Matière Organique du Sol (MOS) rassemble un *continuum* de formes vivantes et mortes allant du résidu végétal frais aux substances humiques associées ou non à des particules minérales (Morel, 1989). Elle est un compartiment presque incontournable en ce qui concerne le recyclage des éléments minéraux et la redistribution de l'énergie, comme l'illustre la figure 1. En raison de la diversité de ses formes biochimiques, il existe des méthodes très diverses de caractérisation de la MOS en tant qu'indicateur de la fertilité du sol (Swift et Wooster, 1993 ; Feller, 1995). Crétenet (1995) et Palm (1996) s'interrogent sur la pertinence du seul taux de carbone comme indicateur de la fertilité des terres tropicales, quoiqu'il soit assez fiable en zone tempérée. C'est que le stock de MOS traduit un équilibre toujours temporaire entre facteurs de son élaboration (comme l'humification) et ceux qui concourent à sa minéralisation (Swift et Wooster, 1993). En milieu tropical, le climat, l'activité biologique, le passage du feu et la texture dans le cas de sols sableux, maintiennent un équilibre du stock organique très bas, même dans les écosystèmes non anthropisés (Moureau, 1967 ; Jones et Wild, 1975 ; Menaut *et al.*, 1985). L'agronome attribue en général aux apports organiques deux objectifs difficilement conciliables : fourniture d'éléments nutritifs à la culture (qui suppose donc minéralisation), et augmentation du taux de matière organique du sol pour en améliorer certaines propriétés physiques et chimiques (de Ridder et van Keulen, 1990). Le taux de matière organique est en fait un concept statique insuffisant en milieu tropical. Pour pouvoir rendre compte de la productivité de l'écosystème, le statut organique d'un sol doit être abordé en terme de flux et non de simple stock. L'importance du flux minéral dans les systèmes cultivés est depuis longtemps reconnue. La productivité paradoxale des savanes naturelles sur des sols pauvres repose largement sur l'efficacité des systèmes conservatoires des minéraux (Myers *et al.*, 1994 ; Abbadié *et al.*, 1996). Ces systèmes permettent la reprise rapide des nutriments perdus par la végétation lors de la sénescence, qui sont ainsi rapidement soustraits aux « puits » biotiques (humification, mobilisation dans les tissus de la microflore et de la mésofaune du sol) et

abiotiques (lessivage, érosion, volatilisation). De tels systèmes sont détruits avec la mise en culture de la savane. La nécessité thermodynamique, pour le fonctionnement correct d'un sol, du flux énergétique engendré par la matière organique est, elle, généralement sous-estimée (Perry *et al.*, 1989 ; Lemieux, 1997). Ce flux énergétique entretient le métabolisme de la microflore et de la mésofaune du sol. Il maintient indirectement l'organisation spatio-fonctionnelle de ces différents groupes biologiques, qui conditionne très largement la fertilité physique et chimique des sols ferrugineux sableux (Chotte *et al.*, 1995). Le maintien de la production des systèmes cultureux passe par la stabilisation des flux énergétiques et minéraux. En l'absence d'intrants exogènes, les sources de ces flux doivent être organiques et leur bonne gestion est impérative. Il est important de bien distinguer deux conceptions de la matière organique, qui est à la fois moyen de production et bien de consommation. Ainsi, l'utilisation de la matière organique en tant que moyen de production (fertilité du sol, alimentation des animaux, frein à l'érosion) doit permettre d'augmenter sa disponibilité en tant que bien de consommation : biomasse des cultures commercialisable (grains et résidus), produits forestiers, animaux et productions non carnées.

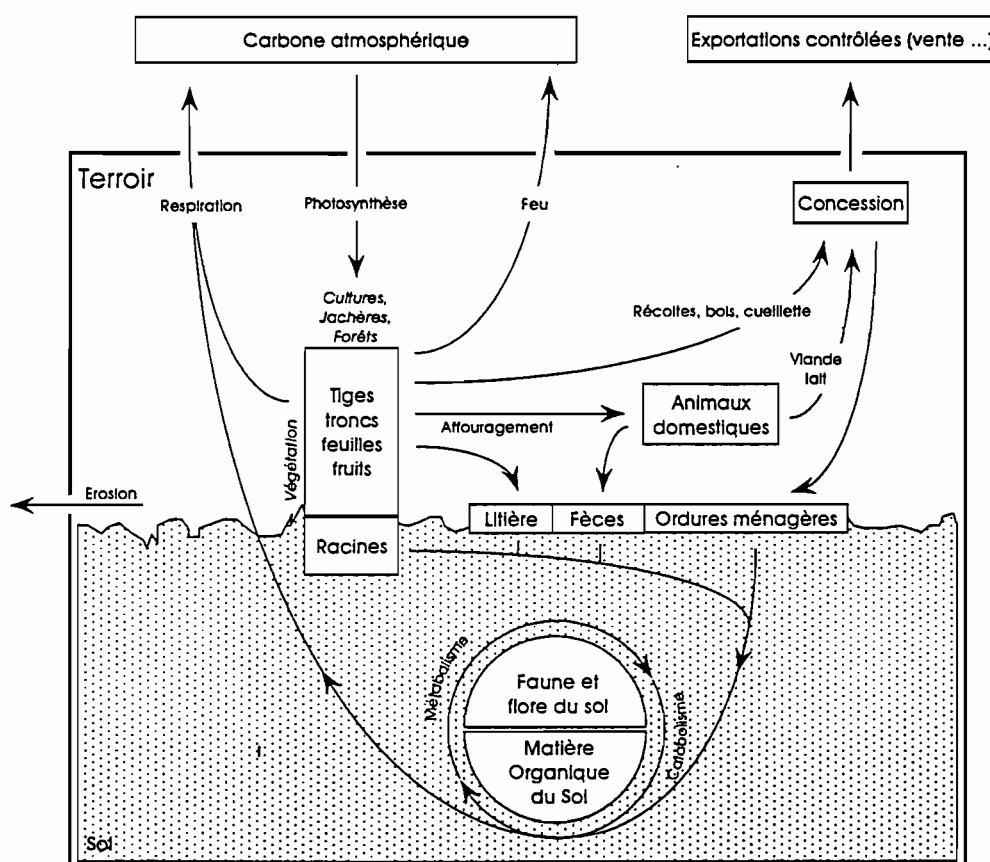


Figure 1. Représentation fonctionnelle de la dynamique du carbone à l'échelle du terroir

L'étude menée en Haute-Casamance sur un terroir agropastoral a pour objet de caractériser :

- certains stocks de matière organique en fin de saison des pluies,
- les flux de matière organique qui s'établissent depuis les différentes sources à l'échelle du temps et de l'espace.

La justification de cette approche repose sur l'hypothèse que l'intensité et les modes d'exploitation des ressources organiques déterminent le niveau et la durabilité de la production agricole d'un agrosystème.

En raison de la faiblesse des moyens de transport, de la présence de prédateurs et de la rareté des points d'eau, les terroirs d'Afrique subtropicale présentent une organisation spatiale concentrique décrite par Pélissier (1966), Lericollais (1993) et Fanchette (1996) au Sénégal, et Prudencio (1993) au Burkina Faso. Différentes auréoles se distinguent généralement selon que l'on s'éloigne du village (figure 2) : les champs de case permanents, les champs de brousse associés à des jachères courtes, les forêts et les jachères longues. Le troisième objectif de cette étude était la vérification de l'existence d'une structuration foncière capable de régir la localisation des stocks organiques et l'orientation des flux afférents.

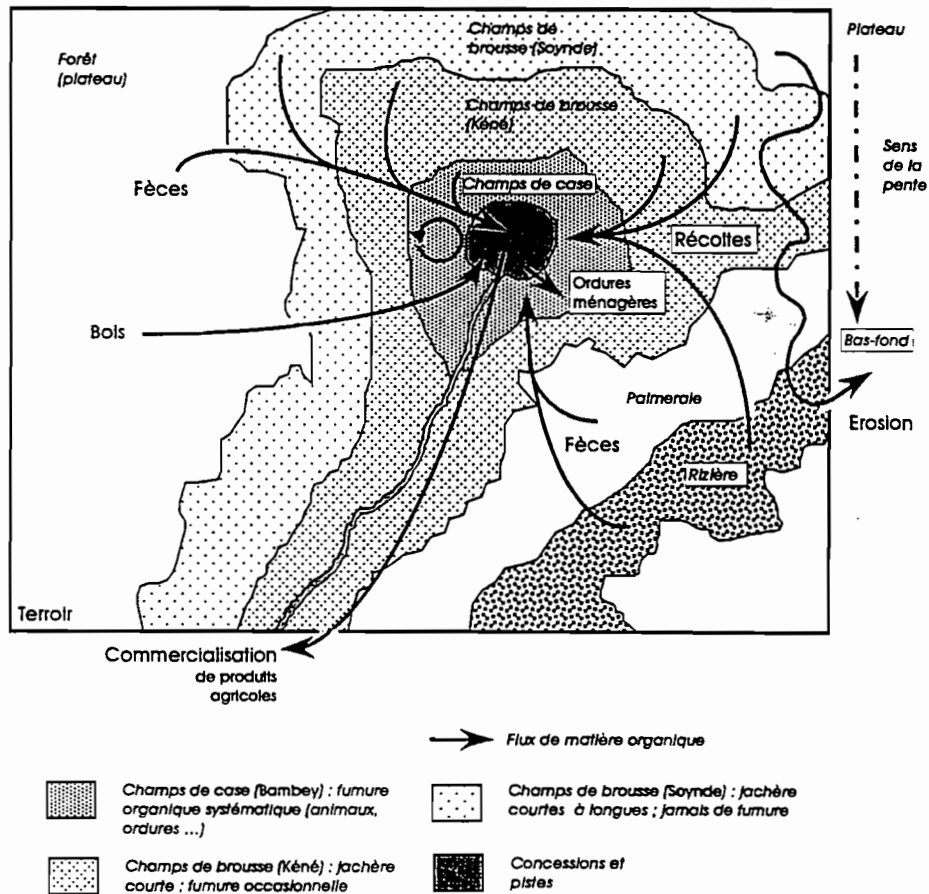


Figure 2. Organisation spatiale des transferts organiques sur le terroir

Matériel et méthodes

Présentation du milieu

Sare Yorobana, terroir de Haute-Casamance (12°49'N - 14°53'O), est situé en climat de type soudanien, tropical sec à saisons contrastées (pluviométrie annuelle moyenne sur les 20 dernières années : 1000 mm, répartis de mai à octobre). Le relief peu accusé permet de distinguer trois grandes unités agro-pédologiques (Anonyme, 1991a) : plateau à sol ferrugineux lessivé occupé par les forêts claires, les jachères et les cultures de brousse ; glacis à sol rouge à jaune sableux, sur lequel est en général installé le village et les cultures permanentes ; bas fond à sol

hydromorphe peu humifère, constitué d'une palmeraie et d'une rizière. Les vastes surfaces encore boisées du plateau donnent au paysage les apparences d'un front pionnier. L'activité est une agriculture diversifiée (céréales sèches et inondées, arachide) étroitement associée à un élevage extensif sédentaire. Ce terroir, Peul, n'est bien sûr représentatif que d'une partie des villages soudanais.

Approche parcellaire

Les données qui ont permis d'établir le bilan de matière organique ont été récoltées entre 1994 et 1996. Quatre parcelles de mil peu à bien fumées, six parcelles d'arachide et huit parcelles de jachères âgées de 2 à 30 ans, ont fait l'objet de mesures de biomasse aérienne (grains, pailles, adventices sur les cultures, biomasse ligneuse et herbacée et litière sur les jachères), de biomasse racinaire (par cylindres et blocs sur une profondeur de 40 cm), et de MOS. Ces mesures se sont faites lors du maximum de production végétale en fin de saison des pluies, sur quatre placeaux de 16 m² chacun par cultures et un transect de 20 m × 0,50 m en jachère. Kaïre (1996) a estimé les biomasses produites dans des jachères de différents âges. Cette estimation a été effectuée sur la base d'un inventaire dendrométrique sur une surface donnée. Des tarifs de biomasse préalablement établis ont permis d'estimer la phytomasse aérienne.

Approche terroir

Au niveau des exploitations et du terroir, un lever parcellaire a été réalisé sur la zone cultivée et les jachères, avec l'aide d'un théodolite, d'une boussole et d'un topofil. Pour chacune des parcelles répertoriées, des enquêtes ont permis d'estimer les productions de grains et de caractériser l'intensité de parcage bovin (produit nombre d'animaux par le nombre de jours parqués). A partir des relations établies entre les compartiments organiques à l'échelle parcellaire, nous avons pu estimer les productions de biomasse pour le mil et l'arachide. La même estimation a été faite sur l'espace des jachères en fonction de leur âge. Les effectifs bovins du terroir sont ceux comptabilisés par le Programme Alimentation du Bétail Tropical (ABT, ISRA/CIRAD-EMVT). Ce bilan est partiel. Il exclut : les cultures de maïs et de sorgho (environ 10% de la surface cultivée), les zones n'ayant pas été cultivées depuis plus de 17 ans, la rizière et la palmeraie, les souches de ligneux dans les jachères.

Résultats

Organisation spatiale du terroir

Le tableau 1 indique la distance moyenne des cultures aux concessions. Les céréales comme le mil et le maïs (cultures vivrières) sont à proximité du village, tandis qu'arachide et jachères sont rejetées en périphérie. Cette différenciation spatiale est liée avec le mode de gestion organique de la fertilité. Ainsi, la figure 3 illustre la complémentarité entre parcage animal et mise en jachère observée par les paysans. Les parcelles les plus fumées ne connaissent pas la jachère, tandis que les champs fréquemment laissés au repos bénéficient rarement du parcage des bovins en saison sèche.

Tableau 1. Distances moyennes des parcelles cultivées par type de culture (en mètres). Moyenne sur 18 exploitations

	Mil-maïs	Maïs	Mil	Sorgho	Arachide	Toutes cultures	Jachère
Moyenne	175	309	387	469	748	537	748
Ecart-type	152	140	170	245	263	146	288
C.V.	0.87	0.45	0.44	0.52	0.35	0.27	0.39

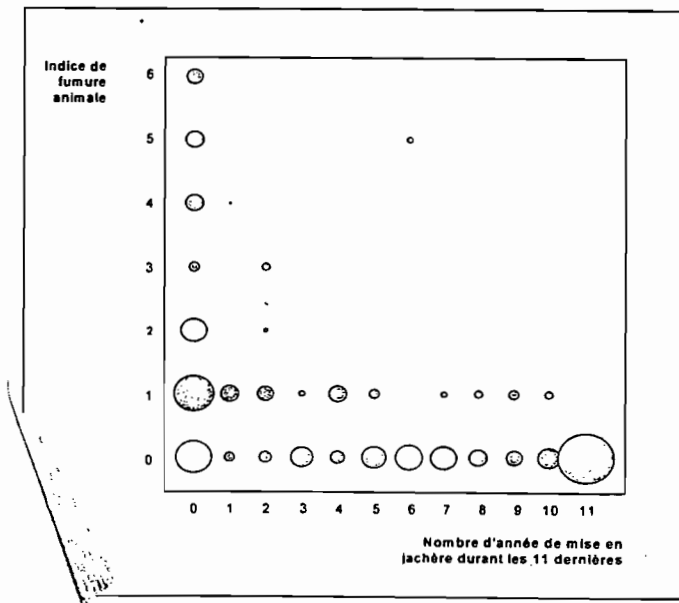


Figure 3. Complémentarité entre pratiques de jachère et de fumure animale. Les aires des cercles sont proportionnelles à la somme des aires des parcelles pour lesquelles on disposait d'une information fiable sur la durée de jachère et l'indice de fumure

Bilans organiques à l'échelle parcellaire

Les résultats obtenus sur les cultures de mil (champs de case) ont été synthétisés dans le tableau 2. La biomasse végétale produite représente entre 6,8 et 14,7 t.ha⁻¹ de matière sèche (MS) dont 70% venant des pailles et des adventices (de 5 à 10 t.ha⁻¹). Le parcage permet d'augmenter les rendements en grain (environ 30%) mais surtout de doubler ceux en résidus. Il affecte légèrement la biomasse racinaire. La production aérienne des adventices est également importante : 0,3 t.ha⁻¹ sur une parcelle non fumée et 1,3 t.ha⁻¹ sur parcelle fumée.

Tableau 2. Valeurs de quelques compartiments organiques sur champs de mil permanents (en tMS.ha⁻¹). Le stock de MOS est exprimé en tMO.ha⁻¹ et est obtenu à partir du stock de carbone du sol par application du coefficient 1,72

Compartiments		Champs permanents fumés	Champs permanents peu fumés
Racines (dia < 2 mm)		1,1	0,7-0,8
Racines (dia > 2 mm)	(souches)	0,0-4,0	0,0-4,0
Pailles et adventices		10,9-11,1	4,7-6,7
Grains		0,9-1,2	1,5-1,6
Fèces animaux	parcage	0,0 < < 7,0	0,0
	divagation	0,6	0,6
Matière organique du sol		34,7-36,3	32,3-37,7

Le tableau 3 indique les valeurs mesurées pour certains compartiments des cultures d'arachide et de jeunes jachères (champs de brousse). L'arachide produit relativement peu de biomasse : entre 3,4 et 7,1 t.ha⁻¹ dont 50% de pailles et d'adventices. La biomasse racinaire fine, de 0,6 à 0,7 t.ha⁻¹, est deux fois moins élevée que celle des jachères jeunes, qui de plus stockent environ 6 t.ha⁻¹ de racines plus épaisses d'origine ligneuse. Les jeunes jachères ont une biomasse aérienne d'environ 25 t.ha⁻¹. Le stock de carbone végétal est au total 5 à 10 fois plus élevé dans la jeune jachère que dans la parcelle d'arachide qui lui suit en rotation.

Le même tableau rassemble les estimations faites sur les stocks des jachères de durée moyenne (4 à 6 ans) et longues (plus de 6 ans). Les données de Kaïre (1996) utilisées rappellent la progression nette de la biomasse aérienne ligneuse dans les jachères. Il en est de même de la biomasse racinaire fine, qui augmente avec l'âge de jachère, passant de 1.5 à 3.5 t/ha, et avec les racines plus épaisses : augmentation de 5.7 à 18.9 t/ha en 30 ans. La biomasse herbacée varie de 6 à 9.5 t/ha dans les jachères de moins de 6 ans à moins de 2 t/ha dans les plus vieilles. Les stocks de carbone du sol ne semblent, eux, pas évoluer avec la mise en jachère.

Tableau 3. Valeurs de quelques compartiments organiques sur champs de brousse et jachères (en tMS.ha⁻¹). nd : non déterminé. Le stock de MOS est exprimé en tMO.ha⁻¹ et est obtenu à partir du stock de carbone du sol par application du coefficient 1,72

Compartiment	Diamètre (racines)(mm)	Champs de brousse		Jachère de		
		(arachide)		courte durée	moyenne durée	longue durée
Strate ligneuse		-		20,0	25,0-28,0	37,0-40,0
Strate herbacée		-		6,0	3,3-9,5	1,0-2,1
Grains		0,7-1,2		-	-	-
Racines de diamètre	0 à 2	0,4-0,8		1,5	1,5-2,5	3,1-4,5
Racines(grosses)	supérieur à 2	0,0-4,0		-	-	-
	2 à 10	-		0,7	1,0-4,5	2,9-5,7
	supérieur à 10	-		5	3,6-8,9	10,2-18,2
Litière		-		0,6	2,8-3,0	1,2-3,9
Résidus de culture		1,8-3,4		-	-	-
Fèces animaux		0,0-0,6		0,0-0,6	nd	nd
Matière organique du sol		30,8-38,2		35,1	44,8-45,8	34,8-41,4

Etat de la ressource en carbone au niveau terroir

Les parcelles de mil ont produit en 1996 un peu moins de 600 t de matière organique (13.6 t.ha⁻¹), sans tenir compte de la matière soustraite à la sole avant les récoltes (tableau 4). Les tiges et feuilles de mil ont contribué pour plus de 80% au bilan, suivi par les épis (8%, exportés du champ dès récolte), les racines (5%) et les adventices (4%). L'arachide a représenté, pour une superficie équivalente, un bilan beaucoup plus bas de près de 150 t. Cette différence est essentiellement liée aux performances de l'appareil aérien des cultures. Les fanes représentaient, à superficie équivalente, 10% du poids des tiges de mil, et 37% du carbone stocké sur la sole. Les adventices comptaient pour 27% du bilan, les gousses pour 18% et les racines 11%. Sur le mil, on peut estimer qu'à la récolte les exportations étaient de 48 t (8% du stock). Sur l'arachide elles étaient d'environ 70 t (gousses, tiges, 10% des feuilles et 20% des racines - proportions estimées), soit un retrait de 50% du stock en place. Au total, ce sont donc, par le mil et l'arachide, environ 120 t qui arrivent aux concessions grâce aux récoltes.

Tableau 4. Estimation des productions de biomasse des soles de mil et d'arachide en 1996. Moyennes calculées sur 18 concessions

	Stocks (en tMS)						Rendement grain (en tMS/ha)
	Epis	Grains	Pailles	Adventices	Racines	Total	
Mil							
Terroir	45	29	460	20	30	555	0.66
Moyenne	2.47	1.60	25.57	1.13	1.64	30.8	0.70
Ecart-type	1.37	0.89	14.17	0.63	0.95	17.1	0.18
Coeff. de var.	0.55	0.55	0.55	0.55	0.58	0.6	0.26
Arachide							
Terroir	25	18	52	38	26	141	0.41
Moyenne	1.38	1.00	2.88	2.12	1.50	7.8	0.33
Ecart-type	1.44	1.04	2.52	1.86	1.22	6.8	0.19
Coeff. de var.	1.04	1.04	0.87	0.88	0.82	0.9	0.58

Le bilan sur les parcelles de jachères de moins de 17 ans, qui représentent en 1996 100 ha, soit l'équivalent de la surface cultivée, est donné au tableau 5. On observe que près de 60% de la biomasse herbacée se trouve dans les jachères de moins de 3 ans. Ces jeunes jachères, parties intégrantes de l'aire de culture, stockaient 24% de la biomasse herbacée (mil, arachide et jeunes jachères), et 97% de la biomasse ligneuse (grands arbres des cultures exclus) de l'espace cultivé. Les jachères jeunes concentraient 19% de la biomasse ligneuse des jachères de moins de 17 ans, sur 30% de la superficie. Les jachères de plus de 6 ans renfermaient 78% de la biomasse ligneuse aérienne et 88% des racines. Les jachères stockent en moyenne 10 fois plus de biomasse que les cultures, cette différence étant surtout attribuable à la biomasse ligneuse aérienne.

Tableau 5. Estimation des stocks de matière organique dans les jachères par classe d'âge de jachère et par compartiment sur l'ensemble du terroir (à l'exclusion de la biomasse racinaire située sous 40 cm de profondeur, de la macrofaune du sol et de la MOS du sol) (en tMS.ha⁻¹)

Age de jachère	1-3 ans	4-6 ans	Plus de 6 ans	Total
Biomasse herbacée	210	10	140	360
Biomasse ligneuse	720	110	3130	3960
Litière	70	10	140	220
Racines	130	40	1150	1320
Total	1130	170	4560	5860

Utilisation de la ressource : exemple de l'articulation entre agriculture et élevage bovin

Un bilan agro-pastoral simplifié a pu être effectué sur le terroir de Sare Yorobana et est présenté au tableau 6. Si en première approximation on considère qu'une UBT consomme 2,3 t de MS par an et que toute la biomasse herbacée produite dans l'année est appétable (ce qui est sans doute loin d'être le cas) le stock herbacé produit permettrait de nourrir près de 240 UBT pour les cultures, et 155 dans les jachères, soit un total maximal de 395 UBT. Dans des hypothèses idéales, il semble que cette ressource ne suffise pas aux besoins du troupeau du terroir (454 UBT en mars 1996 ; source : ABT). En réalité toute cette production n'est pas disponible pour le troupeau bovin comme on le verra plus loin. Le tableau 6 fait l'hypothèse que la production de fèces est constante et établit le bilan de fumure théoriquement le meilleur (pas de dépôt de fèces en dehors des cultures). Dans des conditions idéales le troupeau suffit à peine à fumer correctement la superficie de mil et de maïs. Il y a cependant d'énormes disparités entre exploitations, certaines pouvant fumer 4 fois la surface de mil et de maïs cultivée par la concession, tandis que d'autres n'ont aucune source de fumure animale.

Tableau 6. Bilan agro-pastoral par concession. Les conventions suivantes ont été adoptées : 1 UBT = 250 kg de poids vif. Production journalière de fumier : 2.52 kgMS/UBT/jour (source : ABT). Apport annuel minimal de fèces nécessaire pour une culture de céréale (mil ou maïs) : 5t.ha⁻¹(de Ridder et van Keulen, 1990; Schleich, 1986)

Concession	Nombre d'UBT		Taux d'autosuffisance fourragère [(1)/(2) x 100]	Surface de mil (3)	UBT par ha de mil et/ou maïs	Fèces produits (en tMS/s. sèche)	Surface maximale fumable (4)	Taux d'autosuffisance de fumure bovine [(4)/(3) x 100]
	maximum supportables (1)	Disponible (2)						
1	27.4	77.0	36	6.7	11.6	40.8	8.2	122
2	17.2	98.6	17	3.4	29.3	52.2	10.4	310
3	11.1	65.3	17	1.5	43.1	34.6	6.9	456
4	4.1	0.7	572	0.6	1.1	0.4	0.1	12
5	11.8	4.7	250	2.7	1.8	2.5	0.5	19
6	26.2	46.5	56	6.2	7.5	24.6	4.9	79
7	13.7	32.8	42	2.6	12.5	17.3	3.5	132
8	12.7	6.5	196	2.4	2.7	3.4	0.7	28
9	3.9	5.6	70	0.9	5.9	3.0	0.6	63
10	15.2	4.4	348	3.9	1.1	2.3	0.5	12
11	8.7	4.6	189	1.5	3.1	2.4	0.5	33
12	9.6	0.0		2.7	0.0	0.0	0.0	0
13	17.8	42.4	42	2.8	15.1	22.4	4.5	160
14	12.1	18.8	64	1.9	9.9	10.0	2.0	105
15	15.0	4.4	345	3.1	1.4	2.3	0.5	15
16	1.7	6.9	24	0.0	0.0	3.7	0.7	
17	20.7	10.4	198	2.8	3.8	5.5	1.1	40
18	9.3	24.6	38	1.8	13.9	13.0	2.6	147
Terroir	238.2	454.2	52	47.4	9.6	240.4	48.1	101
Moyenne	13.2	25.2	147	2.63	9.63	13.35	2.67	102
Ecart-type	7.00	29.5	157	1.70	11.39	15.60	3.12	121
CV	0.53	1.17	1.07	0.64	1.18	1.17	1.17	1.18

Les termes du bilan organique du terroir sont récapitulés en figure 4. Ils servent de base à la discussion qui suit et dans laquelle sont précisées les sources ayant permis d'estimer les valeurs des stocks ou flux qui n'ont pu être mesurés sur le terrain.

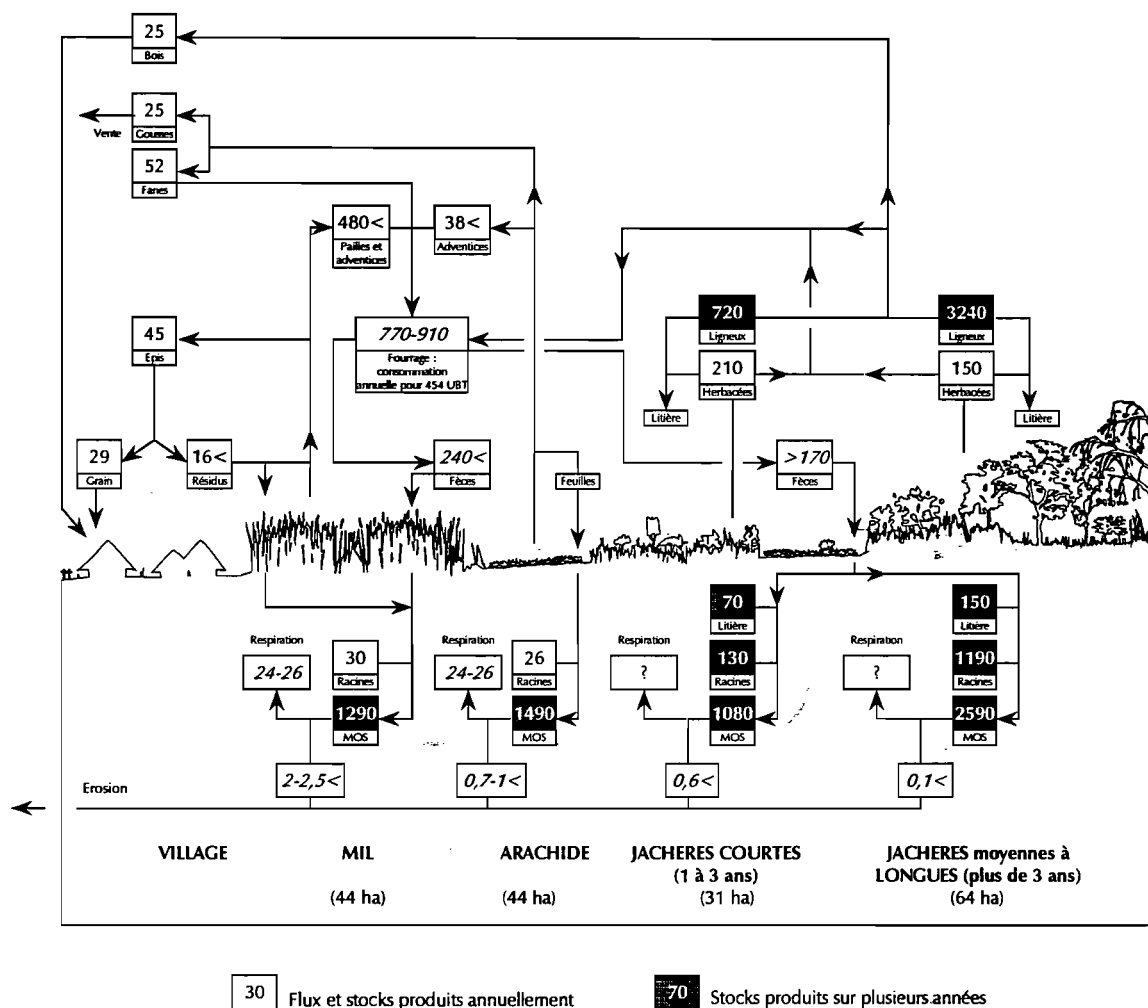


Figure 4. Bilan de carbone partiel à l'échelle du terroir : récapitulatif chiffré. Les chiffres en italiques sont des estimations effectuées à partir de sources bibliographiques.

Discussion

Constitution de la ressource organique

L'existence d'une spécialisation dans la gestion des terres (choix de la culture, mode de fertilisation) suivant leur distance au village permet d'établir une typologie des parcelles suivant trois ensembles concentriques autour du village.

L'auréole des champs de case

Principalement consacrés aux systèmes de productions vivrières, les champs de case bénéficient d'une gestion paysanne active de la fertilité, par la fumure animale aussi fréquemment que l'autorise l'effectif du troupeau, et par l'apport d'ordures ménagères. Cette attention de la part du paysan, et la proximité de ces cultures par rapport au village, sont liées au rôle de sécurisation alimentaire attribué aux champs de case. Une autre fonction organique de cette auréole céréalière est l'alimentation des animaux domestiques pendant la saison sèche. La

quantité de résidus laissés par les cultures est variable suivant les espèces. Berger (1996) estime ainsi qu'un hectare de maïs produit en moyenne une tonne de matière sèche de paille, contre 6 tonnes au sorgho.

Les entrées organiques pilotent le niveau et la durabilité de la productivité des champs de case. Elles sont ici nombreuses mais finalement assez endogènes à l'auréole. Les apports peuvent être directs :

- décomposition des racines des cultures. Chopart (1980) et Pieri (1989a) rapportent des stocks à la récolte de 0,3 t.ha⁻¹ pour le mil et le maïs, et de 1 t.ha⁻¹ pour le sorgho,
- incorporation des pailles par le piétinement des animaux et l'activité faunique du sol.

Les entrées peuvent aussi provenir des ordures ménagères (cuisines, constructions, ...) et des fèces des animaux. Ces derniers redistribuent la matière organique dans la zone cultivée. Cependant, dans la mesure où les bovins sont maintenus hors de l'espace agricole en saison des pluies et que la valeur fourragère des résidus de culture est supérieure à celle des parcours en saison sèche, les transferts de fertilité entre les parcours naturels et les cultures sont actuellement encore limités (Richard *et al.*, 1991). De plus, la disponibilité en fumure bovine est très variable entre concessions.

L'intensité du parage et au besoin l'utilisation d'engrais minéraux orientent le choix entre des cultures très exigeantes (maïs), moyennement exigeantes (mil) et peu exigeantes (sorgho) en matière de qualité du sol. La hiérarchisation des différents flux de matière organique en fonction de leur volume est malaisée. Par exemple, la quantification de la production racinaire est difficile et les mesures de stocks de fin de saison sèche n'en sont que des sous-estimations (Vogt *et al.*, 1996). Il en est de même pour la quantité de matière organique directement prélevée par la faune et la flore du sol sur les résidus. Les flux d'origine animale sont en revanche mieux connus et discutés plus loin. Ces flux sont les seuls vraiment maîtrisables par le paysan, dans cette auréole.

La ceinture des champs de brousse et des jachères jeunes

Les champs de brousse supportent en général des cultures de rente (arachide ou coton dans la région), en rotation avec des céréales (mil ou sorgho) sur les meilleures terres, avec une jachère courte sinon. La fumure animale est temporellement et spatialement limitée dans cette zone. Elle dépend du nombre des animaux et de leur conduite. En raison de la faiblesse quantitative ou qualitative de la ressource fourragère (les fanes d'arachides sont retirées, les feuilles de cotonniers sont toxiques), il peut s'agir d'un parage de fin de saison sèche, préparant par exemple une culture céréalière. En réalité, c'est surtout la pratique de la jachère qui assure le flux positif de matière organique au système des champs de brousse. Lors de la remise en culture, les restitutions organiques des parties aériennes au sol sont faibles, en raison de la fréquence des incendies et de la pratique du brûlis ; mais la constitution, par les racines ligneuses, d'un stock organique exploité progressivement par les cultures, explique sans doute largement la restauration de la fertilité. Herbacées et ligneux n'ont pas le même intérêt énergétique dans la reconstitution de la fertilité du sol, puisque les arbres dirigent vers le sol 70 à 80% de l'énergie lumineuse convertie, contre 10 à 20% chez les graminées (Lemieux, 1997).

Jachères longues et forêt

Cet ensemble, lorsqu'il existe encore, n'est pas totalement déconnecté de l'espace agricole. Cependant, la présence de jachères âgées ne reflète pas seulement des problèmes de fertilité des parcelles mais aussi des modifications des pratiques agricoles (Fanchette, 1996). Dans le contexte démographique dynamique de la région, ces espaces représentent la principale réserve foncière de terres valorisables par l'agriculture.

Il est indéniable que la défriche, tout comme les feux tardifs, constitue un gaspillage de la ressource organo-minérale accumulée en phase de jachère. La remise en culture s'accompagne en général du brûlis de la majorité de la biomasse aérienne, à l'exception du bois de chauffe ou d'œuvre, rapporté au village selon la disponibilité en combustibles naturels. Indépendamment des pertes minérales directes (azote et soufre) ou indirectes par lessivage et érosion pour le potassium, le magnésium et le sodium (Juo et Manu, 1996), le brûlis est aussi un gâchis énergétique soustrayant au système l'énergie des rameaux et des feuilles et dont on commence seulement à prouver l'intérêt pour la conservation des sols tropicaux (Aman *et al.*, 1996). Etant données les pratiques actuelles de remise en culture des jachères, c'est bien la biomasse racinaire qui assure l'essentiel des restitutions organiques et donc énergétiques à la culture suivante.

Les jachères jeunes ont une forte biomasse herbacée : 3,5 à 9 t.ha⁻¹.an⁻¹ au Burkina Faso (Fournier, 1996) ; 2 à 10 t.ha⁻¹ au Sénégal (Charreau et Nicou, 1971) ; 7 t.ha⁻¹ en savane arbustive plus humide (Lamotte et Bourlière, 1978). Les jachères plus anciennes développent leur strate ligneuse et, au bout d'une dizaine d'années n'ont plus qu'une biomasse herbacée de moins de 2 t.ha⁻¹. La valeur pastorale des vieilles friches et des forêts est médiocre : les ligneux des jachères interviennent peu dans le régime alimentaire des animaux en saison sèche (Delacharlerie, 1994), et la qualité et la quantité de biomasse herbacée y est faible.

Le bois est une ressource organique importante des jachères et des forêts. La production maximale (c'est à dire correspondant à des savanes gérées) est estimée à 2 ou 3 m³.ha⁻¹.an⁻¹ en zone soudanienne (Catinot, 1994). La productivité ligneuse des savanes naturelles non protégées n'a guère de sens tant sont nombreux les facteurs pouvant l'influencer : feu, pâturage, coupes sauvages.... Lamotte et Bourlière (1983) rapportent une productivité de 1.5 t.ha⁻¹.an⁻¹ dans un savane indienne. A titre indicatif, Kaïre (1996) a mesuré une biomasse ligneuse de 20 t.ha⁻¹ sur jachère non protégée de un an. Un stockage proche du maximum était atteint dès 10 ans avec 40 t.ha⁻¹, ce qui donne une production apparente annuelle moyenne de 4 t.ha⁻¹.

Aperçu des différentes utilisations de la ressource organique

Bien que les processus biophysiques pilotant la dynamique du carbone se perpétuent en saison sèche, l'essentiel de la ressource – et en particulier celle aisément gérable par l'homme, c'est à dire la biomasse aérienne – se constitue en saison des pluies. Elle est maximale en début de saison sèche. La ressource organique subit des transformations multiples, plus ou moins contrôlables.

Alimentation humaine

Il s'agit de la fonction prioritaire de la ressource dans les systèmes vivriers. L'homme constitue en fait un véritable puits à matière organique, car dans ces régions le recyclage des fèces humains est rarement pratiqué pour diverses raisons d'ordre non technique. Aucune étude n'existe à notre connaissance sur les valeurs de ces flux, mais il est évident qu'ils ne sont pas négligeables lorsque le nombre de bovins par habitant est faible.

Alimentation animale

Cette alimentation se fait habituellement sur parcours naturels (forêts, savanes, jachères et chaumes) en saison des pluies, et principalement sur les champs récoltés de la zone en saison sèche (Richard *et al.*, 1991). La prise de matière par animal est importante. Landais *et al.* (1993) l'estiment à 2,3 tMS.an⁻¹.UBT⁻¹ pour les bovins. Fernandez-Rivera *et al.* (1994) retiennent un niveau d'ingestion de 1,7 à 2 tMS.an⁻¹.UBT⁻¹, de 0,3 à 4 tMS.an⁻¹.UBT⁻¹ pour les moutons et de 0,3 tMS.an⁻¹.UBT⁻¹ pour les chèvres. L'ingestion et la digestibilité dépendent de la qualité du fourrage, de l'état physiologique de l'animal et du climat. C'est pourquoi les meilleurs gains de poids sont observés en fin de saison des pluies.

La production fécale des animaux a fait l'objet d'estimations variables. Fernandez-Rivera *et al.* (1994) l'estiment entre 0,79 et 0,93 t.an⁻¹ pour les bovins, 0,15 et 0,18 t/MSan⁻¹ pour les moutons et 0,2 à 0,4 t/MSan⁻¹ pour les chèvres. Berger (1996) retient le chiffre de 0,6 tMS.an⁻¹.UBT⁻¹. En saison sèche Ickowicz (comm. pers.) a pu mesurer sur le terroir une production de 2,5 kgMS.j⁻¹.UBT⁻¹. Il semble que pour une offre fourragère non limitante la production de bouses soit plus élevée en saison sèche qu'en saison des pluies.

Sur le terroir, la gestion individualiste actuelle de la fumure ne correspond pas forcément à un optimum pour le terroir, car le rendement sur mil ne répond pas linéairement à la fumure animale au delà de 5 t.ha⁻¹.an⁻¹ (Bationo et Mokwunye, 1991). Avec le système de la vaine pâture les gros propriétaires s'approprient une partie de la production végétale réalisée par les petits propriétaires. Ils valorisent cette production sous forme d'augmentation du cheptel et de la capacité à fumer leurs terres. Ainsi, l'inégalité des moyens de production et des richesses s'entretient d'elle même. Dans un espace encore assez ouvert comme celui de la région de Kolda, l'existence de la vaine pâture n'est pas une condition nécessaire à l'entretien des inégalités entre concessions, inégalités qui existent sans doute aussi entre villages. Tel n'est plus le cas lorsque la ressource en vient à se raréfier. Le maintien de gros troupeaux suppose alors plusieurs scénarios liés à l'évolution des rapports de force entre producteurs et utilisateurs de la ressource organique : développement de contrats de fumure, augmentation de la ressource fourragère, renvoi des troupeaux en dehors de l'espace villageois sans retour en saison sèche.

Le bois

La consommation annuelle de bois de chauffe pour une personne est estimée à 0,7 m³ en zone soudanienne (Sow, 1990) et à au moins 5 à 6 kg par foyer et par jour sur le terroir de Sare Yorobana (Kaïre, 1996). Pour l'ensemble du village, ceci correspondrait à une consommation annuelle de 25 t de MS, biomasse ligneuse stockée sur pied par un hectare de jachère âgé. A ces besoins il faudrait ajouter la consommation de bois pour la construction. Cette même construction fait aussi appel aux résidus de culture (palissades) et aux graminées sauvages (pailles de toiture).

Pertes non contrôlées

Dans la jachère, nous avons vu que le substrat carboné utilisé est sans doute surtout issu des exsudats racinaires et des racines mortes. En zone cultivée, il s'agit des racines de la culture et de la matière végétale non consommée, comme les pailles et des fèces des animaux. En raison du piétinement et de la souillure engendrée par le passage des bovins, une bonne partie des résidus n'est pas consommée par les animaux (Quilfen et Milleville, 1983). Toute cette biomasse est sans doute activement recyclée par les termites, du genre *Microtermes* en zone de culture, jusqu'en fin de saison sèche. A cette époque les paysans brûlent les résidus subsistants, qui gênent le travail de préparation du champ. L'effet de l'incorporation de ces différents types de matériaux organiques sur le statut organique du sol varie suivant leur nature chimique. Diouf (1990) constate que le simple parage n'entraîne pas d'augmentation du taux de MOS. Seul le fumier, mélange de bouses et de paille, semble l'améliorer (Pieri, 1989a ; Bacye, 1993). Ceci s'explique sans doute plus par un ralentissement de la cinétique de décomposition que par une augmentation de l'humification. En Gambie Peters *et al.* (1994) n'observent une augmentation du taux de matière organique que sur les champs attenants aux cases, qui bénéficient de la fumure animale et de l'adjonction des ordures ménagères d'origine végétale. En fait comme le rappellent Landais *et al.* (1992), le transit par le système digestif de l'animal diminue le rapport C/N du matériel végétal, et agit comme un accélérateur du cycle de la matière organique, en augmentant son aptitude à la décomposition.

L'humification, le transfert horizontal ou l'oxydation progressive sont les trois destins possibles du carbone organique qui échappe au brûlis. L'équilibre entre ces trois voies définit le taux de carbone du sol. Dans les sols sableux des Tropiques secs, l'intense respiration des micro-organismes et de la faune du sol maintient des stocks de carbone relativement faibles dans le sol. Cette respiration peut être estimée grâce à la mesure des flux de CO₂ issus du sol. Ainsi, Gupta (1981) a mesuré un flux de carbone engendré par la minéralisation entre 1,2 et 9,1 g.m⁻².j⁻¹ (soit 4.4 à 33.2 t.ha⁻¹.an⁻¹) sur une prairie indienne tropicale humide, tandis que Sanhueza (1994) ont trouvé un flux de 12 g.m⁻².j⁻¹ (43.8 t.ha⁻¹.an⁻¹) après un an de remise en culture d'une savane vénézuélienne. Sur parcelles cultivées en Afrique tropicale sèche, de Ridder et van Keulen (1990), et Berger (1996) retiennent une valeur approximative comprise entre 0.5 et 0.6 t.ha⁻¹.an⁻¹. Les éléments minéraux et l'énergie, produits de la décomposition et de la minéralisation des sources organiques seront récupérés à nouveau par les végétaux mais peuvent être immobilisés par la faune et la microflore du sol. Une partie est également perdue par lessivage en profondeur. Enfin, si elle ne constitue pas une perte d'éléments minéraux, la respiration du sol dissipe une partie de l'énergie.

L'érosion est un facteur potentiel de perte de matière organique. Sur des sols cultivés à texture grossière soumis à des précipitations violentes, les phénomènes d'érosion peuvent prendre une ampleur importante, même dans des paysages au relief peu marqué (Roose, 1983). Lors des enquêtes, l'exposition à l'érosion était d'ailleurs le principal critère utilisé par les paysans du terroir pour expliquer l'état de fertilité de leur parcelle. L'érosion dépend de la pluviométrie, de la pente, du type de sol, des pratiques culturales et du couvert végétal. Dans la proche station de Séfa (Moyenne Casamance) pour une pluviométrie annuelle comprise entre 1000 et 1200 mm, Roose (1967) a mesuré des pertes annuelles par érosion de l'ordre de 0,2 t.ha⁻¹ dans les forêts, entre 4,9 et 10.3 t.ha⁻¹ dans les jachères jeunes et les cultures. Il est fort probable que les apports minéraux et organiques venus des glacis et des plateaux assurent la fertilisation des terres lourdes de bas fond, qui supportent une culture de riz permanente et sans fumure. La façon dont s'organisent spatialement les flux de matière organique liés à l'érosion n'est cependant pas évidente. Les chiffres fournis précédemment ne font pas la part entre ce qui sort du terroir (c'est à dire en aval de la rizière) et ce qui est simplement déplacé mais retenu sur le terroir. En se fondant sur les taux de carbone mesurés sur le terroir, les volumes de carbone concernés par l'érosion ont été calculés pour les différents types de parcelles du terroir (tableau 7). Ces valeurs sont en fait relativement faibles par rapport aux stocks de carbone du sol situés dans les 10 premiers centimètres de sol. De plus, elles correspondent à des estimations maximales, puisqu'une partie des pertes est compensée par du carbone issu de parcelles sus-jacentes.

Tableau 7. Estimation des mouvements de carbone liés à l'érosion

Occupation	Forêt et jachère âgée	Jachère jeune	Arachide	Mil
Taux de carbone (0-10 cm) en ‰	4,5 - 5,8	4,2	3,4 - 4,8	4,5 - 5,6
Terre déplacée (t.ha ⁻¹ .an ⁻¹) *	0,2	4,9	5,1	10,3
Carbone déplacé (t.ha ⁻¹ .an ⁻¹)	0,001 - 0,002	0,02	0,017 - 0,025	0,046 - 0,058
Carbone déplacé sur le terroir (t.an ⁻¹)	0,06 - 0,12	0,6	0,74 - 1,09	2 - 2,5

* source : Roose (1967)

Dans les jachères pendant la saison sèche, dans les champs cultivés au moment de la préparation pour la culture suivante, les feux de brousse plus ou moins maîtrisés constituent également des pertes de matière organique à l'échelle du terroir. Kaïre (1996) estime les biomasses brûlées entre 7 et 8 t.ha⁻¹ pour les jeunes jachères, et entre 3 et 4 t.ha⁻¹ dans les vieilles jachères. La litière et la biomasse herbacée seront totalement détruites. Les pertes liées au feu sont essentiellement organiques, certains éléments minéraux étant restitués à travers les cendres. Les feux de brousses ont un impact insignifiant sur les stocks de matières organiques du sol (Masse *et al.*, 1997). Les pertes par le feu dépendent de la fréquence et la période précoce ou tardive du passage du feu ; la gestion de ces deux paramètres permet d'améliorer le bilan de biomasses végétales (Dembélé, 1996).

Conclusion

L'expansion de l'espace cultivé au détriment des forêts et des jachères est, avec les migrations temporaires ou définitives, une réponse des paysans africains confrontés actuellement à forte croissance démographique. De nombreux systèmes de production, en but depuis longtemps à la rareté de l'espace, se sont attachés à intensifier leur production en raisonnant l'utilisation de la matière organique non consommée par l'homme. Dans bien des cas l'augmentation de la pression démographique sur le milieu se traduit par une baisse de la disponibilité en matière organique, à travers un accaparement de l'espace par les cultures : régression de la jachère dans son extension spatiale et sa durée, diminution des surfaces boisées, vente des grains et des résidus des cultures de rente et maintenant vivrières (Lericollais et Milleville, 1993), péjoration inévitable du statut organique des sols après toute remise en culture (Siband, 1972 ; Jones et Wild, 1975 ; Juo *et al.*, 1995). L'évolution vers une raréfaction de la ressource, et donc, en l'absence de tout recours aux intrants, la remise en cause de la viabilité du système de production, ont conduit nombre d'auteurs à proposer une intensification agricole passant par une gestion plus rationnelle de la matière organique (Pieri, 1989b ; Pieri, 1990 ; César et Coulibaly, 1993 ; Dugué, 1993 ; Myers *et al.*, 1994).

A Sare Yorobana, l'approche des flux de matière organique à l'échelle d'une organisation spatiale supérieure à la parcelle montre que toutes les parcelles cultivées ne sont pas gérées de la même façon. Dans cette région, en dehors des zones de rizières attenantes à la plupart des villages, deux grands types de parcelles coexistent : les champs permanents et les champs de brousse.

La fertilité des sols des champs de brousse est déterminée par le recours à la jachère. Une augmentation des terres cultivées dans cette zone conduit à une perte de fertilité des sols, sans parler des implications sur les autres rôles des jachères. Les ligneux dans les jachères sont un élément clé de la reconstitution de la fertilité du sol. En raison des feux, ce sont surtout les racines qui contribuent à une bonne partie de la matière organique du sol. Celle-ci, par un transfert dans le temps, est restituée aux parcelles cultivées.

En revanche, à Sare Yorobana, la diminution des jachères n'implique pas une diminution de la fertilité des sols des champs permanents, pour lesquels les exportations sont essentiellement compensées par les animaux. Les parcages des bovins en saison sèche sont les plus efficaces pour la restitution de matière organique. La dégradation de la fertilité des champs permanents est liée à la diminution du nombre et du temps de présence des bovins pendant la saison sèche. Par manque de nourriture sur le terroir, certains villages sont obligés d'envoyer leur animaux beaucoup plus loin en saison sèche, diminuant les temps de parcages sur les parcelles cultivées. Pour y remédier, la gestion des disponibilités en fourrage est nécessaire : adoption de cultures fourragères, amélioration de la qualité fourragère des jachères pendant la saison sèche (introduction de ligneux à forte valeur pastorale par exemple), développement des parcs arborés dans les champs permanents, qui constituent souvent une source d'alimentation pour les animaux.

Les ligneux, assimilables à une fonction de transfert temporel de la matière organique, et les bovins, fonction de transfert spatial, sont deux pivots essentiels de la fertilité d'un terroir.

Références bibliographiques

- Abbadie L., Lepage M. et Menaut J.C., 1996 Paradoxes d'une savane africaine. Comment des sols pauvres entretiennent une végétation abondante. *La Recherche* 287, 36-38.
- Aman S., Depatie S., Furlan V. et Lemieux G., 1996 Effects of chopped twig wood (CTW) on maize growth and yields in the forest-savanna transition zone of Ivory Coast. *en voie de publication*.
- Anderson D.W., 1995 The role of nonliving organic matter in soils *Dans "Role of non living organic matter in the Earth's carbon cycle"* (R.G.Z.a.C. Sonntag, ed.), pp. 81-92. John Wiley & Sons Ltd.
- Anonyme, 1991a *Connaissance générale du milieu physique de la zone d'intervention du projet de foresterie rurale de Kolda*. République du Sénégal / Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique, Agence Canadienne de Développement International.
- Anonyme, 1991b *Mémento de l'Agronome*, 1635 p. Ministère de la Coopération et du Développement, Paris.
- Bacye B., 1993 *Influence des systèmes de culture sur l'évolution du statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes de la zone soudano-sahélienne (Province du Yatenga, Burkina Faso)*. Thèse de Doctorat, Université d'Aix Marseille III, 218 p. + ann.
- Bationo A. et Mokwunye U., 1991 Role of manures and crop residue in alleviating soil fertility constraints to crop production : with special reference to the Sahelian and Sudanian zones of West Africa *Dans "Alleviating soil fertility constraints to increased crop production in West Africa"* (U. Mokwunye, ed.), pp. 217-225. Kluwer Academic Pub.
- Berger M., 1996 Fumure organique : des techniques améliorées pour une agriculture durable. *Agriculture et Développement* 10, 37-46.
- Breman H. et Kessler J.J., 1995 *Woody plants in agro-ecosystems of semi-arid regions*, 340 p. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Catinot R., 1994 Aménager les savanes boisées africaines. *Bois et Forêts des Tropiques* 241, 53-69.
- César J. et Coulibaly Z., 1993, Conséquence de l'accroissement démographique sur la qualité de la jachère dans le Nord de la Côte d'Ivoire, C. Floret et G. Serpantié, Eds., *La jachère en Afrique de l'Ouest. Atelier International*, 2-5/12/1991, Montpellier, ORSTOM, p. 415-434.
- Charreau C. et Nicou R., 1971 L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques. *L'Agronomie Tropicale* 26 (5), 565-531.
- Chopart J.L., 1980 *Etude au champ des systèmes racinaires des principales cultures pluviales au Sénégal (arachide, mil, sorgho, riz pluvial)*. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 159 p.
- Chotte J.L., Blanchart E. et Lavelle P., 1995, Gestion durable des terres en milieu tropical. Régulation biologique des processus de décomposition de la matière organique, F. Ganry et B. Campbell, Eds., *Sustainable land management in African semi-arid and subhumid regions. Proceedings of the SCOPE Workshop*, 15-19 November 1993, Dakar, Senegal, CIRAD, p. 89-97.
- Crétenet M., 1995, Conception de systèmes de culture durables. Expérimentation et enquête dans l'étude de la fertilité des sols, F. Ganry et B. Campbell, Eds., *Sustainable land management in African semi-arid and subhumid regions. Proceedings of the SCOPE Workshop*, 15-19 November 1993, Dakar, Senegal, CIRAD, p. 131-139.
- de Ridder et van Keulen H., 1990 Some aspects of the role of organic matter in sustainable intensified arable farming systems in the West-African semi-arid-tropics (SAT). *Fertilizer Research* 26, 299-310.
- Delacharlerie P.F., 1994 *Contribution à l'étude de l'alimentation des bovins sur parcours naturel en Moyenne-Casamance (Sénégal) : composition botanique des régimes, rôle des fourrages ligneux. Première approche de la disponibilité fourragère ligneuse*. Mémoire de DESS, ENVA, Maison Alfort, 91 p.
- Dembélé F., 1996 *Influence du feu et du pâturage sur la végétation et la biodiversité dans les jachères en zone soudanienne nord du Mali. Cas des jeunes jachères du terroir de Missira (cercle de Kolokani)*. Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille II, Marseille, 181 p.
- Diouf M., 1990, Diagnostic agronomique en parcelles paysannes. Une méthode d'amélioration des systèmes de culture, M.d.I. Coopération, Ed., *Savanes d'Afrique, terres fertiles ?*, 10-14/12/1990, Montpellier, p. 123-143.
- Duchaufour P., 1988 *Pédologie*, 224 p. Masson, Paris.
- Dugué P., 1993, La gestion de la fertilité et l'utilisation des ressources naturelles dans les systèmes agropastoraux soudano-sahéliens, *Journée AGER : gestion de la fertilité*, 20 janvier 1993, Montpellier, CIRAD-SAR.
- Fanchette S., 1996 Le rôle des jachères au sein des systèmes de culture en Haute-Casamance *Dans "Raccourcissement du temps de jachère, biodiversité et développement durable en Afrique Centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali). Rapport scientifique 1996"*, pp. 12-23.

- Feller C., 1995 *La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1:1. Recherche de compartiments fonctionnels. Une approche granulométrique*. Thèse d'Etat, Université Louis Pasteur, 393 p. + ann.
- Fernandez E.C.M. et Sanchez P.A., 1990, The role of organic inputs and soil organic matter for nutrient cycling in tropical soils, *Organic matter management and tillage in humid and subhumid Africa*, Bangkok, Thailand, International Board for Soil Research and Management, p. 169-187.
- Fernandez-Rivera S., Williams T.O., Hiernaux P. et Powell J.M., 1994, Faecal excretion by ruminants and manure availability for crop production in semi-arid West-Africa, J.M. Powell, S. Fernandez-Rivera, T.O. Williams et C. Renard, Eds., *Livestock and sustainable nutrient cycling in mixed farming systems of sub-Saharan Africa. Proceedings of an International Conference, 22-26/11/93*, Addis Ababa, Ethiopia, ILCA (International Livestock Centre for Africa), Addis Ababa, Ethiopia, p. 149-169.
- Fournier A., 1996, Dans quelle mesure la production nette de matière végétale herbacée dans les jachères en savane soudanienne est-elle utilisable pour le pâturage ?, C. Floret, Ed., *La jachère, lieu de production*, 2-4/10/1996, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, p. 101-111.
- Gupta S.R. et Singh J.S., 1981 Soil respiration in a tropical grassland. *Soil Biology & Biochemistry* 13, 261-268.
- Jones M.J. et Wild A., 1975 *Soils of the West African savanna*, 246 p. Commonwealth Agricultural Bureaux, Harpenden.
- Juo A.S.R., Franzluebbers K., Dabiri A. et Ikhile B., 1995 Changes in soil properties during long-term fallow and continuous cultivation after forest clearing in Nigeria. *Agriculture Ecosystems and Environment* 56, 9-18.
- Juo A.S.R. et Manu A., 1996 Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture. *Agriculture Ecosystems & Environment* 58 (1), 49-60.
- Kaïre M., 1996, La production ligneuse des jachères et son utilisation par l'homme en zones soudano-sahélienne du Sénégal, C. Floret, Ed., *La jachère, lieu de production*, 2-4/10/1996, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, p. 1-17.
- Lal R. et Kang B.T., 1982, Management of organic matter in soils of the tropics and subtropics, ISSS, Ed., *Non-symbiotic nitrogen fixation and organic matter in the tropics. Transactions of the 12th International Congress of Soil Science*, 8-16/02/82, New Delhi, India, ISSS-AISSS-IBG.
- Lamotte M. et Bourlière F., 1978 *Problèmes d'écologie : structure et fonctionnement des écosystèmes terrestres*, 345 p. Masson, Paris.
- Lamotte M. et Bourlière F., 1983 Energy flow and nutrient cycling in tropical savannas *Dans "Tropical savannas"* (F. Bourlière, ed.), pp. 583-603. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
- Landais E. et Guérin H., 1992 Systèmes d'élevage et transferts de fertilité dans la zone des savanes africaines. I. La production des matières fertilisantes. *Cahiers Agricultures* 1, 225-238.
- Landais E. et Lhoste P., 1993 Systèmes d'élevage et transferts de fertilité dans la zone des savanes africaines. II. Les systèmes de gestion de la fumure animale et leur insertion dans les relations entre l'élevage et l'agriculture. *Cahiers Agricultures* 2, 9-25.
- Lemieux G., 1997 *Les fondements pédogénétiques des écosystèmes forestiers : une approche de la métastabilité par la biologie tellurienne* Rap. No. 71. GCBR, Université de Laval.
- Lericollais A. et Milleville P., 1993, La jachère dans les systèmes agropastoraux Sereer au Sénégal, C. Floret et G. Serpantié, Eds., *La jachère en Afrique de l'Ouest. Atelier International*, 2-5/12/1991, Montpellier, ORSTOM, p. 133-145.
- Masse D., Dembélé F., Le Floc'h E. et Yossi H., 1997, Impact de la gestion des feux de brousse sur la qualité des sols des jachères de courtes durées dans les régions soudanaises du Mali, *Gestion de la fertilité des sols dans les systèmes d'exploitation d'Afrique de l'Ouest*, Niamey, Niger, Universität Hohenheim, ICRISAT, INRAN, p. sous presse.
- Menaut J.C., Barbault R., Lavelle P. et Lepage M., 1985 African savannas : biological systems of humification and mineralization *Dans "Ecology and Management of the World's Savannas"* (J.C. Tothill et J.J. Mott, eds.), pp. 14-33. Australian Acad. Science, Canberra.
- Michels K., Sivakumar M.V.K. et Allison B.E., 1995a Wind erosion control using crop residue. I. Effects on soil flux and soil properties. *Field Crops Research* 40, 101-110.
- Michels K., Sivakumar M.V.K. et Allison B.E., 1995b Wind erosion control using crop residue. II. Effects on millet establishment and yields. *Field Crops Research* 40, 111-118.
- Morel R., 1989 *Les sols cultivés*, 373 p. Lavoisier, Paris.
- Moureau C., 1967 Influence de la température et de l'humidité sur les activités biologiques de quelques sols ouest-africains. *Cahiers ORSTOM, série Pédologie* 5 (4), 393-420.
- Mussy A. et Soutter M., 1991 *Physique du sol*, 335 p. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.

- Myers R.J.K., Palm C.A., Cuevas E., Gunatilleke I.U.N. et Brossard M., 1994 The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand Dans "The Biological Management of Tropical Soil Fertility" (P.L. Woomeer et M.J. Swift, eds.), pp. 81-116. Wiley-Sace Publication.
- Palm C.A., Swift M.J. et Woomeer P.L., 1996 Soil biological dynamics in slash-and-burn agriculture. *Agriculture Ecosystems & Environment* 58 (1), 61-74.
- Pélissier P., 1966 *Les paysans du Sénégal. Les civilisations agraires du Cayor à la Casamance*, 939 p., St Yrieix.
- Perry D.A., Amaranthus M.P., Borchers J.G., Borchers S.L. et Brainerd R.E., 1989 Bootstrapping in ecosystems. *Bioscience* 39 (4), 230-237.
- Peters J.B. et Schulte E.E., 1994 Soil test survey of the Gambia - an overview. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 25 (9-10), 1713-1733.
- Pichot J., 1975 Rôle de la matière organique dans la fertilité du sol. *L'Agronomie Tropicale* 30, 170-175.
- Pichot J., 1995, La fertilité des milieux tropicaux humides, J. Pichot, N. Sibelet et J.J. Lacoeyllhe, Eds., *Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides*, 13-17/11/95, Montpellier, CIRAD, p. 13-15.
- Pieri C., 1989a *Fertilité des terres de savanes*, 444 p. Ministère de la Coopération et CIRAD-IRAT, Paris.
- Pieri C., 1989b Les processus majeurs d'évolution de la fertilité. Les termes et l'évolution du bilan organique des sols cultivés Dans "Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara", pp. 277-336. Ministère de la Coopération, Paris.
- Pieri C., 1990, Les bases agronomiques de l'amélioration et du maintien de la fertilité des terres de savanes au sud du Sahara, *Savanes d'Afrique, terres fertiles ? Rencontres Internationales.*, 10-14/12/1990, Montpellier, CIRAD - Ministère de la Coopération et du Développement, Paris, p. 43-73.
- Prudencio C.Y., 1993 Ring management of soils and crops in the west African semi-arid tropics - the case of the Mossi farming system in Burkina Faso. *Agriculture Ecosystems & Environment* 47, 237-264.
- Quilfen J.P. et Milleville P., 1983 Résidus de culture et fumure animale. Un aspect des relations agriculture-élevage dans le Nord de la Haute-Volta. *L'Agronomie Tropicale* 38 (3), 206-212.
- Richard D., Ahopke B., Blanfort V. et Pouye B., 1991, Utilisation des zones agricoles et pastorales par les ruminants en zone soudanienne (Moyenne Casamance, Sénégal), A. Gaston, M. Kernick et H.N. Le Houérou, Eds., *Actes du Quatrième Congrès International des Terres de Parcours*, 22-26/04/91, Montpellier, CIRAD, p. 754-756.
- Roose E., 1967 Dix années de mesure de l'érosion et du ruissellement au Sénégal. *L'Agronomie Tropicale* 22 (2), 123-152.
- Roose E., 1983 Ruissellement et érosion avant et après défrichement en fonction du type de culture en Afrique Occidentale. *Cahiers ORSTOM, série Pédologie* 20 (4), 327-339.
- Sanhueza E. et Santana M., 1994 CO₂ emissions from tropical savannah soil under first year of cultivation. *Interciencia* 19 (1), 20-23.
- Siband P., 1972 Etude de l'évolution des sols sous culture traditionnelle en Haute-Casamance. Principaux résultats. *L'Agronomie Tropicale* 27 (5), 574-591.
- Sow H., 1990 *Le bois-énergie au Sahel*, 176 p. ACCT-CTA-Karthala, Paris.
- Swift M.J. et Woomeer P., 1993, Organic matter and the sustainability of agricultural systems : definition and measurement, K. Mulongoy et R. Merckx, Eds., *Organic matter and the sustainability of agricultural systems : definition and measurement. Proceedings of an International Symposium*, 4-6/11/91, Leuven, Belgium, John Wiley & Sons, p. 3-18.
- van Wambeke A., 1991 *Soils of the tropics. Properties and appraisal*, 343 p. McGraw-Hill, Inc., New-York.
- Vogt K.A., Vogt D.J., Palmiotto P.A., Boon P., Ohara J. et Asbjornsen H., 1996 Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, climatic forest type and species. *Plant and Soil* 187 (2), 159-219.

Etats physico-chimiques des sols cultivables en zone cotonnière du Burkina Faso.

Effets de l'histoire culturale et du type de milieu.

B. OUATTARA¹, G. SERPANTIE², K. OUATTARA¹, V. HIEN¹, T. LOMPO¹, A. BILGO¹

1. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 03 BP 7192 Ouagadougou 03, Burkina Faso

2. Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM),
BP 171, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

Résumé

Pour appréhender les effets cumulatifs des cultures sur l'état des sols arables d'une région de savane soudanienne, une étude comparative synchronique a été conduite dans les terroirs de la région de Bondoukui, au Burkina Faso. Située au coeur de la zone cotonnière, cette région offre une grande diversité de paysages agricoles. Un plateau sableux et une plaine limono-argileuse sont occupés par des parcours et des zones de cultures permanentes ou itinérantes. Sur 110 parcelles, une enquête est menée sur l'histoire culturale et les paramètres courants de l'horizon 0-20cm (porosité globale, teneur en matière organique M.O., pH...) sont mesurés. On évalue des paramètres complémentaires (stabilité de structure, infiltrabilité...) sur un sous-échantillon. Ces indicateurs de fertilité conviennent aux systèmes de culture à intensification intermédiaire. L'influence importante des colloïdes minéraux sur les équilibres organiques et sur la structure impose l'utilisation d'une covariable "teneurs en éléments fins" dans la plupart des comparaisons. Ce diagnostic montre d'abord que les variations dues aux types de sols et à la physionomie des jachères longues antérieures (forêt dense ou savane arborée) peuvent masquer les effets cumulatifs des pratiques culturales. En groupant les situations de même type, on parvient à estimer à 40% la baisse maximale du statut organique des sols, due aux cultures de très longue durée sans restitution, en comparaison du niveau d'équilibre observé en culture itinérante. Dans les systèmes cycliques comportant une jachère de plus de 5 ans, le statut organique du sol en fin de jachère est généralement meilleur qu'en culture permanente, mais dans certains cas aussi mauvais. Ce phénomène est dû à la forte pression de prélèvement et à l'appauvrissement chimique des terres, qui ne permettent pas toujours à la jachère de jouer, pleinement, son rôle de restauration de la teneur organique. Mais la culture permanente ne conduit pas non plus systématiquement à dégrader le statut organique. La baisse de teneur en M.O. a surtout des répercussions sur les composantes chimiques et biologiques de la fertilité. En revanche, certains paramètres de la fertilité physique, comme la stabilité de structure, apparaissent d'abord liés à la teneur en colloïdes minéraux et à l'état d'occupation du milieu (jachère ou culture) qui conditionnent le type et l'organisation de la M.O. dans le sol et non à la teneur moyenne en matière organique.

Mots-clé : sols ferrugineux - fertilité - jachère - système de culture - savane - coton - matière organique.

Physical and chemical states of arable soils in Burkina cotton zone. Effects of cropping histories on various soils.

Abstract

To apprehend better the overall cumulative effects of the bio-climatic environment and its uses (wood collect, bush fire, pasture) on the state of arable soils in a sudanian savanna, a synchronic comparative study has been carried out in Bondoukui (Burkina Faso). Located in the cotton zone, this area offers a great agricultural landscape variety, including in particular a sandy plateau and a plain rich in clay and silt locally crossed by permanent or shift fields and pasture land. Investigation works have therefore been achieved following fallowlands and cultivated fields typology according to their remote history ("cropping series"), their previous cropping system, and their present land-use pattern.

By using extensive inquiry about 110 plots, the assessment of post-cultural dynamics and cultivated soils fertility have been focused on the characterization of soils structural states and their chemical and hydrodynamic patterns. Among a subsample you assess complementary parameters (structure stability, infiltrability). These fertility indicators are appropriate for a first sorting out in the context of cultivation systems with intermediate intensification.

The great influence of mineral colloids on soil status and structure obliges to the use of a co-variable "content of fine elements" for most of the comparisons. This diagnosis shows first that the variations dues to the types of soils and original ecosystems hide the cumulative effects of the cropping systems. By gathering similar situations you manage to assess to 40% the maximum decrease in soils organic status owing to long lasting cropping without restitution compared with savanna lands resulting from shifting cultivation.

In some cyclic systems (including even an at least five-year-long fallow) the end of fallow soil organic status is not superior to that of permanent cropping. This phenomenon is due both to the high pressures put on fallow land and soils degrading, which do not allow them to reveal entirely their potentials. Permanent cultivation does not necessary lead to degraded soils either. Decrease in organic matter related to clay rate has mainly effects on chemical and biological component of fertility. In return some physical fertility parameters, such as aggregation stability, are firstly linked to content in mineral colloids and the previous state of occupation (fallow or crop) conditioning type and organisation of organic matter in the soil.

Key words: ferruginous soils fertility – fallow - cropping system – savannas – cotton - organic matter.

Introduction

Les systèmes cycliques culture-jachère sont répandus en milieu tropical et particulièrement en Afrique de l'Ouest des savanes (Ruthenberg, 1980 ; Floret *et al.*, 1993). La jachère y est créditée de multiples avantages, en particulier celui de restaurer certaines composantes de la fertilité du sol après une culture temporaire (Morel & Quantin, 1964). Les recherches sur ces effets sont loin d'être achevées, et surtout nuancées en fonction des situations. Ainsi, de récentes études menées par l'INERA ont confirmé le rôle de la jachère de longue durée sur la régénération de nombreuses composantes de la fertilité physique et chimique (Sédogo, 1993 ; Ouattara, 1994). Mais, contrairement à ce qui est admis (Nye & Greenland, 1964; Morel & Quantin, *op.cit.* ; Godefroy & Jacquin, 1975 ; Bayer, 1984 ; Piéri, 1989) l'influence de la jachère sur la porosité structurale des sols ferrugineux tropicaux n'y a pas été clairement mise en évidence. Nous nous proposons de poursuivre ici les investigations sur les effets de la jachère sur le sol, mais cette fois dans un contexte régional de savane soudanienne cotonnière, pour prendre en compte tous ses facteurs propres. D'autres questions s'ajoutent à cette recherche sur les effets des jachères. Car les systèmes de culture et de production ne cessent d'évoluer : développement des cultures commerciales et de l'élevage sédentaire, mécanisation et utilisation d'intrants, allongement des périodes culturales, raccourcissement des jachères. Ces nouveaux systèmes sont-ils durables ? La jachère leur est-elle toujours nécessaire ? Quels effets cumulatifs produisent-ils sur le milieu ? Plusieurs études exposent les risques graves que les systèmes de cultures actuels font encourir au capital foncier et à la fertilité (Van der Pol, 1991; Taonda *et al.*, 1995).

Mais qu'est-ce, au juste, que la fertilité, ce mot issu du langage courant, qui se rapporte autant à des perceptions sociales que techniques? Si l'on s'en tient à une lecture agronomique, la fertilité ou "aptitude à produire d'un milieu" renvoie à des potentialités diverses (Sebillotte, 1993). Les échelles de fertilité varient donc selon les modes de mise en valeur. Il n'y a pas de fertilité absolue. On jugera ainsi l'état d'un milieu (climat, terrain, êtres vivants) sur ses aptitudes vis-à-vis du système de culture choisi. Vue sous cet angle, la fertilité ne saurait s'identifier ni à un paramètre du sol unique, ni à une simple combinaison de paramètres, ceux-ci interagissant entre eux, avec le climat et le système de culture choisi. Elle recouvre les fonctions que le milieu doit remplir, les rendements potentiels (de la terre, des intrants, du travail), les contraintes encourues dans le processus de production (risques, conditions et difficultés techniques), enfin les coûts d'exploitation potentiels. Mais pour trier *a priori* des terrains soumis à un même environnement bio-climatique et à un type de système de culture (ici un système de culture moyennement intensif des savanes soudanaises), on peut néanmoins commencer par se baser sur les composantes chimiques et physiques de la fertilité, conventionnellement admises pour ce cas précis.

Pour connaître les effets cumulatifs des systèmes de culture sur leur milieu, il convient de connaître un état initial et un état final. Les effets cumulatifs sont par définition peu perceptibles à très court terme, mais il existe des méthodes pour les estimer (bilans organiques, bilans minéraux, suivis diachroniques). Elles restent délicates à mettre en oeuvre ailleurs qu'en milieu contrôlé, où les conditions générales et les systèmes de culture diffèrent bien souvent du contexte agricole réel. Nous pouvons comparer les différents états actuels par une étude synchronique de parcelles en culture ou l'ayant été, dans un contexte régional de production donné. Il faudra alors les relier à des références écologiques et aux différents systèmes de cultures passés. Dans un second temps, on évaluera par des tests et enquêtes agronomiques l'impact de ces états hérités sur les résultats des systèmes de culture actuels.

Notre propos n'est pas d'établir des cartes d'aptitude, dans la mesure où nous nous intéressons à l'agriculture telle qu'elle se pratique. L'existence d'un champ signifie que le couple sol-système de culture y est suffisamment efficace dans son contexte socio-économique. Mais ce couple est-il améliorable et surtout durable ? Ce sont bien les questions qui sont posées actuellement aux agronomes. Pour maîtriser durablement une production, le choix existera entre maîtriser le milieu ou adapter progressivement le système de culture à son évolution.

Nous présentons ici la première partie de cette enquête sur la fertilité, qui a consisté à explorer la variabilité de critères de fertilité *a priori*, valables pour les systèmes de culture de moyenne intensification, tels qu'ils sont actuellement, dans une petite région représentative de la zone des savanes cotonnières.

Matériel et méthodes

Cadre de l'étude

La région de Bondoukui, site choisi pour cette étude, est située en limite Nord du secteur climatique sud-soudanien. La pluviosité moyenne annuelle est de 900 mm. Les sols cultivés sont principalement du type ferrugineux tropical lessivé, généralement épais d'au moins 1 mètre, et fréquemment hydromorphes vers 50 cm. Ces sols sont caractérisés par une structure faiblement développée. Deux grandes unités morpho-pédologiques ont été concernées par l'enquête :

- le "plateau", glacis structural sur grès grossiers, présente des sols ayant une texture généralement sableuse dans les horizons de surface, avec, en profondeur, hydromorphie dans les bas de pente et rubéfaction sur les parties convexes ou en situation de piémont (sols ferrallitiques). Des affleurements rocheux et indurations ferrugineuses à faible profondeur se rencontrent sur la moitié de l'espace du plateau rendant ces parties incultivables.
- le "bas-glacis", domaine le plus cultivé, est une plaine proche du fleuve Mouhoun, sur la série de grès "schisto-dolomitiques". Les sols qui y sont développés sont hydromorphes avec des textures grossières sur les pentes, limono-sableuses en plaine, limono-argileuses dans les bas-fonds.
- Ces deux unités sont séparées par une transition de cuirasses étendues et de vallées étroites.

Dans cette région, représentative de la zone soudanienne cotonnière, la pression foncière faible au départ s'est accentuée dans les années 1970 sous le double effet des migrations et du développement de l'agriculture: pratique de cultures commerciales, développement de la culture attelée, et développement de l'élevage. La durée des cultures s'y accroît, celle des jachères diminue, et les prélèvements augmentent. Il est aussi observé une évolution de la physionomie végétale des jachères : plus de ligneux dans certains cas, mais dans d'autres, il se produit un retard de la colonisation des graminées pérennes (Devineau & Fournier, 1997).

Typologie des situations culturelles

Avec les sols des deux unités morphopédologiques, nous disposons d'une gamme texturale étendue à croiser avec une typologie d'histoires culturelles. Pour croiser les états actuels du sol avec les facteurs historiques, il convient de retenir une échelle de temps adéquate. En effet certains paramètres du sol sont sensibles aux changements rapides de l'état d'occupation (états de surface, stabilité de structure par exemple), d'autres sont doués d'une relative inertie (stock de M.O., pH). Dans ce but, il faut prendre en compte différentes échelles de temps : état actuel, passé immédiat, temps long. Au cours de l'histoire, se succèdent non seulement des pratiques culturelles, mais aussi des pratiques d'exploitation en pâturage, feux et prélèvements. Pour le temps long, nous définissons des *séries agro-écologiques*, comme des successions particulières de phases culturelles et de jachères. Pour le passé immédiat, nous décrivons le systèmes de culture, comme les successions et techniques culturelles observées pendant les périodes de culture (Kissou, 1994 ; Serpantié & Douanio, en prép.). A Bondoukui, hors du voisinage immédiat des villages, trois principales séries agro-écologiques ont été recensées :

A. La culture itinérante, 5 ans de culture tous les trente à quarante ans. Les états actuels concernés sont les jachères d'au moins 30 ans (ou *duiré* en langue *bwa*) après 5 ans de culture, et les cultures de moins de 5 ans sur défriche de *duiré* d'au moins 30 ans. La physionomie des *duirés* est variée, suivant la richesse chimique, l'humidité et le régime des feux de la station : forêt dense (sans tapis graminéen) ou savanes arborées pâturées et brûlées. La durée des cultures dépassant maintenant systématiquement dix ans, on ne trouve plus l'état "jeune jachère" en culture itinérante.

B. Les cultures permanentes depuis au moins 5 ans. Il s'agit de la persistance de culture d'une défriche de *duiré*, exploitation qui peut atteindre dans certains cas, 30 ans. Ici c'est l'âge du champ qui est le paramètre d'état (6-10, 11-15, > 15 ans). Des jachères à herbacées annuelles de moins de 4 ans peuvent s'intercaler dans la culture permanente.

C. Les cultures cycliques. A partir d'une défriche de *duiré* (dans les années 1960), suit la mise en place d'un système culture-jachère plus ou moins régulier (5 à 10 ans de culture, 5 à 20 ans de jachère de type savane arbustive). Les états à prendre en compte sont l'état "fin de jachère-début de culture" et "fin de culture-début de jachère", mais aussi le nombre de cycles depuis la défriche de *duiré*. Notons que le système de culture adopté a souvent varié depuis la défriche initiale.

Les principaux systèmes de culture récents et actuels sont moyennement intensifs : rotations céréalières non fertilisées mais labourées manuellement ou en traction animale une année sur deux, maïs continu fumé, et rotations de deux ou trois ans à base de cotonnier et céréales, fertilisées partiellement, cultivées en traction animale ou motorisée, labourées plus ou moins fréquemment. Mais, en raison du dépouillement des données inachevé en ce qui concerne les régimes de travail du sol et de restitutions, cet article ne prendra en compte la variété des systèmes de culture qu'au travers du régime de fumure organique (avec ou sans).

Plan d'échantillonnage

L'échelle parcelle a été retenue. Une parcelle se définit pour les jachères par une unité spatiale physiologiquement et historiquement homogène, et pour les champs par une unité spatiale homogène dans son utilisation actuelle et passée.

Deux approches complémentaires ont été associées :

- la première, exploratoire et descriptive, vise à identifier statistiquement les domaines de variation des paramètres retenus et en hiérarchiser les facteurs explicatifs. Afin d'identifier suffisamment de facteurs de variation, 110 parcelles ont été choisies sur un transect partant du "plateau" vers le "bas-glacis", lorsque l'enquête sur l'histoire était possible. Le choix des parcelles a été guidé par un certain nombre de paramètres *a priori* : le sol (ferrugineux ou ferrallitique), la texture, la série culturale, le système de culture et l'état présent, la physiologie de la jachère longue précédente ;
- la seconde, analytique, basée sur des situations représentatives de la typologie obtenue, porte sur une caractérisation affinée au moyen des paramètres complémentaires.

Méthode de prélèvement des terres

A cause du coût d'analyse de multiples échantillons, il a été choisi, malgré ses limites bien connues, la technique de l'échantillon unique composite de 6 à 8 prises au hasard par cheminement, sur deux profondeurs : 0-10 cm et 10-20 cm, en saison sèche. Afin de mieux rendre compte de la couche de sol utile aux plantes d'une part, de mieux comparer les sols sous culture et sous végétation d'autre part, les deux horizons de prélèvement ont été intégrés en un seul représentant l'horizon 0-20 cm.

L'incertitude d'une telle mesure a été estimée en appliquant ce protocole 5 fois de suite sur quelques parcelles. Pour le C et le N, le coefficient de variation obtenu vaut moins de 10%. L'intervalle de confiance à 5% de risque vaut donc 0,05% pour C et 0,05% pour N. Pour le pH, le coefficient de variation vaut de 1 à 4%, soit une incertitude de 0,2 points de pH. Il s'agit donc bien d'une approche grossière, exploratoire, misant sur le nombre et les contrastes.

Mesure des paramètres physico-chimiques

Les paramètres du sol conventionnels de la fertilité en condition d'intensification moyenne, les plus accessibles, sont : la texture, la teneur en matière organique, le pH, le complexe absorbant, la porosité globale, la stabilité de structure. Ces paramètres sont évalués sur l'ensemble des parcelles. Des caractères complémentaires tels que l'infiltrabilité, les caractères du système poral, les équilibres minéraux, l'aptitude à la minéralisation et la biologie du sol permettront d'affiner ultérieurement l'analyse, sur un sous-échantillon. Les déterminations sont celles qui sont couramment effectuées en laboratoire des sols : charge grossière, granulométrie 5 fractions, matière organique (C tot., N tot.), complexe absorbant (méthode au cobaltihexamine), pH eau et KCl, P total et assimilable (Olsen-Dabin). La densité apparente (D_a) a été déterminée *in situ*, au cylindre de 150 cm³. La densité réelle (D_r) est obtenue au pycnomètre. Les tests de perméabilité à l'eau ont été réalisés avec l'infiltromètre à membrane, à succion contrôlée, sous les pressions de (-10 mm) et (-100 mm). Pour déterminer la stabilité structurale, on a mesuré le taux d'agrégats stables supérieurs à 200 microns, après tamisage standardisé dans l'eau, selon une technique adaptée aux sols à kaolinite et ne faisant pas appel à des prétraitements (Bloin *et al.*, 1990).

Résultats

Le statut organique

La teneur en matière organique (estimée par la teneur en C) est considérée généralement comme le premier témoin de l'évolution des sols au cours de la mise en culture d'un milieu forestier, et comme le pivot de la

fertilité physico-chimique. Elle est significativement corrélée à la teneur en éléments fins (fig.1) en concordance avec les résultats de Piéri (*op. cit.*) et Feller *et al.* (1993). La régression linéaire est de qualité comparable avec la variable Argile ($r^2=0,51$) et avec A+Lf ($r^2=0,50$). Néanmoins dans le domaine des sols sableux, c'est la variable A+Lf qui donne le meilleur résultat. Ceci imposera de conserver le taux d'éléments fins comme co-variable ou de rechercher les autres facteurs de variation par classes texturales étroites. Notons que les droites de régression ne passent pas par zéro.

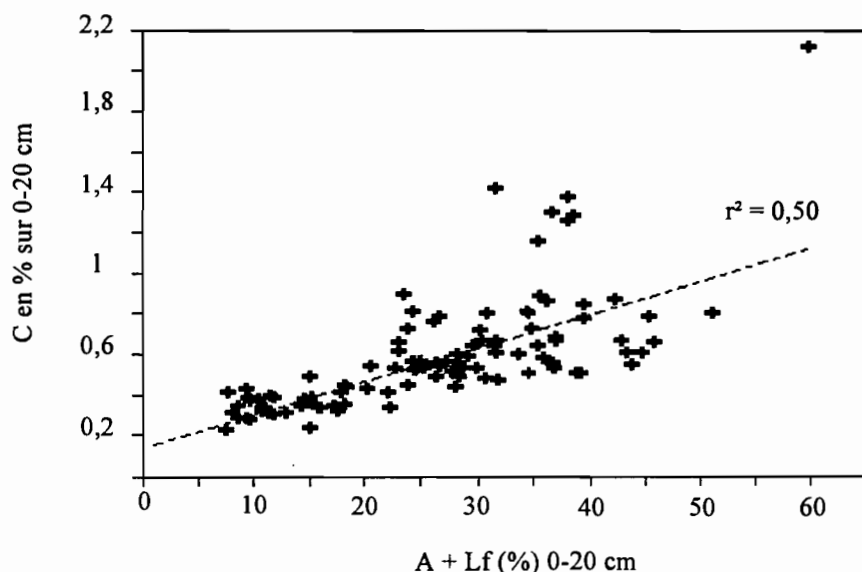
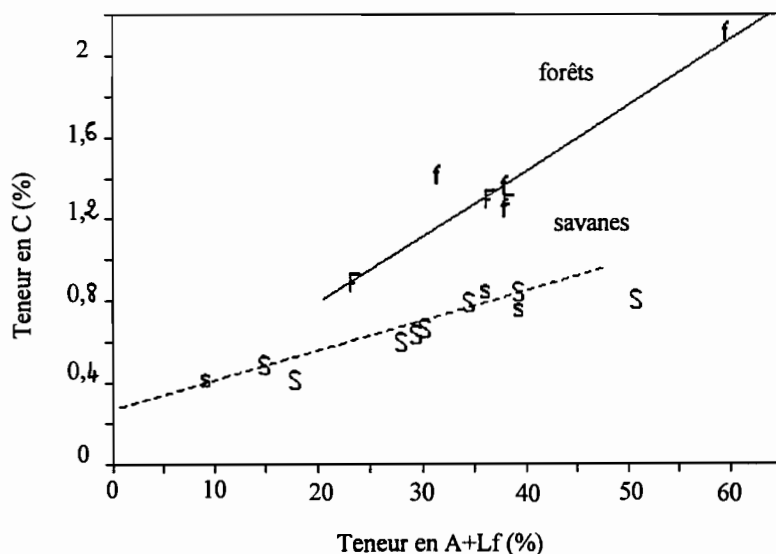


Figure 1. Relation entre la teneur en carbone et le taux d'éléments fins sur l'ensemble des parcelles de Bondoukui (Burkina Faso)

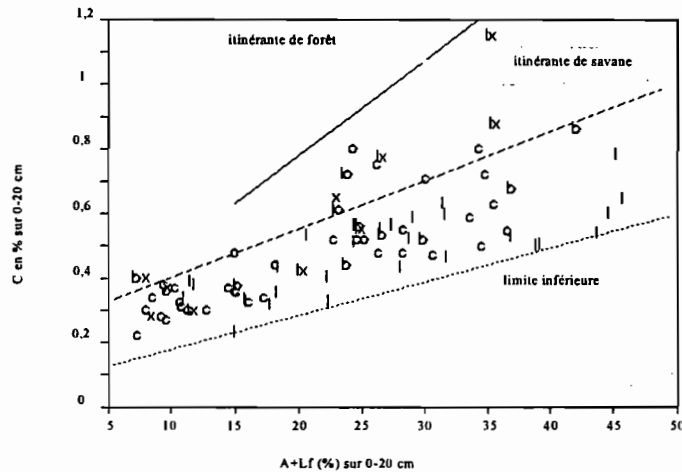
Les parcelles relevant de la série A "culture itinérante", sur sols ferrugineux et hydromorphes, sont isolées du graphique précédent (fig. 2). Le nuage de points se sépare en deux tendances linéaires et peu variables, suggérant deux niveaux d'équilibre. Ils ne distinguent pas le type de sol ou l'état d'occupation, végétation ou culture, mais deux physionomies de *duirés* bien distincts: la forêt dense et la savane arborée. L'état culture ne s'y écarte pas significativement de l'état *duiré*. Nous appellerons "droite des forêts" ($y = 0.031 x + 0.17$, $r^2 = 0.89$) et "droite des savanes" ($y = 0.015 x + 0.23$, $r^2 = 0.88$) ces droites de régression, car elles nous serviront dorénavant de références.



F.S : vieille jachère forestière ou savanicole ; f, s : défriche de moins de 5 ans

Figure 2. Relation entre teneur en C et taux d'éléments fins. Série A culture itinérante

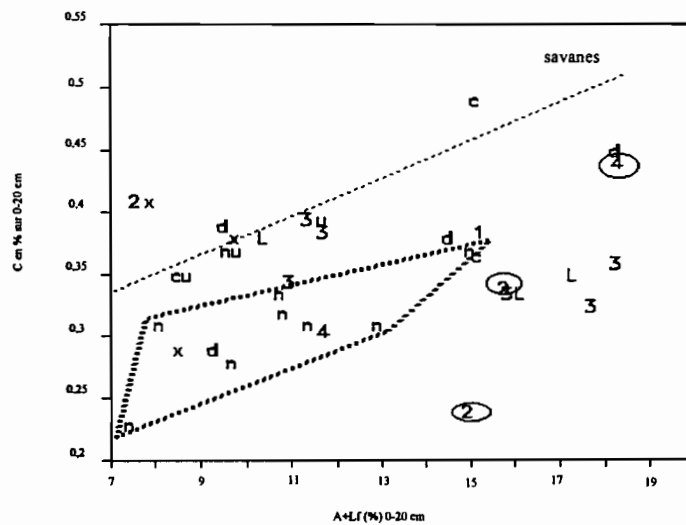
La série B (culture permanente) et série C (systèmes cycliques) comprennent des sols ferrugineux et hydromorphes, et des sols de piémont (ferrallitiques et gravillonnaires). Le nuage de points (fig. 3) s'établit entre d'une part la droite des forêts, d'autre part une limite inférieure égale à la droite des savanes moins 40%. La quasi-totalité des situations issues de savanes sur sol ferrugineux ont une teneur inférieure ou égale à la droite des savanes. En revanche, les parcelles sur terrain de piémont (ferrallitiques, gravillonnaires), ainsi que les champs issus de défriches de forêts denses ont des teneurs qui dépassent le plus souvent celles de la "droite des savanes". Bien qu'une grande variabilité affecte les teneurs en matière organique de chaque série, on discrimine bien l'ensemble des séries "cultures permanentes longues"(l) par rapport aux cultures permanentes courtes et cultures cycliques (b, c).



X ferrall. ; o forestier ; b permanent 6-10 ans ; l perman. >10 ans ; c cyclique

Figure 3. Relation entre C et éléments fins. Série B (cult. perm.) et C (cult. cyclique).

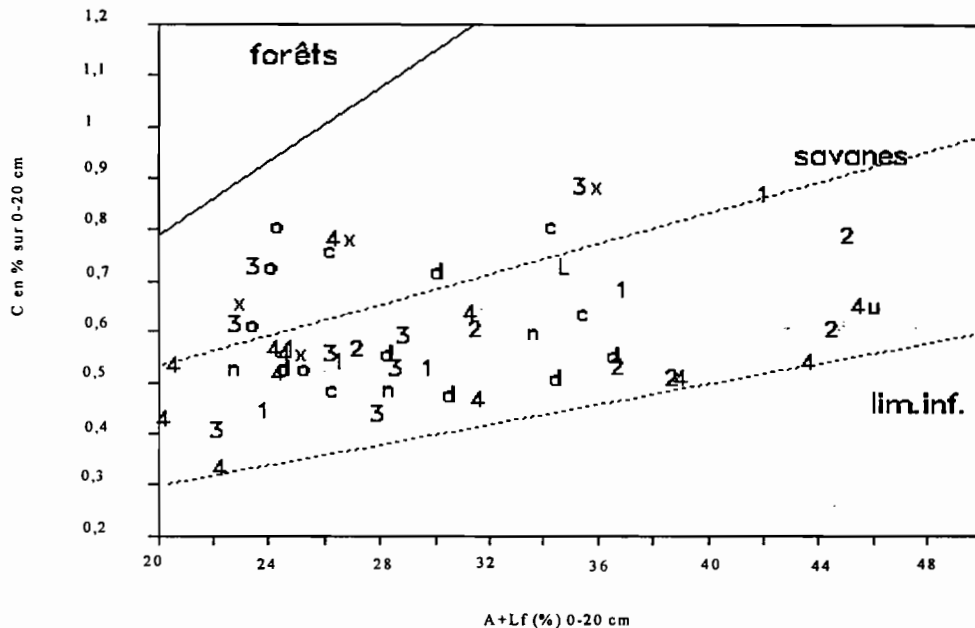
Détaillons à présent cette analyse pour les sols ferrugineux et hydromorphes. Dans le domaine sableux (fig. 4), il n'y a pas de milieux sableux cultivés en culture permanente en dessous de 11% d'éléments fins. On peut cerner trois groupes de parcelles : l'un est à cheval sur la droite des savanes et contient des champs d'histoires diverses mais souvent fumés, des jachères et des débuts de culture. Le second (entouré) est à moins 0,10% C de la droite des savanes et contient surtout des fins de culture (série cyclique) et quelques champs permanents. Le troisième est à moins 0,15% C de la droite des savanes et contient surtout des champs permanents labourés fréquemment au tracteur mais aussi, paradoxalement, quelques longues jachères.



série B : culture permanente-s (1 : 6-10 ans ; 2 : 11-15 ans ; 3 : >15 ans avec cycle jachère <5 ans ; 4 idem sans cycle jachère)
 série C : cultures cycliques(d : début de culture ; n : fin de culture ; c : jachère de 5-14 ans ; L : jachère >15 ans)
 u : fumure ; ○ : labours tracteurs ; o : ancienne forêt ; x : ferrallitique.

Figure 4. Interprétation du graphique C% X El. Fins. Séries B et C. Sols ferrugineux Sableux

Dans le domaine limoneux (fig. 5), les états organiques des *duirés* sont plus variables que dans le domaine sableux, où les forêts denses sont rares. Les terres présentent la trace d'anciennes forêts denses sous forme d'une teneur en M.O. élevée. C'est le cas de certains champs, pourtant permanents, dont le statut organique est supérieur à la droite des savanes. Comme dans les sols sableux, les états "jachères et début de culture" (c, L, d, 1), et "fin de culture" (n, 2) ne s'opposent que faiblement. Les champs permanents les plus anciens sont nettement concentrés près de la limite inférieure, mais il existe pas mal d'exceptions proches de la droite des savanes. La courbe enveloppe inférieure marque la dégradation maximale du stock organique d'équilibre après des cultures permanentes ou cycliques. Il y a au moins trois parcelles d'états "d" peu éloignées de cette limite. On retient de ce graphique la difficulté d'isoler clairement un groupe, et donc de prédire une teneur organique en fonction des éléments d'histoire restreints à la série agro-écologique et au passé immédiat.



série B : culture permanentes (1 : 6-10 ans ; 2 : 11-15 ans ; 3 : >15 ans avec cycle jachère <5 ans ; 4 idem sans cycle jachère)
 série C : cultures cycliques (d : début de culture ; n : fin de culture ; c : jachère de 5-14 ans ; L : jachère >15 ans)
 u : fumure ; ○ : labours tracteurs ; o : ancienne forêt ; x : ferrallitique

Figure 5. Interprétation du graphique C% x El. Fins. Sér. B et C. Sols ferrugineux limoneux.

Le statut en azote

On conservant les mêmes graphiques et en annotant les points à l'aide des autres paramètres génériques, on peut visualiser d'autres paramètres de fertilité chimique. Les rapports C/N varient peu (de 9 à 15). L'azote total suit donc assez précisément le statut carboné. Dans la série A (culture itinérante), le rapport C/N est élevé (15) en *duiré* forestier et faible (10 à 13) en *duiré* de savane ce qui indique l'existence de matière organique moins évoluée dans les forêts. Dans les séries B et C, la droite des savanes sépare, au dessus, les "forts" C/N (12-13), et au dessous, les faibles (9-11).

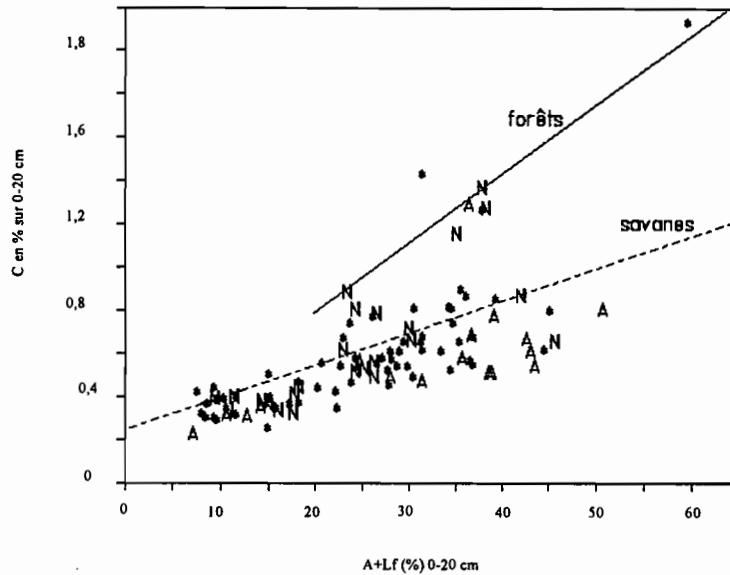
Autres paramètres chimiques

Les milieux forestiers présentent des teneurs en phosphore deux à trois fois plus importantes qu'en savane. Dans les systèmes de culture permanentes et cycliques, la droite des savanes sépare grossièrement les milieux ayant de faibles réserves de P (moins de 150 ppm total, moins de 10 ppm assimilable), des sols mieux pourvus.

Les pH moyennement acides (≤ 6) se rencontrent dans des *duirés* de savane, jachères et champs, dans des conditions de faible teneur en C relativement aux éléments fins, précisément au dessous de la droite des savanes (fig. 6). Les pH les plus acides correspondent souvent à des cultures permanentes longues. La fumure "organique" relève le pH considérablement, mais d'abord par l'apport de cendres ménagères probablement.

La CEC est une fonction chimique importante pour les systèmes moyennement intensifiés (Serpantié & Kissou, 1995), en particulier dans ces sols pauvres en argiles actives. La CEC augmente essentiellement avec la teneur en C (fig. 7) ainsi qu'avec le pH. Dans certains cas de faible statut organique, de fortes CEC indiquent l'existence

d'argiles à plus forte capacité d'échange que la kaolinite, comme la montmorillonite, dans ou à proximité des bas-fonds. La CEC est plus ou moins saturée sur le plateau et pratiquement saturée dans le bas-glacis.



N : $6,5 \leq \text{pH} < 7,3$ * $6 \leq \text{pH} < 6,5$ A : $\text{pH} < 6$
 Figure 6. Relation entre C et éléments fins. Visualisation du pH.

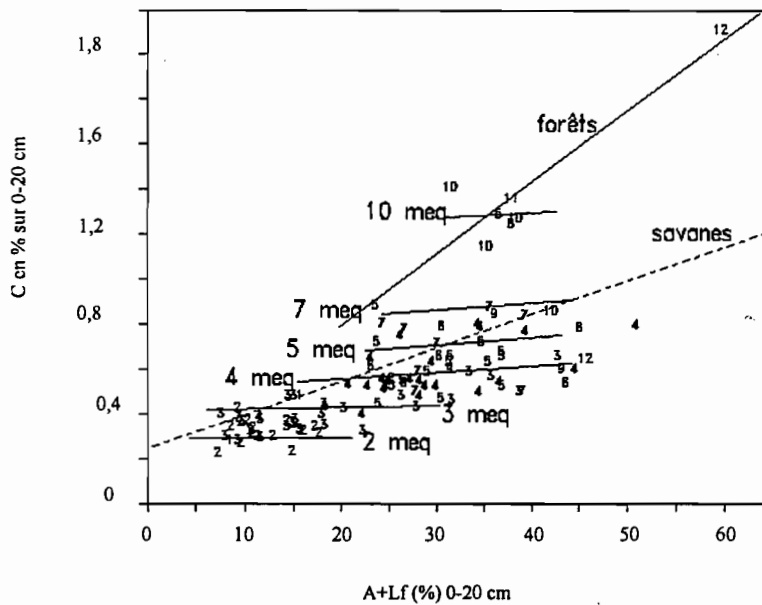
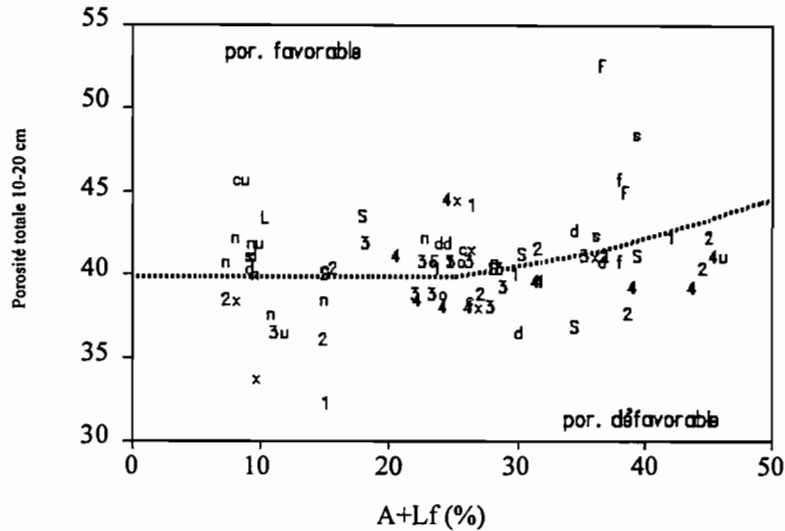


Figure 7. Relation entre C et éléments fins. Visualisation de la CEC

Porosité

Pour s'abstraire des effets du travail du sol, nous nous intéressons à la porosité totale de l'horizon non travaillé 10-20 cm mesurée sur 150 cm^3 de sol, (figure 8). On donne pour les sols ferrallitiques et ferrugineux la valeur de 40% comme une limite en dessous de laquelle apparaît une forte gêne pour l'enracinement. Mais lorsque le taux d'argile s'accroît, ce seuil est à relever de quelques points car la microporosité s'accroissant, la porosité structurale y baisse relativement (Boyer, 1982). La porosité moyenne des *duiré* forestiers et des jachères longues est largement au dessus de ce seuil. Cependant les *duiré* de savane ont parfois une mauvaise porosité, qu'il faut relier à l'effet du piétinement qui se fait sentir jusque sur l'horizon 10-20 cm. Dans les champs (séries A, B et C), la situation de la porosité est extrêmement variable. Mais les champs permanents sont le plus souvent en dessous du seuil.



série B : culture permanentes (1 : 6-10 ans ; 2 : 11-15 ans ; 3 : >15 ans avec cycle jachère <5 ans ; 4 idem sans cycle jachère)
 série C : cultures cycliques (d : début de culture ; n : fin de culture ; c : jachère de 5-14 ans ; L : jachère >15 ans)
 u : fumure ; ○ : labours tracteurs ; o : ancienne forêt ; x : ferrallitique
 F, S : vieille jachère forestière ou savanicole ; f, s : défriche de moins de 5 ans

Figure 8. Relation entre porosité 10-20 cm et teneur en éléments fins.

La stabilité structurale

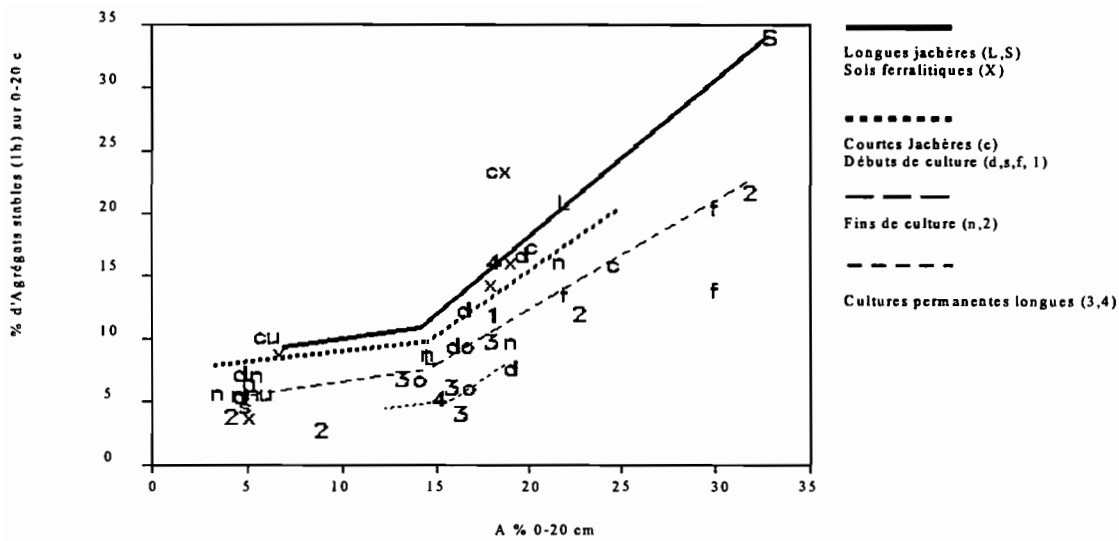
Les résultats des mesures des teneurs du sol en agrégats supérieur à 200 μ stables, après une heure de tamisage standardisée dans l'eau sont d'abord fonction de la texture des sols (fig. 9). Plus de 60% de la variance du taux d'agrégat est expliquée par les teneurs en argile, au delà de 15% d'argile. La relation entre le taux d'agrégats stables à l'eau (Ag) et la teneur en argile des champs cultivés, suit une fonction puissance de la forme :


$$Ag (\%) = 0,02 (A\%)^2 - 0,32 (A\%) + 6,95 \quad r^2=0,64$$

Les sols des vieilles jachères ont une stabilité structurale supérieure aux champs qui les suivent : On remarque quelques exceptions : les champs permanents sur sols de piémont (ferrallitiques) conservent une stabilité plus importante.

Compte-tenu de la relation forte entre argile et M.O., on doit vérifier si cet effet "argile" n'est pas en réalité un effet du complexe argilo-humique. Pour le vérifier, testons l'hypothèse que la M.O. joue un rôle dans les variations de stabilité au sein d'une classe texturale. Dans la gamme des sols les plus sableux (A < 10%), la teneur en argile n'apporte pas d'accroissement de stabilité (fig. 9). Aussi peut-on apprécier l'effet matière organique directement en croisant stabilité et teneur en C (fig. 10). Aucune relation n'apparaît entre M.O. et stabilité, dans aucune des catégories d'occupation du sol. En revanche les états "jachère" et "défriches récentes" présentent une amélioration faible mais significative, indépendamment du taux de M.O.

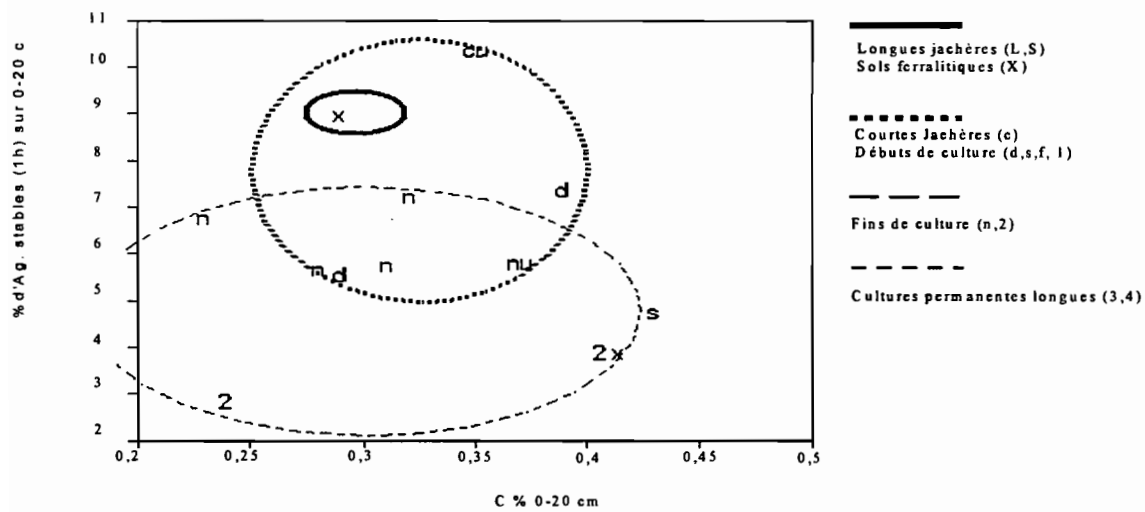
Dans la gamme des sols limoneux en revanche, la teneur en "argile" contribue fortement à la stabilité (fig.9). Si on compare stabilité à la teneur absolue en M.O., une relation positive apparaît, mais elle représente en fait la double relation matière organique-argile, et argile-stabilité. Pour ne pas ainsi confondre un effet M.O. à l'effet "argile", nous proposons de tester l'effet de la teneur relative en C% par rapport à l'argile%, sur la stabilité (fig. 11). Ici encore, aucun effet de la richesse en M.O. relative apparaît, ni globalement, ni par classe d'histoire culturelle. Le cas du *duiré* de savane (S) montre une très forte stabilité malgré une faible richesse relative en M.O. Ce graphique met en évidence une nette hiérarchie de stabilité depuis les champs permanents (avec ou sans jachère de courte durée), les champs récents, les jachères, jusqu'aux "duirés", dont les sols sont les plus stables. La stabilité des sols ferrallitiques résiste aussi mieux à la culture permanente. Sur les cinétiques de désagrégation des sols, il apparaît aussi clairement que celle-ci est plus lente sur les vieilles jachères par rapport aux champs cultivés. Et sur ces derniers, la cinétique est d'autant plus lente que le champ est jeune.



série B : culture permanentes (1 : 6-10 ans ; 2 : 11-15 ans ; 3 : >15 ans avec cycle jachère <5 ans ; 4 idem sans cycle jachère)
 série C : cultures cycliques (d : début de culture ; n : fin de culture ; c : jachère de 5-14 ans ; L : jachère >15 ans)
 u : fumure ;  : labours tracteurs ; o : ancienne forêt ; x : ferrallitique
 Données : Lompo (1997)

F, S : vieille jachère forestière ou savanicole ; f, s : défriche de moins de 5 ans

Figure 9 : Relation entre stabilité structurale et taux d'argile




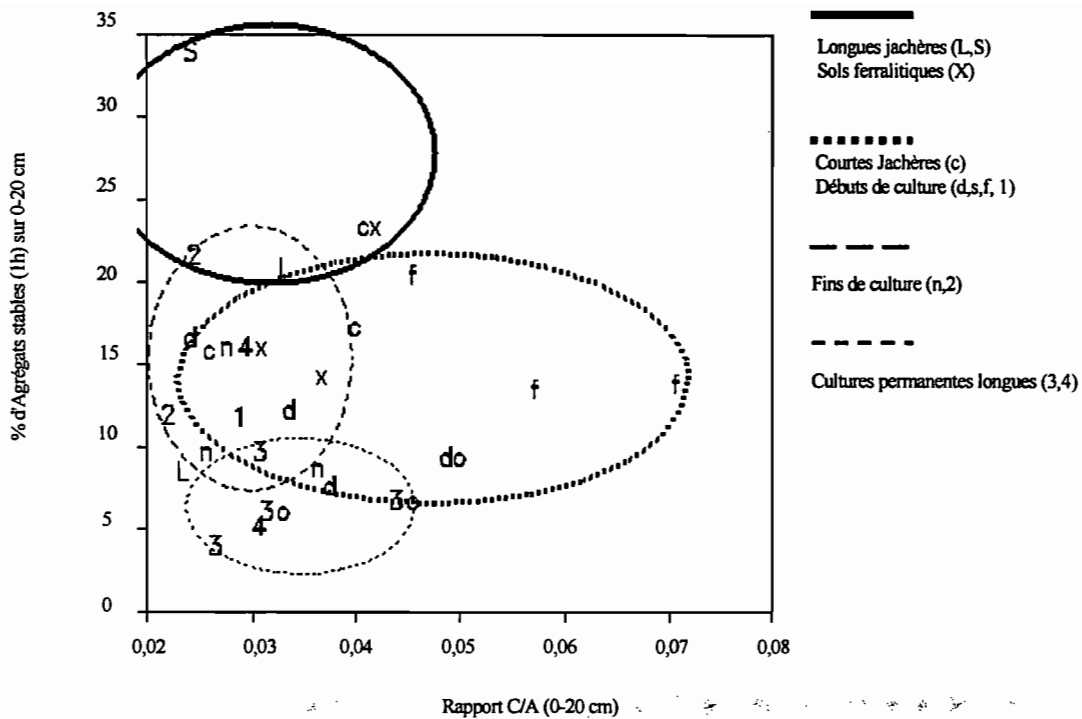
série B : culture permanentes (1 : 6-10 ans ; 2 : 11-15 ans ; 3 : >15 ans avec cycle jachère <5 ans ; 4 idem sans cycle jachère)
 série C : cultures cycliques (d : début de culture ; n : fin de culture ; c : jachère de 5-14 ans ; L : jachère >15 ans)
 u : fumure ;  : labours tracteurs ; o : ancienne forêt ; x : ferrallitique
 F, S : vieille jachère forestière ou savanicole ; f, s : défriche de moins de 5 ans
 Soils sableux (A < 10%). Données : Lompo (1997)

Figure 10 : Relation entre stabilité structurale et taux de carbone



série B : culture permanentes (1 : 6-10 ans ; 2 : 11-15 ans; 3 : >15 ans avec cycle jachère <5 ans; 4 idem sans cycle jachère)
 série C : cultures cycliques (d : début de culture ; n : fin de culture; c : jachère de 5-14 ans; L : jachère >15 ans)
 u : fumure ; o : ancienne forêt ; x : ferrallitique
 F, S : vieille jachère forestière ou savanicole ; f, s : défriche de moins de 5 ans
 Sols limoneux (A > 10%). Données : Lompo (1997)

Figure 11. Relation entre stabilité structurale et taux de carbone relatif à l'argile

Evolution des caractéristiques hydrodynamiques des sols

L'infiltration à succion contrôlée a permis de déterminer la conductivité hydraulique des sols à la saturation K_{sat} sur la couche superficielle (0-8 cm) des sols, et les teneurs en eau pondérales du sol avant (θ_i) et après infiltration (θ_f). Le tableau 1 résume les résultats obtenus en fonction de la typologie des champs cultivés comparativement au *duiré* de référence.

Tableau 1. Caractéristiques hydrodynamiques moyennes des séries A et B

Systèmes de culture	K_{sat} (mm/h)	θ_i	θ_f
<i>Duiré (savane)</i>	33,2	0,03	0,23
Champs de nouvelle défriche	27,2	0,04	0,21
Champs permanents	21,5	0,08	0,19
Champs perm. en labours annuels	21,1	0,07	0,18
Champs perm. en labours occasionnels	20,4	0,04	0,21
Champs perm. sur texture LS	19,6	0,05	0,20
Champs perm. sur texture SL	23,1	0,06	

Discussion

Le statut organique

La teneur en matière organique des sols est d'autant plus élevée que ceux-ci sont riches en éléments fins. Feller *et al* (*op. cit.*) donnent la "fraction argileuse" de la matière organique (c'est-à-dire les fragments de taille inférieure à 0,2 microns), comme le « compartiment de stockage » du statut organique des sols.

L'équilibre organique différent entre culture itinérante forestière et savanicole correspond bien au fonctionnement écologique radicalement différent de la forêt dense sèche et de la savane. En forêt, il y a très peu de strate herbacée donc peu de feu et de pâturage. En revanche, il existe une litière abondante avec faune et flore de recyclage. Les physionomies forestières des jachères longues apparaissent sur sols d'apports de bas-fonds ou sur sols anthropiques (anciens villages) généralement biochimiquement fertiles (abondance de P en particulier). La période d'humidité y est plus longue, favorisant la production primaire. L'ambiance humide favorise les processus microbiens et fauniques de conversion humique de la matière organique brute. C'est tout le contraire en savane, même lorsque les graminées pérennes ou des arbres la colonisent densément. Le niveau organique à l'équilibre, uniquement permis par l'apport racinaire, y est de l'ordre de la moitié de ce qu'il est en forêt. Mais une incertitude demeure : le faible statut organique des savanes peut être aggravé par l'importance des prélèvements de ressources carbonées (fourrage, bois, feux) dans des terroirs agricoles très peuplés, tandis que celles des forêts sont moins mises à contribution. Pour tester cette hypothèse, il faudra étudier des savanes mises en défens depuis longtemps.

La variation sensible après 5-10 ans de culture confirme la perte du stock organique et le bilan organique négatif des systèmes de culture. En sol limoneux, à 45% d'éléments fins, la baisse maximale de 40% (soit 10 t/C par ha) après 25 ans de culture par rapport à la référence "savane en culture itinérante" représente une perte annuelle maximale de 2% (500 à 300 kg C/ha). Ceci correspond au taux de perte basal (minéralisation moins apport racinaire des cultures) donné par Piéri (*op. cit.*). Mais il existe des régimes de restitution contrastés, de nombreuses parcelles des séries B et C parvenant à se maintenir proches du niveau de référence. Les jachères longues et le fumier apparaissent comme un moyen efficace mais non garanti d'atteindre ce but.

Les sols de piémont accumulent plus de matière organique que ceux des bas de pente. Ces sols sont ferrallitiques ou gravillonnaires. Certes les forêts claires qui les recouvraient ont été pour la plupart défrichées depuis peu, et de là vient peut-être ce trait distinctif. Les *duirés* de savane de la série A, qui ont donné la "droite des savanes" étaient soumis, ne l'oublions pas, à une culture itinérante, et leur équilibre organique était ainsi forcément plus faible que les forêts claires pseudo-climaciques de piémont. Mais ces sols ont aussi une charge en fer libre plus élevée, qui forme des composés stables avec la matière organique (humates ferriques, Boyer, *op. cit.*), d'où une meilleure conservation de la matière organique.

Il apparaît nécessaire de considérer plusieurs références fondamentales, la physionomie des jachères antérieures, la texture, et le type pédologique, pour juger de la baisse ou de l'amélioration de teneur en matière organique due à un système de culture. Même lorsqu'on parvient à prendre en compte toutes ces références, subsiste une variabilité importante dans les états laissés par un même type de système de culture, ne serait-ce qu'à cause des bilans organiques variables pendant les cultures et les jachères. On peut retenir de cette première étude que dans les conditions d'une savane cotonnière actuelle, un système à jachères ne représente pas une assurance de conserver de la matière organique dans les sols. De même qu'une culture permanente, peut conserver un niveau égal à la droite des savanes. Le mode de gestion des résidus, les restitutions, les modalités de travail du sol et de fertilisation, les successions, les usages des jachères jouent un rôle qu'il faut mieux comprendre. Aussi le risque de biais serait considérable si l'on se contentait de comparer quelques parcelles de chaque type d'usage du sol, dans des lieux différents, sur des sols différents.

Paramètres de la fertilité chimique

Il apparaît que le taux de M.O. conditionne fortement la valeur et l'évolution des paramètres de la fertilité chimique : N total, CEC, stabilité du pH, Phosphore, ce qui est largement admis (Piéri, *op. cit.*). Il y a un risque d'acidification lorsque la teneur relative en M.O. faiblit au delà de la "droite des savanes". Il va de soi que l'activité biologique elle-même sera sous la forte dépendance de ce taux. Seul le rapport C/N tend à augmenter légèrement aussi avec la teneur en MO, ce qui est légèrement défavorable à la minéralisation.

Le taux de M.O. critique varie avec la texture et semble très proche de la droite d'équilibre des savanes, puisque c'est elle qui sépare généralement les situations favorables et défavorables. Une bonne gestion de la teneur des sols en matière organique pourrait donc utiliser cette droite comme une référence.

Fertilité physique

On sait qu'aucun indice de stabilité n'est véritablement satisfaisant pour prévoir la sensibilité d'un sol à une désagrégation, battance ou autre, telle qu'elle s'exprimerait sur un suivi de terrain (Monnier & Boiffin, 1993). Mais on ne recherche ici qu'une hiérarchie sommaire, à des fins de diagnostic global. La mesure à l'eau est-elle suffisante pour établir cette hiérarchie ? Le test de Hénin prévoit un prétraitement des agrégats au benzène pour développer la sensibilité du test de la mouillabilité, qui commande le comportement d'agrégats secs soumis à une pluie. Il prévoit aussi un prétraitement à l'alcool pour développer la sensibilité de la mesure de la cohésion en humide, propriété qui règle le comportement d'agrégats saturés soumis à aspersion (Monnier & Boiffin, *op. cit.*). Le test sur agrégats secs discriminerait mal les situations de faible cohésion et aisément mouillables. De plus, la sélection des seuls agrégats de plus de 200 μ ne fera pas bien apparaître le rôle de la M.O. (Chotte, com. pers.) Ces réserves posées, le protocole choisi est donné comme adapté aux sols à kaolinite (Bloin *et al.*, *op. cit.*), et les résultats apparaissent très contrastés.

L'influence des argiles sur la stabilité de structure apparaît sensible à Bondoukui à partir d'une teneur de 15%. Kherabi & Monnier (1968), Dexter *et al.* (1984) ont montré que les colloïdes minéraux constituent un facteur déterminant dans la cohésion du sol à l'état humide. Le rôle stabilisant des argiles minéralogiques dépend de leur nature, c'est-à-dire de leur capacité à favoriser les liaisons « structurales » avec les oxyhydroxydes de fer et d'aluminium. Les associations argile-fer constituent le plasma qui enrobe et cimente le squelette sableux de la taille des sables et limons fins (Bartoli *et al.*, 1988). La kaolinite prédominante ne favorise pas de telles liaisons, mais dans les sols de piémont, ferrallitiques ou gravillonnaires, le fer libre est abondant ; dans les sols ferrugineux, le fer est plus disjoint, mais il faut compter avec une présence probable d'argiles 2/1 lorsque la teneur en argile augmente, comme le suggère l'étude de la CEC.

L'évolution croissante de la stabilité structurale des sols sous jachères naturelles et décroissante dans les champs cultivés, indépendamment des variations de teneur en M.O. laissent présager que plutôt que la quantité de matière organique présente, c'est la nature de cette M.O., sa répartition dans le sol et les processus biologiques d'agrégation dans les sols sous jachère qui contrôlent ce paramètre physique, toutes choses étant égales par ailleurs. En effet, certains types de matières et processus biologiques, par leurs caractères hydrophobes et/ou structurants, constituent un frein au processus d'éclatement des agrégats du sol mis en contact avec l'eau et peuvent aussi renforcer la cohésion à l'état humide (Concaret, 1967 ; Godefroy & Jacquin, *op.cit.*; Bartoli *et al.*, *op. cit.*). L'action stabilisatrice de la structure du sol par la M.O. dépend aussi du degré de « maturité » de celle-ci et, plus précisément, de sa teneur en acides organiques et en polysaccharides, et des micro-organismes (Guckert, 1973; Feller, 1977 ; Bayer, *op.cit.*, Ouattara, *op. cit.*). Sédogo (*op.cit.*) a mis en évidence la baisse quasiment irréversible des teneurs en polysaccharides, malgré des apports massifs de fumier, dès que les sols étaient mis en culture.

Certains auteurs ont pourtant trouvé des niveaux critiques de matière organique au-delà desquels le sol ne pourrait conserver sa structure. Piéri (*op. cit.*) propose ainsi de prendre la teneur relative M.O./A+Lf comme indicateur d'état structural dans des sols sableux. Or la structure des sols sableux est peu développée, sauf justement dans les vieilles jachères (De Blic & Somé, 1997) dont le taux de M.O. n'est pas toujours supérieur à celui des champs. Les niveaux de référence donnés par Piéri (*op. cit.*) sont proches des droites d'équilibre organique de la forêt, de la savane et de la culture permanente à faible restitution. D'où, peut-être, une confusion entre teneur d'équilibre existant en culture itinérante et permanente et la notion de seuil critique. Hoefsloot *et al.* (1993) rapportent aussi qu'il faut atteindre le seuil de 0,7% en M.O. pour s'attendre à un effet stabilisant sur les sols ferrugineux tropicaux. On peut se demander si la relation argile/stabilité (positive à partir de 15% d'argile, équivalent à 0,7% de M.O.), n'a pas été ici confondue avec une relation M.O./stabilité, puisque argile et M.O. ne sont pas indépendantes.

En revanche, d'autres auteurs trouvent que la mise en culture dégrade la stabilité et que la mise en jachère la réhabilite, dans des proportions plus importantes que les variations de taux de matière organique qui les accompagnent (Combeau & Quantin, 1963 ; Valentin, 1989; Ouattara, *op. cit.*). Ce qui va bien dans le sens de nos résultats.

La porosité structurale ou macroporosité est la fraction de l'espace poral du sol qui est susceptible de modifications profondes (Stengel, *op.cit.*; Ouattara, *op.cit.*) sous l'action des pratiques d'usage des sols (tassements, désagrégation...). C'est d'elle dont dépend surtout la perméabilité du sol traduite ici par sa conductivité hydraulique à la saturation, c'est-à-dire la composante gravitaire de l'écoulement de l'eau dans le sol. Comme la stabilité sert de frein à cette dégradation de la porosité, la perméabilité baisse en même temps que baisse la stabilité de structure. Mais les tassements produits par des piétinements de bétail en période d'excès d'eau peuvent aussi se produire, même dans des conditions de bonne stabilité. La diminution de la perméabilité laisse ainsi présager un relèvement du seuil d'apparition des ruissellements et une diminution du seuil d'engorgement avec l'âge de parcelles. Les parcelles cultivées les plus âgées seront les plus susceptibles à l'érosion et aux contraintes issues de la désagrégation structurale (problèmes de levée, d'enracinement, d'asphyxie, etc.).

Conclusion

L'état organique des sols résultant du bilan antérieur stockage/pertes est généralement donné comme la pierre angulaire de la fertilité des sols pour des systèmes de culture moyennement intensifs. Cette enquête le confirme, mais donne à la teneur en M.O. un rôle plus important en matière de fertilité chimique (accroissement de la CEC, teneur en N, conservation du pH neutre), qu'en matière de "fertilité physique" (absence d'effet perceptible en matière de stabilisation de la structure), dans les sols et situations considérées.

Au sein des sols ferrugineux de savane, bien que statistiquement les systèmes cycliques conservent de meilleurs teneurs que les systèmes permanents, la jachère n'apparaît pas toujours apte à relever ce taux de M.O. après une période culturale, et les systèmes permanents peuvent eux-mêmes conserver des teneurs proches de l'équilibre obtenu en culture itinérante. Il en découle que les modes de gestion des systèmes de culture (bilans organiques culturaux, états laissés par la phase culture) et des jachères éventuelles (régimes de feux et de pâturage, durées, semis particuliers dans les jachères, etc.) semblent plus importants à prendre en compte que la série agro-écologique elle-même. Une analyse plus fine des bilans des systèmes de culture et des usages des jachères est donc nécessaire.

Par contre nous observons ici le rôle de ces jachères sur la stabilisation des agrégats, indépendamment d'une teneur globale en matière organique. Les effets cumulatifs des jachères sur l'agrégation sont connus, en particulier les processus biologiques dans l'environnement racinaire des *Andropogonées* pérennes. Ils sont liés à des processus complexes de stabilisation, où interviennent des processus organiques plus qualitatifs que quantitatifs (micro-faune, méso-faune; myceliums, racelles, exsudations, différents substrats organiques transitoires et produits de l'humification, polysaccharides, humates ferriques etc.).

Un tel diagnostic, bien qu'encore partiel, permet de prendre conscience de la variabilité des situations existant dans une région cotonnière actuelle, du rôle déterminant des éléments fins et de la physionomie des jachères antérieures, et donc de la faible pertinence d'études synchroniques qui ne s'appuieraient que sur un échantillon de sites-tests trop restreint et au passé insuffisamment connu.

Références bibliographiques

- Bartoli, F. ; Philippy, R. & Burtin ; F. X. ; 1988. Aggregation in soils with small amounts of swelleing clays. I. Aggregate stability. *Jal of Soil.Science*, 39, : 593-616
- Baver, L..D., 1984. The effect of organic matter on soil structure, *Organic Matter and Soil Fertility. Pontifica Academia Scientiarum Scripta, april, 22-27, : 383-408.*
- Bloin, M. ; Philippy, R. ; & Bartoli, F. 1990. Dossier de valorisation d'un prototype de désagrégation des sols. Prog. Sol Eau. Doc. CIRAD.
- Boyer, J. 1982. *Les sols ferrallitiques, t. X. Facteurs de fertilité et utilisation des sols.* Orstom. Init. et Doc. tech. n°52.
- Combeau, A. ; Quantin, P. 1963. Observations dans le temps de la stabilité structurale des sols en région tropicale. *Cah. Orstom Pédol.*, 3, 17-32
- Concaret, J. 1967. Etude des mécanismes de destruction des agrégats de terre au contact de solutions aqueuses. *Ann. Agron.* 18 (1) : 65-90
- De Blic, Ph. ; Somé , N. A.. 1997. Etat structural d'horizons superficiels sableux sous culture ou jachère herbacée en Afrique de l'Ouest. *in Etude et gestion des sols*, 4, 1, 1997, 17-24.
- Devineau (J.L.) & Fournier (A.), 1997. Synthèse provisoire des résultats acquis par l'équipe d'écologie de Bobo-Dioulasso dans le cadre du programme Jachères. Doc. Orstom Bobo-Dioulasso.
- Dexter , A. R. ; Kroesbergen, B. & Kuipers, C. 1984. Some mechanical properties of agregates of tropical soils from the Ijsselmeer polders. I. Undisturbed soil aggregates. *Netherlands Journal of Agric. Science*, 32 : 205-214.
- Feller, C. 1977. Evolution des sols de défriche récente dans la région des terres neuves (Sénégal oriental) II. Aspects bibliographiques et caractéristiques de la matière organique. *Cah. Orstom Sér. Pédol.*, 15 (3) : 292-302.
- Feller, C. ; Lavelle, P. ; Albrecht, A. & Nicolardot, B. 1993. La jachère et le fonctionnement des sols tropicaux: rôle de l'activité biologique et des matières organiques. Quelques éléments de réflexion. *In : FLORET (C.) & SERPANTIE (G.), La jachère en Afrique de l'Ouest, 15-32. Collection Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris.*
- Floret, C. ; Pontanier, R. & Serpantié, G.1993. La jachère en Afrique intertropicale *Dossier MAB 16. UNESCO, Paris*, 86 p.
- Godefroy, J. & Jacquin, F. 1975. Relation entre la stabilité structurale des sols cultivés et les apports organiques en condition tropicale; comparaison avec les sols forestiers. *Fruits*, 30 (10) : 595-613.
- Guckert, A.. 1973. Contribution à l'étude des polysaccharides dans les sols et leur rôle dans les mécanismes d'agrégation des sols. Thèse de Doct. ès Sci. Natur., Univ. de Nancy I, 124p.
- Guinko, S. 1984. Végétation de la Haute-Volta. tomes 1 et 2. Thèse de doct. ès Sc. Nat., U.Bordeaux III, 394 p.
- Hoeffloot, H. ; Van der Pol, F. & Roeleveld, L. 1993. Jachères améliorées. Option pour le développement des systèmes de production en Afrique de l'Ouest. Bull. 33, KIT, 1993, 86p.
- Kheyrahi, D. & Monnier, G. 1968. Etude expérimentale de la composition granulométrique des terres sur la stabilité structurale, *Ann. Agron*, 19 (2),129 - 152.
- Kissou (1994). Les contraintes et potentialités des sols vis-à-vis des systèmes de culture paysans dans l'Ouest Burkinabe. (Cas du Plateau de Bondoukui). Mém. IDR/ORSTOM
- Lompo, T. 1997. Diagnostic des états structuraux des sols en fonction des systèmes de culture en zone cotonnière ouest du Burkina. Mémoire de fin d'étude IDR/INERA/ORSTOM, pp 74.
- Monnier, G. & Boiffin, J. 1993. La stabilité de la structure du sol. Originalité et actualité de l'approche de S. Hénin. *in Mélanges S.Hénin : Sols, agronomie, environnement.* Ed. Orstom. 61-73
- Morel, R. & Quantin, P. 1964. Les jachères et la régénération du sol en climat soudano-guinéen d'Afrique Centrale. *Agron. Trop.* 19 (2) : 105-133.
- Nye, P. H. & Greenland, D. J. 1964. Changes of the soil after clearing tropical forest. *Plant and Soil* : 101-113.
- Ouattara, B. 1994. Contribution à l'étude de l'évolution des propriétés physiques d'un sol ferrugineux tropical sous culture: pratiques culturales et états structuraux du sol. *Thèse Docteur-Ingénieur., FAST/Univ d'Abidjan*, 144p.
- Piéri, C. 1989. Fertilité des terres de Savane: Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. Ed Min.COOP.Devt/CIRAD, 444p.
- Ruthenberg, H. 1980. Farming systems in the tropics. Ed Oxford Science Publications, 424 p (3ème Ed.), Oxford.
- Sébillotte, M. 1993. L'agronome face à la notion de fertilité. *in Natures-Sciences-Sociétés*, 1993,1(2). 128-142.
- Sédogo, M. P. 1993. Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture: incidence des modes de gestion sur la fertilité. *Thèse Doct. ès- Science (Science du Sol) Univ. Nationale de Côte- d'Ivoire*, 332p.

- Serpantié, G. & Kissou, R. 1995. Adaptation des travaux de caractérisation des sols en vue d'améliorer les systèmes de culture paysans et la gestion des ressources. Un indicateur intéressant pour les sols cultivés soudaniens. la capacité d'échange cationique. in *AB-DLO Thema's 2*, Wageningen, 85: 100
- Serpantié, G. & Douanio, M. (En préparation.). Les systèmes de culture de la région de Bondoukuy: diversité, liens avec l'environnement et les stratégies sociales, productivité et durabilité. Rapport ORSTOM
- Stengel, P. 1979. Utilisation de l'analyse des systèmes de porosité pour la caractérisation de l'état physique du sol. in situ. in *Ann. Agron.*, 30 (1) : 27-51.
- Taonda, J. B. ; Bertrand, R. ; Dickey, J. ; Morel, J. L. ; Sanon, K. 1995. Dégradation des sols et agriculture minière au Burkina Faso. *Cah. Agric.* 4: 363-369.
- Valentin, C. 1989. Les états de surface des savanes de l'Ouest africain : relations avec les sols et incidences sur l'économie de l'eau. Dans *Soltrop 89*, 243-252, Orstom Paris.
- Van der Pol, F. 1991. L'épuisement des terres, une source de revenus pour les paysans du Mali-Sud. in *Savanes d'Afrique, terres fertiles ?* Coll. Focal Coop. Ed. Min. Coop. pp 403-418.

Rôle des feux de brousse sur la dynamique des adventices et sur la qualité des sols au cours des premières années de jachère, dans les régions soudaniennes du Mali.

F. DEMBELE¹ ; D. MASSE² ; H. YOSSE¹

1. IER, BP 258 - Bamako, Mali
2. ORSTOM, BP 1386 - Dakar, Sénégal

Résumé

Sur deux types de sols du Mali, et dans des conditions de protection et de non protection contre le pâturage, une expérimentation factorielle a été mise en place testant trois pratiques de feu: un feu précoce, un feu tardif et une protection contre le feu. Après trois et quatre années, quel que soit le sol, les principaux indicateurs chimiques du sol ne sont pas modifiés. Les pratiques de feu précoce ou l'absence de feu impliquent une augmentation du carbone dans la fraction grossier du sol (20-2000 μ m). Le feu, qu'il soit précoce ou tardif, modifie les états de surface et sensibilise le sol à la dégradation et à l'érosion. Concernant la dynamique des adventices après abandon cultural, la protection contre le feu et contre le parcours des animaux maintiennent après trois ou quatre ans de jachère un recouvrement en adventices important, les feux tardifs ou précoces accélèrent la disparition des adventices dans le cortège floristique des jachères.

Mots clé : feu - jachère - sol - adventices – Mali.

Effect of bush-fire management on weed dynamics and soil quality on short fallows in the sudanian zone of Mali.

Abstract

A factorial experiment was conducted in Mali to test the soil quality of two types of soil using 3 different bush-fire practices : early burning, late burning and without burning, on short fallows plots which are protected or non protected against grazing. After 3 to 4 years of fallow, the main soil chemical characteristics are not modified on the two types of soil. The soil organic matter dynamics are modified on early burning plots and unburnt plots : carbon content in the coarse fraction (20-2000 μ m) is significantly higher. Physical soil qualities are modified by early or late fire which make soils morer sensitive to degradation and erosion. Protection against fire and grazing leads to an important recover of weeds after three or four years of fallow. Weed depletion in fallows is more rapid with late or early burning.

Early or late burning plant cover and biomass are good indicators for understanding the effects of the different bush-fire practices.

Key words : bush-fire - fallow - soil - weeds – Mali.

Introduction

La mise en jachère provoque des changements d'état concernant la fertilité qui peut se caractériser en partie par les propriétés physico-chimiques des sols, et également par la dynamique des adventices des cultures dont la maîtrise constitue un des rôles de la jachère (Floret *et al.*, 1993 ; Mitja et Puig, 1993 ; De Rouw, 1994).

Dans les savanes de la zone soudanienne de l'Afrique Tropicale, les feux ont généralement lieu en milieu de saison sèche, période où, par son intensité, il est le plus destructeur pour la végétation (Gillon, 1983). La modification de la date de passage du feu devrait permettre de modifier les effets du feu sur certaines propriétés physico-chimiques des sols, ainsi que sur la dynamique des adventices.

En bordure de la réserve de biosphère de la Boucle du Baoulé au Mali, des recherches ont été menées pour déterminer l'influence d'un feu dit précoce (peu après la fin de la saison des pluies) et d'un feu dit tardif (au milieu de la saison sèche). Ces pratiques sont comparées à une absence totale du feu en condition de protection totale ou de non protection contre le pâturage, sur deux types de sol. Les résultats présentés concernent : la dynamique de la végétation d'adventices, et l'impact du feu sur les principales caractéristiques analytiques des sols (carbone et azote total, phosphore, bases échangeables, propriétés physiques du sol). La dynamique de la matière organique est également étudiée grâce à une analyse du carbone total dans les différentes fractions granulométriques du sol.

Matériels et méthodes

Les sites sont situés dans la zone soudano-sahélienne du Mali à 130 km au nord de Bamako (pluviosité entre 500 et 750 mm par an). Le premier site Sira Koroba, (SK), est situé sur une plaine limoneuse; les essais ont été installés dans une jachère d'un an succédant à une phase de mise en culture de huit années consécutives (alternance de mil, de sorgho et d'arachide). Distant de 20 km, le deuxième site Missira (MI), est localisé sur des plateaux à sols sableux ; les parcelles choisies ont été laissées en jachère après 12 ans de cultures identiques à celles de Sira Koroba. En 1992 et 1993, dans chacun des sites, des essais factoriels en blocs complets randomisés (cinq blocs) ont été mis en place. Le facteur "feu" testé est à trois modalités : le feu précoce FP (mise à feu vers la mi-novembre), le feu dit tardif FT (mise à feu en janvier ou février); les deux sont comparés à un traitement sans feu SF. Les unités expérimentales sont de 400 m² chacune. Ce plan est répété en condition de protection et de non protection contre le pâturage (Dembélé 1996).

Les indicateurs observés, ou mesurés, concernent d'une part la végétation et d'autre part les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols.

Pour les mesures de la végétation, nous avons utilisé la méthode des point-quadrats (Daget *et al.*, 1971). Pour chaque traitement, 3 lignes permanentes d'une longueur de 20 m ont été installées (Dembélé, 1996). Les relevés sont effectués annuellement à la période de développement maximal de la végétation herbacée (septembre).

Les caractéristiques du sol ont été évaluées en 1995 soit après trois années d'expérimentation pour le sol sableux (MI) et quatre années pour le sol limoneux (SK). Des densités apparentes ont été déterminées sur des échantillons de sol non remaniés (cylindre 100 cm³). Des tests d'infiltrométrie consistant à mesurer le temps *t* d'infiltration de 0,5 l d'eau versé dans un cylindre (500 cm² de section) légèrement enfoncé à la surface du sol ont été effectués. Sur chaque unité expérimentale, dix mesures ont été réalisées tous les deux mètres. Les données d'infiltrométrie sont exprimées par l'indice $1/\log(t)$; plus cet indice est élevé plus les temps d'infiltration sont courts. Sur chaque unité expérimentale, un échantillon, composite de 6 prélèvements entre 0 et 10 cm de profondeur, a été effectué en octobre 1995. Ces échantillons séchés et conditionnés ont été analysés pour déterminer les indicateurs suivants : pH(KCl) et pH(eau), carbone total, azote total, phosphore total, capacité d'échange cationique et bases échangeables. D'autre part, chaque échantillon a fait l'objet d'une analyse de carbone sur les fractions granulométriques, qui ont été séparées par une analyse mécanique sans destruction de la matière organique, d'après la méthode décrite par Feller (1995).

Résultats. Discussion

Dynamique des adventices

Le tableau 1 présente la liste des adventices sur les sites de Missira et Sira Koroba après respectivement trois et quatre années de jachère. Ce sont toutes des espèces annuelles à dissémination par graines mise à part *Cyperus rotundus* et *Waltheria indica*. (Le Bourgeois et Merlier, 1995). Les espèces les plus représentées à Sira Koroba sont *Pennisetum pedicellatum*, *Spermacoce stachydea*, *Spermacoce chaetocephala* et *Alysicarpus ovalifolius*.

Sur les sols sableux de Missira dominant *Spermacoce chaetocephala*, *Spermacoce stachydea*, *Zornia glochidiata*, *Cassia obtusifolia* et *Pennisetum pedicella*

Tableau 1. Fréquence relative (%) moyenne des adventices des cultures pour les différents mode de gestion du feu après 3 ou 4 années de jachère respectivement à Sira Koroba et Missira (Mali). Les adventices majeures selon Le Bourgeois et Merlier (1995) sont marquées en caractères gras

Espèces	Sira Koroba (sols limoneux) - SK						Missira (sols sableux) - MI					
	Protégé			Non Protégé			Protégé			Non Protégé		
	SF	FP	FT	SF	FP	FT	SF	FP	FT	SF	FP	FT
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	4	1		8	3	13			1			
<i>Bracharia lata</i>					1			3				
<i>Cassia mimosoides</i>	1	1	1	1	1	1		1				
<i>Cassia obtusifolia</i>				1			6	1	4	2	6	1
<i>Corchorus tridens</i>	1	1		1	1				1		1	1
<i>Cucumis melo</i>	7	2		4	1	1		2			1	1
<i>Cyperus rotundus</i>		2		1								
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>			2		1	2			6		3	6
<i>Digitaria horizontalis</i>	2	6	1	1	1		1	1			4	2
<i>Eleusine indica</i>		5										
<i>Eragrostis tremula</i>							2	2	5		3	7
<i>Eragrostis turgida</i>			1									
<i>Hyptis spicigera</i>						1						
<i>Indigofera pilosa</i>		1										
<i>Kyllinga sp.</i>				13	1	1						
<i>Leucas martinicensis</i>	1	1		1	1							
<i>Monechma ciliatum</i>				15								
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	59	28	14	66	9	6	14	1	1	4	3	
<i>Spermacoce chaetocephala</i>	1	4	3	7	17	8	56	46	27	66	2	14
<i>Spermacoce radiata</i>											3	5
<i>Spermacoce stachydea</i>	3	8	8	13	13	1	35	5	32	35	7	22
<i>Tephrosia linearis</i>										1		2
<i>Waltheria indica</i>							6					
<i>Zornia glochidiata</i>				1			4	2	8	16	5	5

Les figures 1 et 2 indiquent l'évolution dans le temps de la contribution des adventices au recouvrement total au nombre d'espèces totales. La contribution spécifique des adventices diminue très peu avec le temps : après quatre années de jachère, elle est encore de 55 à 65% sur les sols limoneux de Sira Koroba, et de 60 à 65% après trois ans sur les sols sableux de Missira. Les différences entre traitements feu ne sont pas significatives, sauf à Missira où le traitement feu précoce présente une baisse significative en troisième année de jachère. A Sira Koroba, la tendance semble indiquer une contribution spécifique des adventices inférieure pour le traitement feu tardif.

La somme des recouvrements spécifiques des adventices diminue avec le temps : de 60% environ à 40% après quatre ans à Sira Koroba. Cette baisse est moins marquée à Missira ; en trois années de jachère, le recouvrement des adventices est passé de 75% environ à 60%. Le feu a une influence sur la contribution du recouvrement. A Sira Koroba, l'absence totale de feu sur les parcelles non protégées maintient un recouvrement des adventices significativement supérieur (50%) par rapport aux deux autres traitements (environ 20%). Cet écart n'est pas significatif pour les parcelles protégées. Après trois ans à Missira, le recouvrement des adventices est significativement plus bas sur les parcelles feu tardif, que ce soit pour les parcelles protégées ou non protégées.

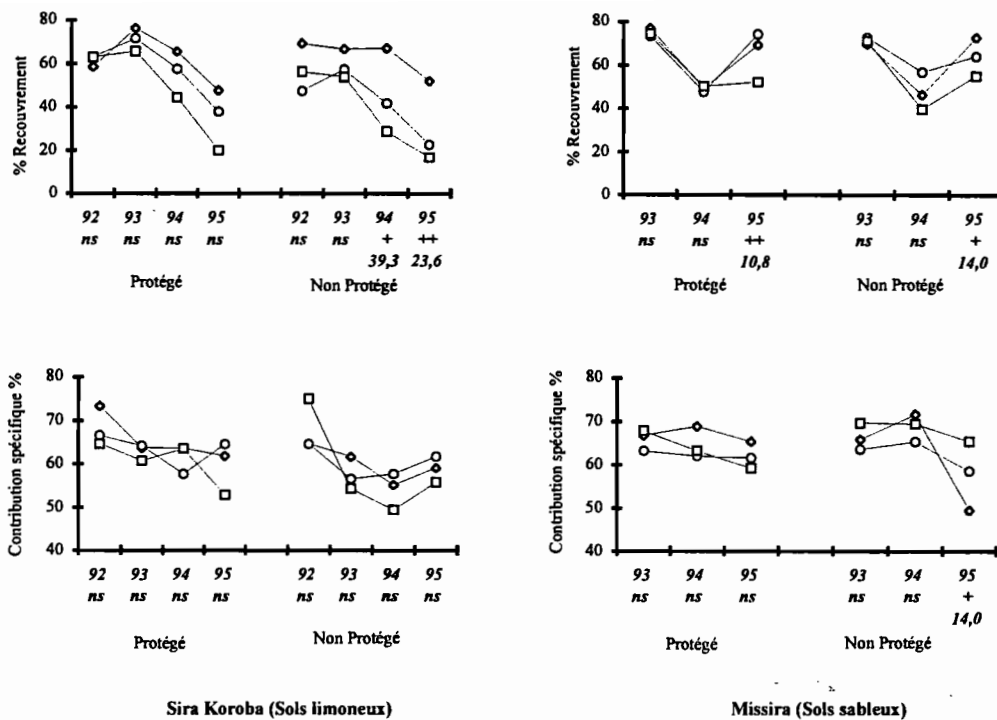


Figure 1. Recouvrement et contribution spécifique des espèces adventices pour les traitement sans feu (○), feu précoce (◌), feu tardif (◻) à Sira Koroba et Missira.

Anova (test F) pour chaque année : ns non significatif au seuil 5%, + significatif au seuil de 5%, ++ significatif au seuil de 1%, en cas de différences significatives entre traitements, l'écart critique (PLSD de Fisher) est indiqué en dessous.

Le rôle des adventices comme espèces indicatrices des stades de culture et des deux premières années de jachère a déjà été mis en évidence dans notre zone d'étude par Yossi (1996). Il s'agit de : *Digitaria horizontalis*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Spermacoce stachydea*, *Eragrostis tremula*, *Zornia glochidiata* et *Mitracarpus scaber*. La présence de la plupart de ces espèces, dans les mêmes stades de la succession et dans des zones climatiques presque similaires, a été signalée par Donfack *et al.* (1995) et Diatta (1994) respectivement au Cameroun et au Sénégal. En zone de savanes, les stades de la succession sont marqués par l'installation progressive, au delà de la seconde ou troisième année d'abandon cultural, des espèces à cycle biologique long. Dans nos essais il s'agit de *Pennisetum pedicellatum*, dans les parcelles soustraites au feu, et d'*Andropogon pseudapricus* dans celles soumises aux feux tardif et précoce (Dembélé, 1996). Les adventices ont en général une durée maximale de vie allant de 2 à 3 mois alors que les herbacées qui leur succèdent durent 4 à 6 mois. Comparativement aux adventices à cycle court, ces espèces à cycle long qui sont plus grandes présentent un système racinaire plus développé, leur permettant d'utiliser plus de ressources disponibles. Cet ensemble de caractéristiques biologiques, à l'avantage des espèces à cycle long, justifient leur dominance progressive et la régression des adventices.

Les stratégies de germination déterminent également la dynamique de la végétation dans les premières années après abandon cultural. Les adventices (le plus souvent annuelles), présentes dans les cultures, produisent des graines en abondance. La germination de ces espèces semble être favorisée par l'ameublissement du sol suite aux derniers travaux de binage (enfouissement des graines et la recharge hydrique du sol). Ces espèces présentent pour la plupart, dans les meilleures conditions, un taux élevé de germination avec un délai de germination relativement court (72 heures au maximum après une bonne pluie) et une vitesse de germination assez rapide (7 jours au maximum). Ces observations sont confirmées par les résultats des travaux de Dembélé (1996) sur le stock de graines viable du sol, concernant l'effet de la température sur la germination des espèces et sur l'étude des propriétés physiques du sol. D'autres travaux relatifs aux caractéristiques de germination des herbacées (adventices et autres) en zone soudano-sahélienne confirment ces observations (Breman et Cissé, 1977 ; Breman et de Ridder, 1991). Après trois ou quatre ans d'abandon, les conditions devenant moins favorables à leur germination (tassement du sol), ces espèces ne s'installent plus que difficilement. Au tassement du sol s'ajoute également l'effet éventuel du feu qui détruit une partie importante du stock grainier présent à la surface du sol, d'où une baisse plus forte du recouvrement des adventices dans les parcelles non protégées et avec feu.

Caractéristiques physico-chimiques du sol
(Tableau 2)

L'indice d'infiltration est significativement plus élevé pour les parcelles qui n'ont pas subi de feu, et ce pour les deux types de sols. On n'observe pas de différences significatives entre feu précoce et feu tardif. Les différences entre traitements sont moins importantes sur les parcelles non protégées. L'effet protection contre le pâturage apparaît essentiellement dans le cas des sols limoneux. Sur sols sableux, les fortes densités apparentes concernent toujours sur les parcelles avec feu tardif, qu'elles soient protégées ou non. Sur sol limoneux, les densités apparentes ne sont pas significativement différentes. La protection accentue l'effet d'un feu tardif sur les qualités physiques de l'épépédon avec un diminution de la porosité. En modifiant la présence de végétation et de litière à certaines périodes de l'année, le feu accentue, en début de saison des pluies, la sensibilité du sol à l'agressivité des pluies (Trollope, 1984 ; Kutiel et Inbar, 1993), augmentant les risques d'érosion et de dégradation (Casenave et Valentin, 1989). En absence de feu, la litière forme une couche protectrice importante contre les pluies agressives et favorise l'activité biologique; la densité apparente est plus faible et la porosité totale est plus grande. Les parcelles brûlées en début de saison sèche (feu précoce) présentent une mosaïque de zones à fort couvert végétal et de zones nues; les indicateurs de structure du sol présentent donc des valeurs moyennes intermédiaires.

Tableau 2. Caractéristiques physico-chimiques des sols après trois (Missira) ou quatre (Sira Koroba) années de jachère en fonction des traitements

	Protégé			pr>F	LSD	Non Protégé			pr>F	LSD
	Sans Feu	Feu Précoce	Feu Tardif			Sans Feu	Feu Précoce	Feu Tardif		
Missira (sols sableux)										
Densité apparente	1.39	1.47	1.51	0.00	0.05	1.46	1.5	1.58	0.00	0.05
Indice d'infiltration	0.52	0.47	0.47	0.01	0.03	0.48	0.45	0.45	0.29	
C mg.g ⁻¹	3.62	3.81	3.62	0.78		3.89	3.71	4.58	0.05	0.72
N mg.g ⁻¹	0.38	0.45	0.36	0.11		0.41	0.38	0.45	0.01	0.04
C/N	9.64	8.67	9.99	0.13		9.51	9.72	10.27	0.37	
C[0-2µm] mg.g ⁻¹	1.70	1.58	1.79	0.43		1.84	1.83	1.58	0.30	
C[2-20µm] mg.g ⁻¹	0.77	0.90	0.78	0.20		0.80	0.97	0.64	0.06	0.27
C[20-2000µm] mg.g ⁻¹	0.81	0.90	0.75	0.49		0.92	0.89	0.78	0.23	
pHeau	6.14	6.21	6.24	0.13		6.16	6.19	6.28	0.08	0.11
pHKCl	5.39	5.36	5.39	0.90		5.45	5.41	5.44	0.86	
CEC meq.100g ⁻¹	3.38	3.22	4.28	0.08	1.00	3.58	3.51	3.00	0.28	
P ppm	80	74	78	0.64		81	85	62	0.13	
Ca meq.100g ⁻¹	0.60	1.00	0.94	0.33		1.38	0.97	0.98	0.42	
K meq.100g ⁻¹	0.18	0.22	0.21	0.54		0.22	0.25	0.21	0.42	
Mg meq.100g ⁻¹	0.42	0.46	0.46	0.76		0.53	0.54	0.43	0.40	
Sira Koroba (sols limoneux)										
Densité apparente	1.40	1.39	1.4	0.92		1.45	1.46	1.46	0.85	
Indice d'infiltration	0.58	0.40	0.37	0.00	0.04	0.53	0.38	0.36	0.11	
C mg.g ⁻¹	6.86	6.25	7.30	0.21		7.54	7.67	7.59	0.99	
N mg.g ⁻¹	0.57	0.54	0.68	0.10	0.13	0.70	0.65	0.67	0.76	
C/N	12.2	11.6	10.7	0.26		10.9	11.9	11.4	0.46	
C[0-2µm] mg.g ⁻¹	3.49	3.41	4.30	0.56		3.42	3.37	3.98	0.08	0.54
C[2-20µm] mg.g ⁻¹	2.49	2.25	2.11	0.44		2.06	2.21	2.52	0.10	0.44
C[20-2000µm] mg.g ⁻¹	2.34	2.06	1.63	0.00	0.41	2.09	2.00	1.93	0.90	
pHeau	6.26	6.36	6.29	0.29		6.23	6.29	6.22	0.53	
pHKCl	5.56	5.75	5.53	0.06	0.19	5.52	5.56	5.46	0.53	
CEC meq.100g ⁻¹	10.00	8.62	7.76	0.05	1.77	8.25	8.31	8.87	0.77	
P ppm	116	107	103	0.28		100	102	102	0.97	
Ca meq.100g ⁻¹	2.18	2.31	2.35	0.96		1.31	1.88	2.04	0.35	
K meq.100g ⁻¹	0.36	0.49	0.35	0.31		0.29	0.36	0.31	0.36	
Mg meq.100g ⁻¹	1.15	1.09	0.95	0.29		0.93	1.02	1.11	0.52	

Après trois ou quatre années de jachère, les teneurs en carbone et azote total ne présentent pas de différences significatives entre les 3 modalités du facteur feu, exceptées sur les parcelles non protégées à Missira où l'azote total est significativement supérieur pour le traitement feu tardif (0.45 mg.g⁻¹), le taux de carbone total est significativement différent avec une probabilité α comprise entre 0,05 et 0,1. La capacité d'échange est

significativement supérieure sur les parcelles sans feu et protégées de Sira Koroba (10 meq.100g⁻¹) ; bien que les différences ne soient pas significatives, les taux de calcium et de magnésium sont supérieurs dans ces mêmes parcelles. Le phosphore total n'apparaît pas différent en fonction des traitements. Les modalités du feu ne modifient pas fondamentalement les caractéristiques analytiques du sol sur 0-10 cm de profondeur après 4 années de jachère. Ces observations rejoignent la plupart des travaux réalisés dans les savanes (Raison 1979; Menaut *et al.*, 1992). De même, les observations réalisées sur des essais de longue durée (plus de 30 ans) sur l'impact du feu ne montrent pas des modifications notables sur les quantités de carbone total (Trappnell *et al.*, 1975 ; Carreira et Niell, 1994). Le pH est modifié sur sol sableux par le feu, ce qui s'explique par l'apport des cendres qui ont tendance à alcaliniser le sol (Frost et Robertson, 1987). Le sol limoneux serait moins sensible à ce phénomène.

Pour les deux types de sol, le taux de carbone dans la fraction 0-2 µm ou fraction organo-minérale n'est pas modifié de manière significative par l'absence de feu ou par le feu précoce. Sur sol sableux, une légère différence significative apparaît sur la fraction 2-20 µm en faveur du traitement feu précoce. En condition de protection, aucune différence n'apparaît significative. Sur sol limoneux, les écarts entre traitements sur la quantité de carbone de la fraction grossière 20-2000 µm sont significatifs uniquement en condition de protection. Les parcelles sans feu présentent, dans cette fraction débris végétaux, 43% de carbone de plus que dans les parcelles en feu tardif. Le feu précoce montre des valeurs intermédiaires. Ces résultats concordent avec ceux de Feller (1995). Selon cet auteur, la dynamique du carbone et de l'azote dans les sols tropicaux à texture grossière est liée à la fraction débris végétaux (20-2000 µm). La fraction 0-2 µm qui remplit une fonction majeure dans le cycle interne de l'azote n'est pas modifiée significativement par les divers pratiques du feu sur les deux types de sols. La fraction débris végétaux est en relation étroite avec la biomasse végétale produite dans les jachères les phénomènes de décomposition de la litière et des racines (Masse *et al.*, 1997). Les parcelles sans feu présentent, avant les premières pluies, un couvert végétal important constitué des résidus de la saison de croissance précédente, et qui vont enrichir en carbone la fraction 20-2000µm. Par contre, le feu tardif limite l'accumulation de biomasse herbacée (Dembélé 1996). Les parcelles du traitement feu précoce sont caractérisées par une mosaïque de zones entièrement dénudées et de zones à couvert végétal beaucoup plus élevé où le feu n'a eu que peu d'effet au moment de son passage ; les valeurs obtenues pour le feu précoce sont intermédiaires à celles des deux autres traitements. Sur les sols limoneux, la protection contre le pâturage accentue les écarts entre traitements ; la production de biomasse herbacée est significativement supérieure dans les parcelles sans feu et non pâturées par rapport à tous les autres traitements (Dembélé 1996). Les différences entre traitements sont moins importantes dans les parcelles pâturées sur ces sols. Sur les sols sableux, la protection contre le pâturage atténue les écarts en biomasse herbacée entre les différentes pratiques du feu, ce qui expliquerait qu'il n'y ait pas de différences significatives sur la fraction débris végétaux dans les parcelles non pâturées, alors que cette différence apparaît en condition de non protection.

Conclusions

L'étude de l'impact des faux de brousse sur des jachères de courte durée a été menée sur deux types de sols différents. La période de mise à feu influe sur la dynamique de la végétation (recouvrement et composition) impliquant une modification des caractéristiques physico-chimiques des sols. Dans le cas de rotation cultures-jachères courtes, la gestion du feu et du pâturage est nécessaire pour bénéficier au maximum de l'effet jachère. Toutefois, les effets de cette gestion peuvent être contradictoires ; l'absence de feu ne permet pas une diminution rapide du recouvrement des adventices, par contre la protection contre le feu entraîne une augmentation de la biomasse végétale, modifiant de façon bénéfique le rôle protecteur contre l'érosion et accentuant la dynamique de la matière organique. La mise en culture de ces essais devra confirmer ces résultats fondés pour l'instant sur des observations et analyses de sol à la fin de la période de jachère.

Références bibliographiques

- Breman, H., Cissé A., 1977. Dynamic of sahelian pastures in relation to drought and grazing. *Oecologia (Berl.)*, 28 : 301-315.
- Breman, H., De Ridder N., 1991. Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Edition Karthala, ACCT, CABO-DOBLO et CTA. 485p.
- Carreira, J. A., and F.X. Niell 1994. Mobilization of nutrients by fire in semi-arid gorse-scrubland ecosystem of southern Spain. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 9 : 73-89.
- Casenave, A. et C. Valentin 1989. Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration.. Collection Didactiques. Editions de l'ORSTOM, Paris, France 229pp.
- Daget, P., R. Poissonnet, 1971. Une méthode d'analyse phyto-écologique des prairies : critères d'application. *Annales agronomiques* 22(1) : 5-41.
- Dembélé, F. 1996. Influence du feu et du pâturage sur la végétation et la biodiversité dans les jachères en zone soudanienne nord du Mali. Cas des jeunes jachères du terroir de Missira (Cercle de Kolokani). Thèse de Doctorat, Université de Aix-Marseille II, France 181pp.
- DeRouw, A., 1994. Effect of fire on soil, rice, weeds and forest regrowth in a rain forest zone (Côte d'Ivoire). *Catena* 22 : (2) 133-152.
- Diatta M., 1994. Mise en défens et techniques agroforestières au Sine Saloum (Sénégal). Effet sur la conservation de l'eau, du sol et sur la production primaire. Thèse de Doctorat, Université Scientifique Louis Pasteur (Strasbourg 1), Mention Géographie Physique. 202p.
- Donfack, P., Floret C. et Pontanier R., 1995. Secondary succession in abandoned fields of dry tropical Northern Cameroun. *Journal of Vegetation Science* 6 : 499-508.
- Feller, C. 1995. La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1 : 1 . Recherche de compartiments organiques fonctionnels. Une approche granulométrique. TDM, ORSTOM Editions, Paris, France 391pp + annexes.
- Floret, C., Pontanier R., et G. Serpantié 1993. La jachère en Afrique tropicale. Dossier MAB 16. UNESCO, Paris, France 86pp.
- Frost, P. G. H. and F. Robertson 1987. The ecological effects of fire in savannas pp93-140 in *Determinants of tropical savannas*, B.H Walker (ed.) IUBS, Monograph Series n°3 IRL Press Ltd.
- Gillon, D. 1983. The fire problem in Tropical Savannas pp617-641 in *Tropical savannas ecosystems of the world*, Bourlière F. (ed.) Elsevier, Amsterdam.
- Kutiel, P. and M. Inbar 1993. Fire impacts on soil nutrients and soil erosion in a mediterranean pine forest plantation. *Catena*, 20 : 129-139.
- Le Bourgeois, T., H. Merlier, 1995. Adventrop. Les adventices d'Afrique soudano-sahélienne. Montpellier, France, CIRAD-CA éditeur, 640p.
- Masse D., Dembélé F., Le Floc'h E. et Yossi H., 1997. Impact de la gestion des feux de brousse sur la qualité des sols des jachères de courtes durées dans les régions soudanaises du Mali. Séminaire régional "Gestion de la fertilité des sols dans les systèmes d'exploitation d'Afrique de l'Ouest", Université de Hohenheim/ICRISAT/INRAN, 4-8 mars 1997, Niamey, Niger.
- Menaut, J.-C., L. Abbadie and P.M. Vitousek 1992. Nutrient and organic matter dynamics in tropical ecosystems pp215-232 in *Fire in the environment. The ecological, atmospheric and climatic importance of vegetation fires*, P.J. Crutzen and J.G. Goldammer (eds.), Wiley and sons Ltd., Chichester, England.
- Mitja, D., H. Puig, 1993. Essartage, culture itinérante et reconstitution de la végétation dans les jachères en savane humide de Côte d'Ivoire. Dans : C.Floret et G. Serpantié (Eds), *La jachère en Afrique de l'Ouest*, 377-392. Collection Colloques et Séminaires. ORSTOM, Paris.
- Raison, R. J. 1979. Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to Nitrogen transformations : Review. *Plant and Soil*, 51 : 73-108.
- Trapnell, C.G., M.T. Friend, G.T. Chamberlain and H.F. Birch 1975. The effects of fire and termites on a Zambian woodland soil. *The Journal of Ecology* 64 (2) : 577-588.
- Trollope, W.S.W. 1984. Fire in Savanna pp149-176 in *Ecological effects of fire in South African ecosystems*, P.deV. Booysen and N.M. Tainton (eds.). Ecological studies 48, Springer-Verlag, Berlin, Germany, 426pp.

Transformation, durant la jachère, de l'horizon superficiel (0-10 cm) d'un sol ferrugineux du bassin arachidier sénégalais (Thyssé Kaymor)

J. L. CHOTTE¹, D. MASSE¹, R. PONTANIER¹, G. BELLIER²

1. Centre Orstom BP 1386, Dakar - Sénégal

2. Centre Orstom Ile de France, 93143 Bondy Cédex - France

Résumé

Une étude comparative de la teneur en matière organique, de la porosité totale et de la distribution pondérale des agrégats a été réalisée dans un sol ferrugineux en jachère (une jachère de 3 ans en défens So.JD3 et une jachère de 19 ans en défens So.JD19) ou sous culture (So.Cc). La carbone et l'azote organiques sont déterminés selon la méthode Walkey et Black et la méthode Kjeldahl. La porosité totale est obtenue par analyse d'image en 2 dimensions d'une lame mince confectionnée après imprégnation d'un bloc (10 cm x 10 cm x 10 cm) de sol non-perturbé. La distribution pondérale est obtenue après avoir fractionné un échantillon de sol non-perturbé selon une méthode physique douce. Les fractions > 2000 µm sont collectées par tamisage, et les fractions 2-50 µm et 0-2 µm par sédimentation.

La teneur en C et N organique des sols en jachère est supérieure à celle du sol sous culture. La porosité totale du sol So.JD19 est respectivement deux fois et quatre fois plus élevée que celle du sol So.JD3 et So.Cc. Les agrégats > 2000 µm sont pondéralement les abondants dans So.JD19, comparés à ceux isolés dans So. JD3. A l'opposé, c'est dans cette dernière situation, que les agrégats 50-2000 µm et la fraction 0-2 µm sont les plus abondants.

Mots-clé : porosité totale – agrégats – sol ferrugineux – matière organique – jachère.

Changes of oxisol characteristics (0-10 cm) during fallow periods in senegalese ground nuts belt (Thysse Kaymor)

Abstract

Comparisons have been made of total soil organic matter content (C and N), total soil porosity and weight distribution of soil aggregates in an oxisol either under different fallows (a 3 year-old fenced fallow So.JD3 and a 19 year-old fenced fallow So.JD19) or cropped (So.Cc). Organic carbon and nitrogen contents were respectively determined by the Walkey and Black and the Kjeldhal methods. Total soil porosity was assessed by image analyses performed on a 2-D thin section of embedded undisturbed soil sample (10 cm x 10 cm x 10 cm). Soil aggregation was investigated using a gentle physical fractionation method. Aggregates > 2000 µm and 50-200 µm were collected by sieving, those of 2-50 µm and 0-2 µm sizes by sedimentation.

Soil organic matter contents were the highest under the fallows. Total soil porosity was twice cropped situation (So. Cc). The greatest differences in the weight distribution of soil aggregates were observed when comparing the aggregate size fractions > 2000 µm, 50-2000 µm and 0-2 µm of So.JD3 and So. JD19. The two latter were the most abundant in So. JD3. By contrast the coarsest fraction > 2000 µm dominated in So. JD19.

Key words : soil porosity – aggregates – oxisol – SOM – fallow.

Introduction

Le sol est un milieu complexe formé de trois phases : une phase solide constituée de particules organiques ou minérales, une phase liquide et une phase gazeuse. Les particules existent isolément, ou associées dans des unités organo-minérales. L'abondance, la taille, la forme de ces agrégats et celles de vides associés définissent la structure des sols (Brewer, 1964).

De nombreuses études ont souligné l'influence de la matière organique et donc des systèmes de culture sur la structure des sols tropicaux (*i.e.*: Dutartre *et al.*, 1993, Feller *et al.*, 1996)

Cet article, présente les premiers résultats des effets des modes de gestion des jachères sur les caractéristiques physiques des sols, et tout particulièrement la porosité totale et la distribution en classes d'agrégats.

Matériel et Méthodes

Les situations

Les situations étudiées sont localisées à Sonkorong, village de la communauté rurale de Thyssé Kaymor (département de Niour du Rip, Sénégal). Le climat de cette région est de type soudano-sahélien avec une saison des pluies de juin à octobre et une pluviométrie annuelle de 600 à 1000 mm. Le sol est un sol ferrugineux tropical lessivé (Niang, 1995). Pour ce travail, les prélèvements de sol ont été réalisés en janvier 1996 dans parcelles suivantes :

- une parcelle mise en jachère en 1977 et en défens en 1988 (Diatta, 1994), âgée de 19 ans au moment de l'étude (So.JD19),
- une parcelle mise en jachère et en défens en 1993 (UE, 1994), âgée de 3 ans au moment de l'étude (So.JD3),
- une parcelle cultivée (rotation mil - arachide) (Pate, 1997) (So.Cc).

Matière organique

Les teneurs en carbone et azote organiques (mg.g⁻¹ sol) sont respectivement déterminées par la méthode Walkley et Black et la méthode Kjeldhal. Ces mesures sont réalisées sur un échantillon composite issu de 6 prélèvements. Les échantillons sont séchés à l'air, tamisés à 2 mm et broyés (<0,2 mm) avant les analyses.

Porosité

Deux échantillons de sol (horizon 0-10 cm) non perturbés ont été prélevés à l'aide de boîtes métalliques (10 cm x 10 cm x 10 cm) dans chaque parcelle. Un bloc est solidifié par imprégnation dans une résine époxy contenant un composé fluorescent (uvitex) après un échange eau-acétone qui permet de conserver intact la structure du sol. Une lame mince est confectionnée dans la partie centrale du bloc. Cette lame est observée en lumière fluorescente réfléchie. Seuls les pores, remplis de résine, réfléchissent le faisceau lumineux et se détachent de la matrice organo-minérale qui reste sombre. Les images sont ensuite traitées par ordinateur à l'aide d'un logiciel d'analyse d'image (Visilog) permettant de calculer la surface occupée par les vides. Cinq plages différentes sont analysées sans grossissement, permettant de couvrir 60% de la surface totale de la lame. Les résultats expriment le pourcentage moyen de la surface totale de la plage occupée par les vides.

Agrégation

La distribution pondérale des agrégats a été déterminée après fractionnement granulométrique (Chotte *et al.*, 1993). Il s'agit d'une méthode qui permet d'isoler des agrégats en respectant l'organisation naturelle du sol. L'énergie mise en œuvre est nulle dans la mesure où l'échantillon de sol n'est pas agité. Cette méthode est particulièrement adaptée à l'étude des habitats microbiens. Trois parties aliquotes (150 g) de sol non perturbé, sont prélevées dans le second bloc. Elles sont ensuite immergées dans de l'eau distillée durant 36 heures. Les résidus végétaux > 200 µm sont triés manuellement. Les fractions > 2000 µm, 50-2000 µm sont collectées par tamisage. La fraction 2-50 mm est récupérée par sédimentation. La fraction 0-2 µm est concentrée par centrifugation. Les résultats présentent les valeurs pondérales moyennes. Ils ne concernent que les situations So.JD19 et So.JD3 (les analyses sont en cours pour So.Cc).

Résultats

Matière organique

Les teneurs en C et N des sols sous jachère sont plus élevées que celles mesurées sous culture (Tableau 1). C'est dans la situation So.JD19 que les valeurs les plus élevées ont été enregistrées. Les valeurs des rapports C/N sont proches (17) sous jachère (So.JD3 et So.JD19). Elle est légèrement supérieure (24) sous culture, probablement en raison de la présence de charbon de bois provenant des résidus de culture brûlés avant chaque cycle de culture.

Tableau 1. Teneurs en carbone et azote organiques (mg.g^{-1} sol) du sol (0-10 cm)

Situation	C (mg.g^{-1} sol)		N (mg.g^{-1} sol)		C/N
	moyenne	écart type	moyenne	écart type	
So.Cc	6,57	2,72	0,27	0,04	24
So.JD3	7,91	1,07	0,47	0,01	17
So.JD19	9,57	1,90	0,59	0,15	16

Porosité

Pour les différentes situations, la surface occupée par les vides est la suivante :

- So.Cc : 6,7 %
- So.JD3 : 13,0%
- So.JD19 : 24,0%.

Les différences sont significatives (PLSD Fisher, $p < 0,05$). Sous culture (So.Cc), les vides sont surtout des vides d'entassement (Figure 1). On note cependant la présence d'une macroporosité peu abondante, localisée dans la partie supérieure de l'horizon. Cette macroporosité est plus abondante dans la situation So.JD3. Il s'agit principalement de pores tubulaires horizontaux dont le diamètre peut aller jusqu'à 1 cm. La porosité est la plus élevée dans la situation So.JD19, où elle représente près d'un quart de la surface totale de la lame soit deux fois plus que dans la situation So.JD3 et 4 fois plus que dans la situation cultivée (So.Cc). Comme pour la situation So.JD19, les pores sont de type tubulaire dont certains sont verticaux. Ces pores sont répartis sur la totalité de l'horizon 0-10 cm. Il s'agit d'une porosité d'origine biologique (macrofaune).

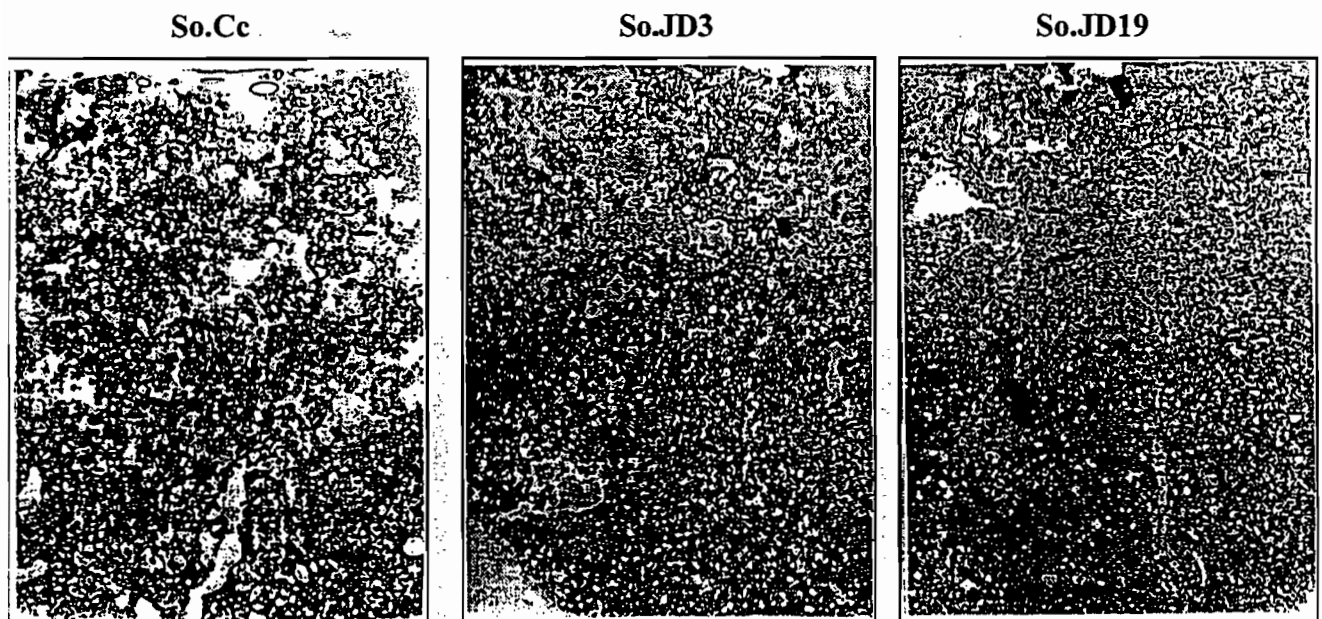


Figure 1. Images des lames de sol (lumière fluorescente réfléchie, grossissement 1)

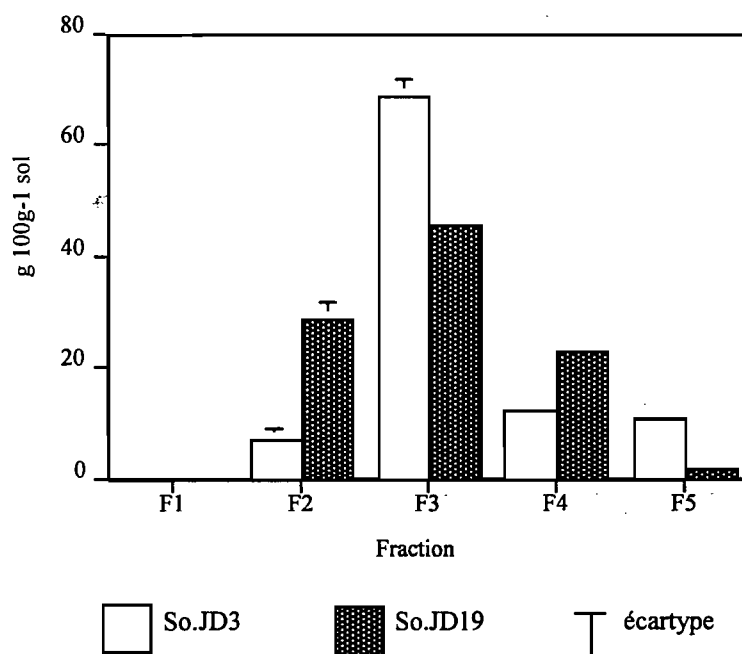
Agrégation

La classe $> 2000 \mu\text{m}$ est significativement la plus abondante dans la situation So.JD19 (Figure 2). Elle représente respectivement 29% et 7% du poids du sol total des situations So.JD19 et So.JD3. Cette classe est constituée exclusivement d'agrégats dont la cohésion semble assurée par les racines. Les agrégats plus petits (fraction 50-2000 μm) représentent respectivement 70% et 46% du poids du sol dans So.JD3 et So.JD19. La classe micro-agrégée 2-50 μm est près de deux fois plus abondante dans So.JD19 (23% du poids du sol total) que dans So.JD3 (12%). A l'inverse, la quantité d'argile dispersée est nettement plus élevée pour So.JD3 (11% du poids du sol total), comparée à celle enregistrée pour So.JD19 (2%). Ces argiles représentent respectivement 100% et 20% des argiles granulométriques obtenue par analyse mécanique, c'est à dire après destruction de la matière organique et dispersion totale des particules minérales.

Conclusions

Dans le terroir arachidier du Sénégal (Thyssen-Kaymor), l'arrêt des cultures et l'installation d'une jachère naturelle mise en défens permet d'accroître la teneur en matière organique de l'horizon 0-10 cm. Dans ces sols ferrugineux sableux, le développement des ligneux et d'une strate herbacée, végétation à forte restitution racinaire, favorisent l'apparition d'une macroporosité d'origine biologique et de macro-agrégats $> 2000 \mu\text{m}$. Ces premières conclusions seront complétées par l'étude de la distribution des pores selon leur taille et par une caractérisation détaillée des agrégats (teneur en matière organique, en argile...).

Cependant, l'impact de ces modifications sur la nutrition minérale et la production des cultures reste à déterminer. La mise en culture de ces situations, le suivi de ces paramètres et la mesure des rendements des cultures vont nous permettre de préciser l'importance des propriétés physiques dans la fertilité des sols ferrugineux tropicaux de cette partie du Sénégal.



F1 : résidus végétaux ; F2 : Fraction $> 2000 \mu\text{m}$; Fraction 50-2000 μm ; F4 : Fraction 2-50 μm ; F5 : Fraction 0-2 μm

Figure 2. Distribution pondérale en classe d'agrégats dans les deux situations de jachère

Références bibliographiques

- Brewer, R. 1964. Fabric and mineral analysis of soils. John Wiley & Sons, Inc., New York, London, Sydney, 470p.
- Chotte, J. L., Villemin, G., Guilloire, G. and Jocteur Monrozier, L., 1993. Morphological aspects of microorganism habitats in a vertisol. in International Workshop on Soil Micromorphology (Townsville, Australia, 12-17 July 1992). Elsevier, Amsterdam, The Netherland, pp. 395-403.
- Diatta, M. 1994. Mise en défens et techniques agroforestières au Sine Saloum (Sénégal). Effet sur la conservation de l'eau, du sol et sur la production primaire. Thèse de Doctorat, Université de Strasbourg I, 202 p.
- Dutartre, P. Bartoli, F., Andreux, F. et Portal, J. M. 1993. Influence of content and nature of organic matter on the structure of some sandy soils from West Africa. *Geoderma* 56, pp. 459-478.
- Feller, C., Albrecht A. et Tessier D. 1996. Aggregation and organic carbon storage in kaolinitic and smectitic tropical soils. In : Carter M.R. (Ed.), Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils. Advances in Soil Science. CRC Press, Bacon Raton, FL.
- Niang, A. 1995. Caractérisation pédohydrique des sites d'essai du programme jachère au Sénégal, à Sonkorong (Nioro du Rip) et Saré Yorobana (Kolda). Mémoire Ingénieur UCAD, 45 p.
- Patte, E. 1997. Analyse spatio-temporelle des peuplements de nématodes du sol dans les systèmes de culture à jachères au Sénégal. Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard Lyon I, 170 p.
- UE, 1994. Raccourcissement du temps de jachère, biodiversité et développement durable en Afrique Centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali). Rapport scientifique 1994. Contrat TS3-CT93-0220 (DG12 HSMU) CCE..

Différenciation structurale et distribution de la matière organique, de ses fractions et de leur niveau de minéralisation, dans les jachères : le rôle des espèces clefs de la jachère au Burkina Faso (*Andropogon spp.*).

N. A. SOME¹, P. De BLIC²

1. Université Polytechnique de Bobo, BP 1091 Bobo Dioulasso - Burkina Faso

2. Orstom/Ouagadougou, BP 182 Ouagadougou - Burkina Faso

Résumé

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. 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 deux modèles prédictifs et/ou explicatifs :

- un modèle de représentation de la différenciation structurale du sol en fonction de la nature et de la structure des communautés végétales post-culturelles: les espèces herbacées créent en effet au niveau de leur rhizosphère, une différenciation structurale locale. Cette différenciation structurale amorce 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 dans les jachères: les données des analyses chimiques et biologiques permettent de préciser la contribution dans le temps et dans l'espace des types bio-morphologiques à la constitution des stocks de matières organiques labile et stabilisée.

Ces deux modèles s'ajustent parfaitement en fonction du paramètre temps de jachère et du rôle fondamental de quelques espèces qui peuvent être considérées comme des espèces clefs de la succession post-culturelle.

Mots clé : zone soudanienne - Burkina Faso - succession post-culturelle - structure des communautés - espèces clefs - différenciation structurale du sol - matières organiques.

Effets of key species of fallow (*Andropogon spp.*) on soil structural differentiation and organic matter dynamics under fallow (Burkina Faso).

Abstract

In postcultural succession, vegetation replacement modified the physical, chemical and biological properties of soil. Analyses of soil characteristics permitted the study of any modifications in the physical, chemical and biological properties of soil and plant succession. The mechanism of component soil improvement was summarized through two conceptual models :

- 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 organic matter distribution in soil and nutrient pathways in fallow.

These two models correspond in relation to age from abandoned farmland and the fundamental rôle of key species of fallow. In post-cultural succession, key species of fallow induce precise structural differentiations. The study of organic matter in soil permitted the definition of the rôle of different biological groups of species to organic matter storage and availability in soil. Some applications of these results have been discussed.

Key words : Soudanese area - Burkina Faso - post cultural succession soil - structural differentiation - soil organic matter - key species - Biological management - sustainability.

Introduction

Le milieu post-cultural, système spatial dynamique, est le site même de reconstitution certains potentiels biophysicochimiques naturels «détériorés» 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. En effet, l'effet améliorant des jachères a été montré par de nombreux auteurs. 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).

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 de la formation des structures du sol et du stockage de la matière organique.

La relative homogénéité du terroir de Sobaka offre l'opportunité d'aborder les jachères sous le double angle du suivi diachronique et synchronique, de mieux appréhender les phénomènes écologiques dans les systèmes post-cultureux en prenant en compte une microvariabilité stationnelle souvent définie à très petite échelle (celle de la relation sol/plante par exemple).

Matériel et méthodes

La zone d'étude montre la nette dominance des sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés (Zombre *et al.* 1994) avec des profondeurs variables de l'horizon induré (carapace ferrugineuse). La texture, sableuse à sablo-argileuse en surface, passe progressivement à argilo-sableuse en profondeur. 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 sablo 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 BFe induré qui peut apparaître à partir de 40 à 50 cm, 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 des horizons est 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.

Nous avons identifié et cartographié sur les parois des profils de petites unités morphologiques homogènes (UMH) définies par leur état structural. Celui-ci est caractérisé par une observation de la taille, de la forme et de l'assemblage des éléments structuraux (Henin *et al.*, 1969; Manichon, 1982 ; de 1990). La proportion des structures identifiées a été estimée par le pourcentage des surfaces qu'elles occupent dans la tranche de sol étudiée.

Des mesures de résistance à la pénétration ont été effectuées sur les profils si possible en conditions de sol humide ou ressuié, au moyen d'un pénétromètre de poche à cône (type Yamanaka). Huit à dix répétitions ont été réalisées dans chaque UMH sur la face d'observation des profils.

La porosité totale a été estimée à partir des mesures de densité apparente (méthode au cylindre, 100cc, 5 à 6 répétitions par UMH) et de densité réelle (méthode classique au pycnomètre à eau). Dans une dizaine de profils, des mottes de 20 g ont été prélevées et la densité apparente mesurée par la méthode au pétrole (Gras, 1988) :

- la distribution dimensionnelle des pores est déterminée par extraction progressive de l'eau des échantillons préalablement saturés et disposés sur un bac à sable,
- des mesures d'infiltration ont été effectuées *in situ* au moyen d'un infiltromètre à membrane poreuse (TRIMS) susceptible de délivrer l'eau sous des tensions négatives (succions) réglables (Reynolds et Elrick, 1991). Fonction des caractéristiques dimensionnelles de l'espace poral, le débit d'infiltration et la sorptivité ainsi que les paramètres dérivés (conductivité hydraulique, rayon poral moyen)

fournissent une mesure de l'état structural. A l'aide de la formule de Poiseuille les valeurs correspondantes de macroporosité fonctionnelle (Dunn et Philipps, 1991) ont été calculées.

Les analyses chimiques ont été réalisées selon les indications fournies par Anderson et Ingram (1993), Some, (1996).

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, de moins de dix ans, à herbacées annuelles avec *Andropogon pseudapricus* comme espèce nettement dominante (recouvrement >80%) ;
- des jachères, de 12 à 15 ans, à herbacées pérennes avec *Andropogon gayanus* présentant un recouvrement de plus de 80% 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 Fc 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.

Résultats

Type de structure et nature du couvert végétal

A l'échelle de la station, et plus particulièrement dans l'horizon humifère, la différenciation latérale de structure du sol, est en relation étroite avec la nature du couvert végétal herbacé (figure 1). 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 1.

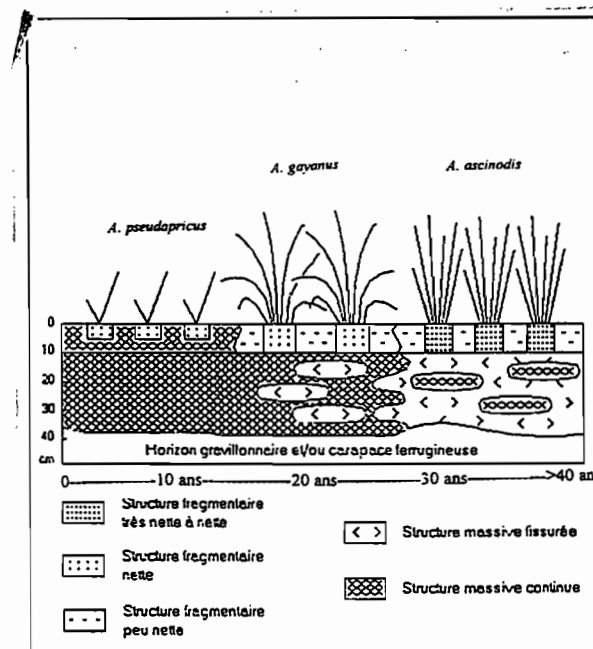


Figure 1. Différenciation structurale du sol sous *Andropogon spp*

Dans les jachères à 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 dm² bien répartis ; 3 à 4 macropores biologiques par dm²; un enracinement fasciculé avec des racines de diamètre inférieur à 3 mm. La résistance à la pénétration est en moyenne de 3.7 kg/cm².
- 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 radicules d'herbacées. Cet horizon est souvent parcouru par les racines des ligneux.
- >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 2 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 activités 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 la 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.

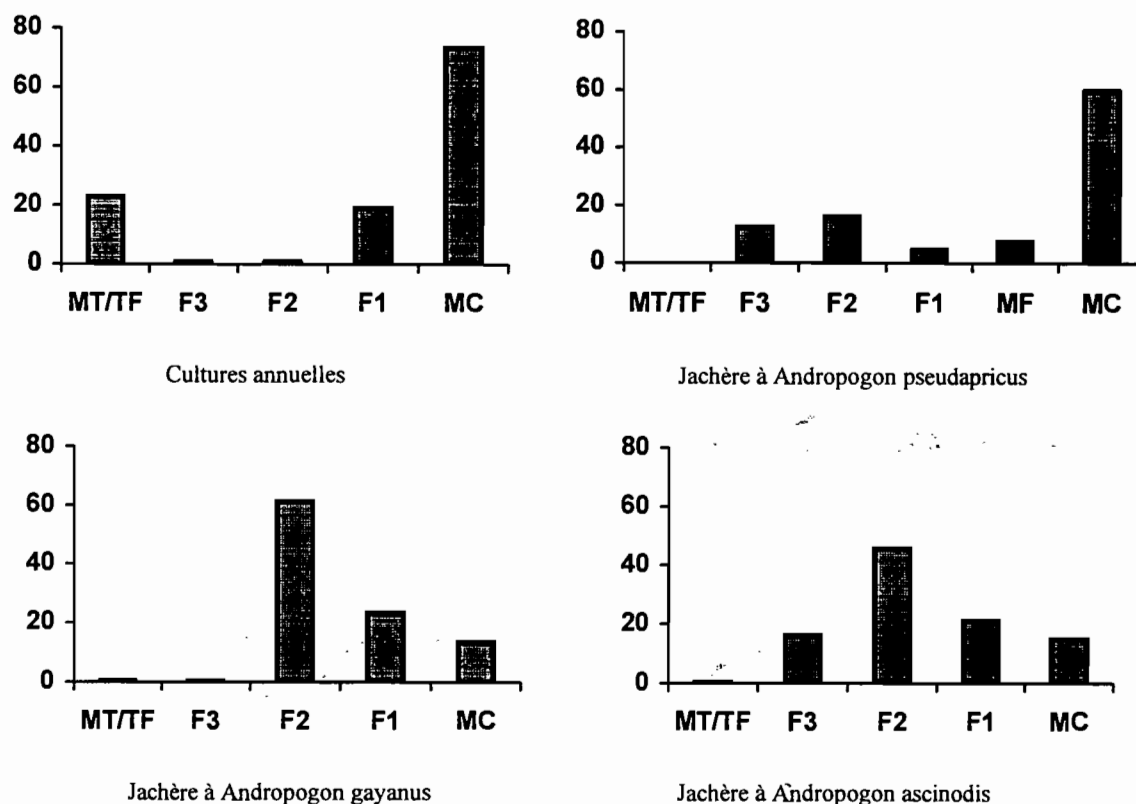
On peut donc dire, que la structure fragmentaire très nette, en agrégats polyédriques fins, observée sous *A. ascinodis*, offre donc les meilleures possibilités d'alimentation hydrique et minérale et d'activités biologiques en raison d'une bonne aération de la masse du sol.

Résistance à la pénétration sous culture et sous jachère

Pour l'horizon 0-10 cm, en situation non piétinée, les valeurs les plus élevées ont été mesurées sous jeunes jachères à herbacées annuelles (Jap), les plus faibles sous les touffes d'andropogonées pérennes. Sous culture, la résistance moyenne est du même ordre de grandeur que dans les jachères à andropogonées pérennes en position hors touffe. Entre 10 et 20 cm de profondeur, les valeurs les plus faibles ont été obtenues sous culture. Les mesures sur zones « hors touffe, piétinées » ont été effectuées sous des cheminements préférentiels du bétail; elles mettent en évidence une augmentation importante de la compacité dans les 20 cm supérieurs du sol par rapport aux situations non piétinées.

Porosité

Sous culture (Can), la porosité de l'horizon superficiel (0-10 cm) estimée par la méthode du cylindre est de 38.5%. Sous jachère à *A. pseudapricus* (Jap), elle est de 36.5%. Sous jachère à *A. gayanus* (Jag), elle est de 39%. Enfin sous jachère à *A. ascinodis*, la porosité est de 40.5%.



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

Figure 2. Etat structural de l'horizon 0-10 cm sous culture et sous jachère

Dans les jachères à andropogonées pérennes, l'effet touffe est peu marqué: la porosité de l'horizon superficiel est en moyenne plus élevée de deux points seulement sous touffe que hors touffe. Dans l'horizon 10-20 cm, la porosité ne présente pas de variation significative avec le type d'occupation du sol (culture ou jachère) ni avec la structure de la végétation (sous touffe ou hors touffe). Sa valeur moyenne est de 38.5%.

La porosité estimée sur des mottes par la méthodes au pétrole est d'environ 35%. Elle varie très faiblement avec le type d'occupation du sol et peut être considérée comme une caractéristique intrinsèque de l'horizon considéré. Par différence avec la porosité mesurée au cylindre (« porosité totale »), il peut être déduit une porosité structurale qui, pour l'horizon 0-10 cm, est de: 3.5% sous culture, 1.5% sous jachère à *A. pseudapricus*, 4% sous jachère à *A. gayanus* et de 5.5% sous jachère à *A. ascinodis*.

Distribution dimensionnelle des pores

Les volumes poraux correspondant aux différentes classes de taille sont exprimés en pourcentage de la porosité totale (figure 3).

En caractérisant chacun des matériaux par un «spectre poral», la figure 3 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 µm représente 50% de la porosité totale et les classes 50-100, 100-200 et > 200 µm 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 < à 50µm et 10%, 6% et 25% respectivement pour les pores de diamètre 50-100, 100-200 et > 200 µm. Les variations en valeur absolue des différentes classes de porosité se font dans le même sens que celle de la porosité totale.

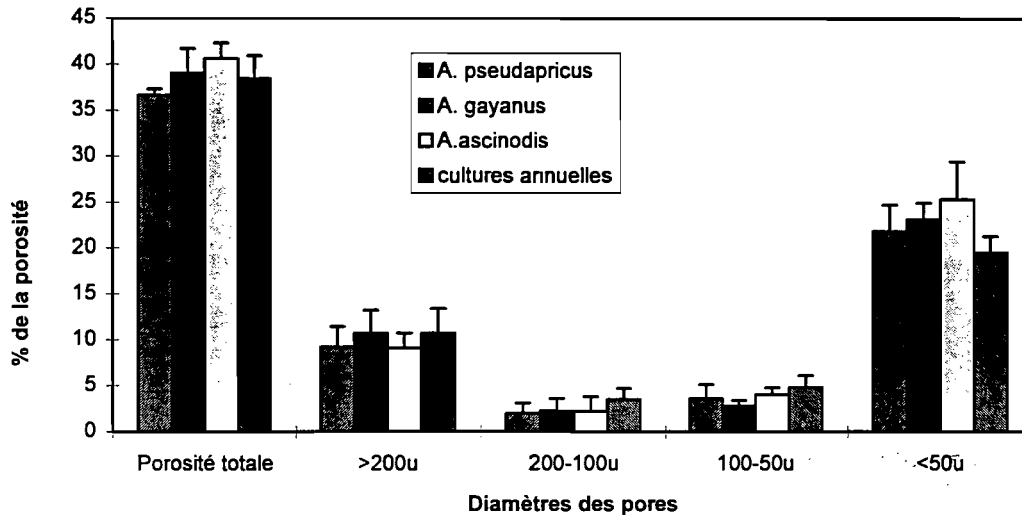


Figure 3. Porosité totale et distribution dimensionnelle des pores

La porosité d'un horizon est une notion essentielle pour tout ce qui concerne l'infiltration de l'eau, la circulation des fluides (eau et air) et les possibilités d'enracinement (Baize et Jabiole, 1995). La macroporosité (>200µm 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 < 200µm) montre que c'est dans les jachères à *Andropogon ascinodis* que celle-ci 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 fonctions de rétention de l'eau par les pores.

Sorptivité en régime initial d'infiltration

La sorptivité capillaire exprime la capacité plus ou moins grande que possède le sol à absorber l'eau par capillarité et dépend étroitement de la configuration poral, c'est à dire de l'état structural du sol. Sa valeur est obtenue pour les premiers stades de l'infiltration. A partir de la mesure de la sorptivité, on peut obtenir d'autres paramètres hydriques (White et Perroux 1987, 1989) si l'on fait pour cela l'hypothèse que les forces capillaires régissant l'entrée de l'eau dans les sols sont les mêmes après établissement du régime permanent qu'au début du processus d'infiltration.

Les mesures de sorptivité ont été réalisées à trois valeurs de tension d'entrée d'eau (10 mm, 30 mm et 60 mm). Chaque valeur est la moyenne de 10 mesures au moins.

Si l'on désigne par S10, S30 et S60 les valeurs de sorptivité mesurées aux tensions 10,30 et 60 mm on peut avancer que :

- la différence S10-S30 mesure le rôle des macropores fonctionnels de diamètre compris entre 3 et 1 mm.
- de même la différence comprise entre S30 et S60 se rapporte aux pores de diamètres compris entre 1 et 0.5 mm
- S60, enfin mesure la macroporosité fonctionnelle inférieure à 0.5 mm.

Sous culture (Mil-HB et Mil-B), les pores grossiers (3-1 mm) jouent un rôle prédominant dans l'infiltration. On remarque aussi que le modèle cultural (billon et interbillon) ne modifie pas la porosité inférieure à 0.5 mm. Il en va de même, à un moindre degré, sous jachère à *A. ascinodis* où l'effet touffe apparaît peu marqué.

Sous jachère à *A. gayanus*, le rôle de la macroporosité fine (<0.5 mm) prédomine nettement hors touffe et reste très important en position touffe. L'effet « touffe », bien marqué, concerne essentiellement les pores de diamètre supérieur à 0.5 mm.

Sous jachère à *A. pseudapricus* et sous défriche, les valeurs de sorptivité mettent en évidence une infiltration bien répartie dans les différentes classes dimensionnelles de macropores.

La matière organique et son niveau de minéralisation dans les jachères

Sur différents échantillons prélevés sur le terrain, des analyses chimiques et biologiques ont été effectuées et ont permis de proposer un modèle de la distribution de la matière organique, de ses fractions et de leur niveau de minéralisation dans les jachères.

Approche quantitative : les stocks organiques et leur niveau de minéralisation

Le tableau 1 donne les teneurs en carbone et azote total des épipdons des différentes situations.

Tableau 1. Teneurs moyennes en carbone total et azote total

	NE	N(%)	ES	C(%)	ES	C/N
Hors touffes						
<i>A. pseudapricus</i>	44	0.54	0.002	0.86	0.03	15.9
<i>A. gayanus</i>	52	0.42	0.001	0.63	0.02	15.0
<i>A. ascinodis</i>	52	0.38	0.001	0.58	0.02	15.1
Sous ligneux	44	0.44	0.002	0.64	0.03	14.6
Ligneux	50	0.43	0.001	0.69	0.03	16.1
Cultures annuelles	50	0.44	0.002	0.48	0.03	9.0
Sous touffes						
<i>A. pseudapricus</i>	54	0.54	0.002	0.85	0.03	15.5
<i>A. gayanus</i>	52	0.52	0.001	0.77	0.02	14.9
<i>A. ascinodis</i>	50	0.42	0.001	0.64	0.02	15.3
Sous ligneux	52	0.54	0.002	0.74	0.03	14.
Cultures annuelles	54	0.51	0.002	0.77	0.03	15
Fc = 13.55	Fα = 2.66	α = 0.005	ES= erreur standard	NE= Nombre d'échantillons		

Le tableau 2 donne la production cumulée de CO₂ et le potentiel de minéralisation du C.

Tableau 2. 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
µg C g⁻¹ sol sec				
sous touffe	257.15 a	459.33 b	229.64 c	80.91 d
hors touffe	31.38 a	226.38 b	199.50 c	non mesuré
Coéf. minéralisation				
sous touffe	3.3 a	5.9 b	3.6 a	0.9 c
hors touffe	0.4 a	3.6 b	3.4 b	2.3 c
	Fc = 8.677	Fα = 4.48	α = 0.005	

Le tableau 3 donne le potentiel de minéralisation de l'azote.

Tableau 3. 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

	A. pseudapricus	A. gayanus	A. ascinodis	Sous-ligneux
µg N-NH ₄ , g ⁻¹ sol sec				
sous touffe	1.75 a	3.61 b	3.12 b	0.80 c
hors touffe	1.03 a	2.21 b	1.33 c	non mesuré
µg N-NO ₃ , g ⁻¹ sol sec				
sous touffe	0.20 a	0.30 a	0.20 a	0.15
hors touffe	0.05 a	0.09a	0.04 a	non mesuré
- pour N-NH ₄ ,	Fc = 9,247	Fα = 4.48	α = 0.005	
- pour N-NO ₃ ,	Fc = 1.043	Fα = 4.48	α = 0.005	

Le tableau 4 donne la biomasse microbienne.

Tableau 4. Biomasse microbienne en µgN g⁻¹ sol. A l'intérieur de chaque ligne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes

	A. pseudapricus	A. gayanus	A. ascinodis
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	Fc = 6.817	Fα = 4.48 α = 0.005	
pour échantillons non incubés	Fc = 7.39	Fα = 4.48 α = 0.005	

Le tableau 5 donne le coefficient de régression linéaire entre la biomasse microbienne et les autres éléments du sol.

Tableau 5. Coefficient de régression linéaire entre la biomasse microbienne et les autres éléments du sol.

	Azote	Carbone	N-NH ₄	N-NO ₃	CO ₂ cumulé
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			

Production de CO₂ et potentiel de minéralisation de C et N

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).

Biomasse microbienne

Concernant la biomasse microbienne on constate sur les tableaux 4 et 5 que :

- la biomasse microbienne sous touffes à herbacées pérennes, est 2 à 3 fois supérieure à celle que l'on trouve sous touffes à herbacées annuelles. Hors touffes les biomasses microbienne sont sensiblement les mêmes ;
- la corrélation est positive et forte entre les productions d'azote ammoniacal et de CO₂ et la biomasse microbienne.

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 : 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 le stockage et l'accumulation des éléments nutritifs par le complexe absorbant (Hoefsloot *et al.* 1993). Young (1987) ; Feller *et al.* (1993) distinguent trois fractions tandis que Jenkinson et Rayner (1977) distinguent cinq fractions ;
- + 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 de 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 cet 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) de bons indicateurs à court terme des changements de la matière 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 4 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 stabilisées et labiles (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 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.

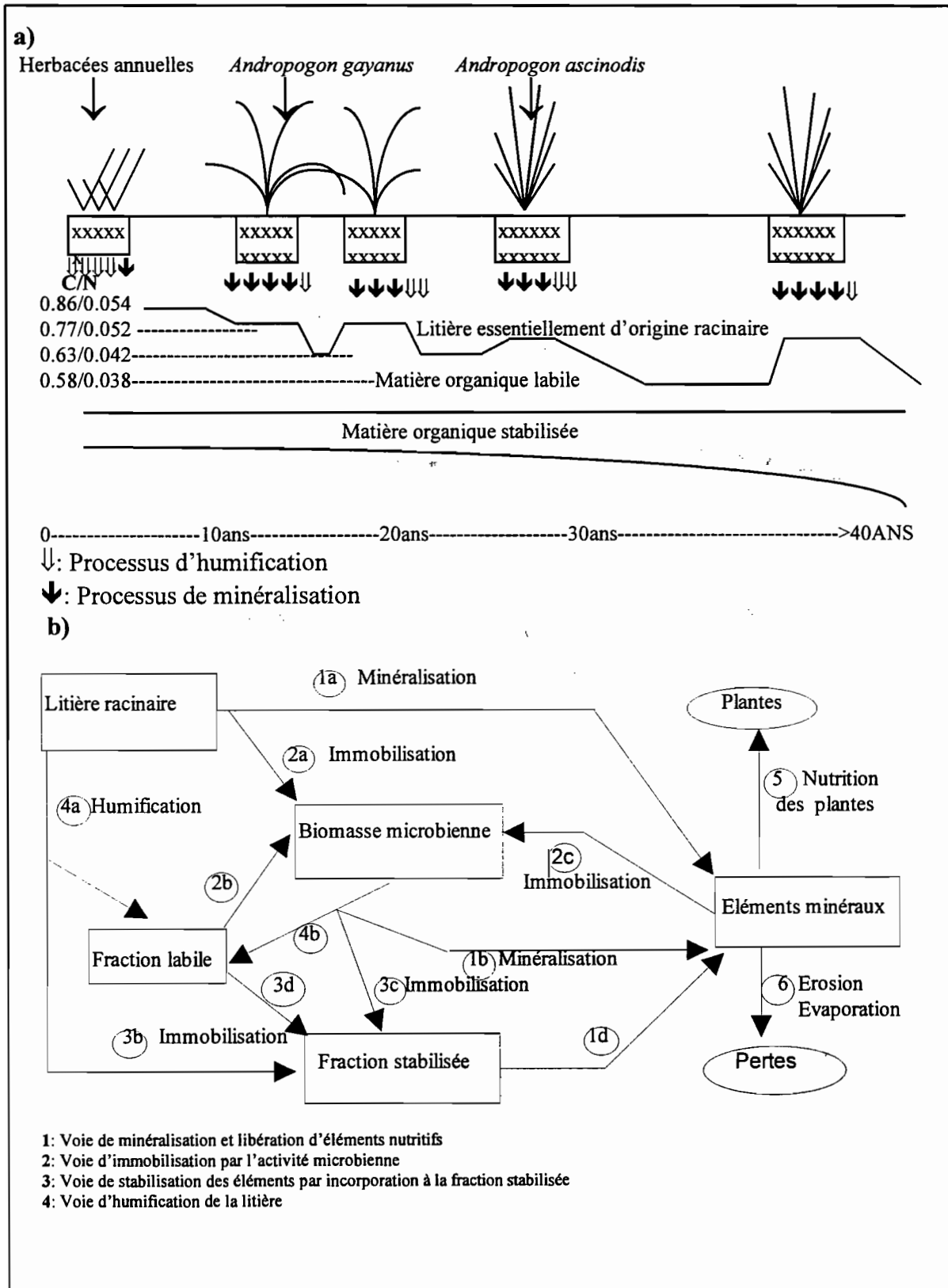
Au niveau des plantes herbacées annuelles, la distribution des pieds est uniforme et l'on peut penser que les espaces intertouffes sont très réduits, sinon inexistantes. La matière organique essentiellement d'origine racinaire est uniformément distribuée dans l'horizon 0-10 cm. Les plages de sol nu associées 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 2 et 3). 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 4) vont connaître un déstockage (tableau 1) 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 4). 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).

Figure 4 : 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)



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 ; 4) qu'une amélioration sensible du stock stable nécessite des durées de jachère longues ; 5) 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 (Hoesflood *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 souci 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 ascinos* de plus de quarante ans), il se produit un déstockage progressif et important de la matière organique.

Discussion

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.

Le gain de porosité, même s'il est statistiquement significatif entre le stade à herbacées annuelles et celui à herbacées pérennes, 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).

Les espèces herbacées créent alors au niveau de leur rizosphère 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

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.

Conclusion

En milieu cultivé, les techniques culturales maintiennent un état physique que l'on peut considérer comme assez satisfaisant dans l'horizon superficiel quelle que soit l'ancienneté de la culture. Au cours de la jachère l'horizon superficiel présente une structure fragmentaire généralisée en relation surtout avec le développement des andropogonées vivaces. La résistance à la pénétration est plus faible, la porosité et l'infiltrabilité plus élevées. L'activité biologique est également plus élevée. Ainsi les andropogonées pérennes semblent jouer un rôle important dans la restauration structurale et la constitution des stocks organiques. Cela souligne l'intérêt de mettre en oeuvre des modes de gestion de la jachère favorisant leur implantation précoce.

Références bibliographiques

- Abbadie, 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.
- Anderson, J. M. & Ingram, J.S.I. 1993. *Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods*. Second édition. C.A.B. International, Wallingford, UK. 221p.
- Ayanaba, A. ; Tuckwell, S.B. & Jenkinson, D.S. 1976. The effect of clearing and cropping on organic reserves and biomass of tropical forest soil. *Soil Biology and Biochemistry* 8, 519-525
- Baize, D. & Jabiol, B. 1995. *Guide pour la description des sols*. INRA, Paris, 375p.
- Blic, P. de & 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).
- Breman, H. 1982. La production des herbes pérennes et des arbres. In : Penning de Vries F.W.T. et Djiteye, M.A.. eds, *La productivité des pâturages sahéliens. Un étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle*. PUDOC, Wageningen, 399-411.
- Broadbent, F.E. & 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
- Callot, G.; Chamayou, H. ; Maertens, C. & Salsac, L.. 1982. *Les interactions sol-racine. Incidence sur la nutrition minérale*. INRA, Paris, 325p.
- Carter, M.R. & Rennie, D.A.. 1982. Changes in soil quality under zero tillage farming sytem: distribution of microbial biomass and mineralizable C and N potential. *Canadian Journal of Soil Science* 62, 587-597
- Coleman, D. C. ; Reid, C.P.P. & Cole, C. 1989. Biological strategies of nutrients cycling in soil systems. *Advance in Ecological Research* 13, 1-55
- Dalenberg, J. W. & Jager, G. 1981. Priming effect of small glucose addition to 14 C labelled soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 13, 219-223
- de Blic, P. & Some, N. A.. 1997. Etat structural d'horizon superficiel sableux sous culture ou jachère herbacée en Afrique de l'Ouest (Burkina Faso). *Etude et Gestion des sols*, 4, 1, 17-24
- de Blic, P. 1990. L'examen du profil cultural: un outil pour mieux comprendre le comportement du sol soumis à des travaux aratoires in: *Organic matter management and tillage in humid and subhumid Africa*. IBSRAM Proceedings n° 10, Bangkok, 385-389
- Dunn, G. H. & Phillips, R. E. 1991. Macoporosity of well-drained soil under no-till and conventional tilla. *Soil Sci. Am. J.*, 55, 817-823
- Duxbury, J. M. ; Smith, M.S. & Doran J. W. 1989. Soil organic matter as a source and sink of plant nutrients In Coleman, D.C. ; Oades, J. M. & Uehara, G. eds, *Dynamics of Soil Organics matter in Troipcal Ecosystem*. Honolulu, Hawaï, USA:Univ. Of Hawaï Press
- Feller, Ch., Lavelle, P. ; Albrecht, A. & Nicolardot, B. 1993. La jachère et le fonctionnement des sols tropicaux: rôle de l'activité biologique et des matières organiques. Quelques éléments de reflexion. In : Floret Ch. et Serpantie, G. eds, *La jachère en Afrique de l'Ouest*. ORSTOM, Colloques et séminaires, Paris, 15-32.
- Gorham, E. ; Vitousek, P. M. & Reinres, W. A. 1979. The regulation of chemical budgets over the course of terrestrial ecosystem succession. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 10, 53-84.
- Greenland, D. J. & 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 tropicals soils. In : Ayanaba, A. & Dart, P. J. eds, *Biological nitrogen fixation in farming systems of the tropics*. J. Willey, New York, 13-26.
- Henin, S. ; Gras, R. & Monnier, G. 1969. *Le profil cultural*. 2e éd. Masson, Paris, 332p.
- Hien, V. ; Sedogo, M. P. & 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
- Hoefsloot, H. ; Van der pol, F. & 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.
- Jenkinson, D. S. & 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.
- 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.
- Mazzarino, M. J. ; Szott, L. & Jimenez, M. 1993. Dynamics of soil total C and N, microbial biomass and water-soluble C in tropical agroecosystems. *Soil Biol. Biochem.* 25, 205-214
- Myers, R. J. K. ; Palm, C. A. ; Cueva, E. ; Gunatilleke, & Bossard, M. 1989. The synchronisation of nutrients mineralisation and plants demand, In Woome, P. L.. & Swift, M. J. eds, *The biological management of tropical soil fertility*. John Willey et Son 88-110

- Nakano, I. R. & Syahbuddin. 1978. Nutrients dynamics in forest fallow in South-East Asia In Protor, J. édés, Mineral nutrient in Tropical forest and savanna ecosystem. Special publication, *The British Ecological Society*, 9 325-336
- Ocio, J. A., Brookes, P. C. & Jenkinson, D. C. 1991. Field incorporation of straw and its effects on soil microbial and soil inorganic N. *Soil Biol. and Biochem.* 23, 171-176
- Reiners, W. A. 1981. Nitrogen cycling in relation to ecosystem succession. In : Clark, F.E. & Rosswall, T. eds, *Terrestrial Nitrogen Cycles. Ecol. Bull. (Stockholm)* 33, 507-528.
- Reynolds, W. D. & Elrick, D. E. 1991. Determination of hydraulic conductivity using a tension infiltrometer. *Soil Sci. Am J*; 55, 633-639
- Roose, E. J. 1979. *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. & 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. 1992. Biostatistique. Ed. Gaëtan Morin ; 850p.
- Woomer, P. L. ; Martin, A. ; Albrecht, A. ; Resck, D. V. S. & Scharpenseel, H. W. 1994. The importance and management of soil organic matter in the tropics. In Woomer, P. L.. & Swift, M. J. édés, 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 I, 198p.
- Young, A. 1989. *Agroforestry for soil conservation.* CAB International, ICRAF, Wallingford, Nairobi.
- Young, A., 1987. *The potential of agroforestry as a practical mean of sustaining soil fertility.* ICRAF, Reprint n° 38.
- Zombre, P. ; Djimadoum, M. ; Some, N. A. & Blic, P. de. 1994. *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. & Serpantie, G. édés, *La jachère en Afrique de l'Ouest.* ORSTOM, Colloques et séminaires, Paris, 351-357.

Rôle des macro-invertébrés dans la conservation et la restauration de la fertilité des sols en zone de savanes soudano-guinéennes de Côte d'Ivoire.

Cas particulier des vers de terre et des termites.

O. N'KLO¹, B. PITY², D. LOUPPE³

1. Institut des forêts, département foresterie ; station Kamonon Diabate, B.P. 947 Korhogo - Côte-d'Ivoire.
2. Institut des forêts, département foresterie ; 08 BP 33, Abidjan 08 - Côte-d'Ivoire.
3. CIRAD-Forêt, 08 BP 33, Abidjan 08 - Côte-d'Ivoire.

Résumé

La culture itinérante, l'exploitation du bois et l'élevage extensif sont autant de pratiques qui occasionnent la dégradation du milieu naturel (sol et végétation principalement).

La jachère naturelle dont la durée devient de plus en plus courte du fait de la pression démographique sur le foncier, n'arrive plus à restaurer le milieu naturel. Les terres trop épuisées ne répondent plus aux apports d'engrais minéraux et il y a prolifération d'une nouvelle génération de mauvaises herbes et de parasites résistants aux pesticides. Seule la voie biologique reste l'une des meilleures alternatives de restauration des milieux dégradés.

C'est dans cet esprit qu'une étude est menée dans le cadre du «Projet Régional Jachère», à Korhogo, par l'IDEFOR/DFO, sur la biologie des sols sous jachères. Le présent document met en évidence les interactions entre les activités des populations de macro-invertébrés du sol et certains paramètres du milieu (sol, litière et couverture végétale), dans le processus de la restauration des sols et du maintien de leur fertilité.

Mots clé : fertilité - macro-invertébrés - jachère - restauration des sols - savanes soudano-guinéennes - Côte-d'Ivoire.

Rôle of soil macro-invertebrates in conserving the soil structure and mediating efficient nutrient cycling of humid tropical savannahs in Ivory Coast : termites and earthworms in particular.

Abstract

The itinerant farming, the wood management and the extensive livestock farming are human practices which cause the natural degradation of the environment (soil and vegetation particularly).

Because of demographic pressure on the land, natural fallows are short-lived ; so they are not able to restore physical and chemical soil properties. Exhausted soils do not react to mineral fertiliser transfer and there is a new generation of tough weeds and parasites at pesticides. The biological way is one of the best options of degraded soil restoration.

A research is being carried out, in the framework of «the regional fallow project », at Korhogo (North of Côte d'Ivoire), by IDEFOR/DFO, about soil biology under fallow. The present paper shows interactions between soil macro-invertebrate activities and some parameters of the environment (soil, litter, plant cover), in soil fertility remains and the restoration process.

Key words : fertility - macro-invertebrates - fallow - soil restoration - soudano-guinean savannah - Ivory-Coast.

Problématique

Dans les savanes du Nord de la Côte d'Ivoire, le développement agricole et l'accroissement de la population ont induit un défrichement important: la culture itinérante, encore fortement pratiquée, est dévoreuse d'espace et néfaste à la fertilité des sols. Les formations végétales naturelles subsistantes sont ravagées par des feux de brousse incontrôlés qui se multiplient d'année en année, à la faveur du pastoralisme extensif. Le surpâturage constitue un véritable frein à la revégétalisation naturelle des parcelles abandonnées à la jachère. L'exploitation du bois pour les besoins quotidiens (bois de service, bois d'énergie, bois d'oeuvre, artisanat, ...) augmente proportionnellement à la démographie.

Toutes ces pratiques dégradent le patrimoine naturel et provoquent une diminution progressive des superficies boisées. Les terres mises à nu et/ou cultivées pendant de trop longues périodes voient diminuer leurs qualités physiques et chimiques. La restauration d'un environnement productif est urgente afin de pouvoir subvenir durablement aux besoins élémentaires des populations. La jachère est certainement une des meilleures alternatives pour une restauration biologique de la fertilité des sols et pour recréer un milieu naturel généreux.

Cependant, dans de bonnes conditions écologiques, le milieu n'est suffisamment restauré par la jachère naturelle qu'après au moins une vingtaine d'années. Or la pression actuelle sur le foncier ne permet plus de jachères si longues. En cinq ou six ans actuellement, elles ne peuvent jouer ce rôle de réhabilitation du milieu (sol et végétation principalement), surtout si elles sont surpâturées et/ou parcourues annuellement par les feux de brousse. L'utilisation d'intrants (engrais, insecticides, herbicides, ...) en vue de soutenir les rendements agricoles est non seulement très onéreuse mais devient de moins en moins efficace: le sol pauvre en matière organique réagit de moins en moins aux engrais minéraux et certains insectes et adventices sont devenus résistants aux pesticides.

Raccourcir le temps de jachère tout en lui conservant une bonne efficacité est devenu impératif. Ainsi la jachère peut se maintenir dans les rotations agricoles et contribuer à nouveau à l'amélioration des cultures et du milieu. La jachère améliorée (artificielle ou cultivée) de moyenne durée (cinq à sept ans) avec des arbustes forestiers dont *Acacia auriculiformis* est un grand espoir pour l'agriculture africaine si elle permet la restauration rapide de la fertilité des sols.

Depuis bientôt dix ans, la Recherche Forestière Ivoirienne travaille sur ce sujet et s'emploie à mettre au point des itinéraires techniques (choix des espèces, modes d'installation, entretien, durée de la jachère, etc.) pour une restauration rapide et peu onéreuse des terres appauvries en milieu agricole. Cette amélioration passe notamment par le cycle des éléments minéraux, du sol à l'arbre et au sol par les retombées de litière. Cette dernière est décomposée par une faune qui lui est inféodée et le flux ou cycle minéral sera d'autant plus intense que l'activité faunique du sol sera importante.

Dans cet article nous nous attacherons essentiellement à comprendre les relations existant entre cette pédo-faune et la fertilité des sols.

Matériel et méthodes

Milieu

Le dispositif expérimental est installé sur la Station de Recherches Forestières Kamonon Diabate, à une vingtaine de kilomètres de la ville de Korhogo par 5° 32' W de longitude et 9° 34' N de latitude. Le sous-sol est un granite calco-alcalin du Précambrien (Adjanooun, 1964). Le relief de plateaux est faiblement vallonné, l'altitude de 350 m et la pente faible (<2%). Le sol de type ferrallitique moyennement désaturé présente un horizon gravillonnaire à faible profondeur (30-50 cm). Le climat soudano-guinéen a une saison sèche de 5 à 6 mois accompagnée d'Harmattan et une saison des pluies de 6 à 7 mois (avril à octobre) totalisant en moyenne 1.300 mm. Le seul mois d'août représente environ 30% de la pluviométrie annuelle. La température moyenne varie très peu au cours de l'année; les moyennes mensuelles fluctuent entre 23° et 30°C pour une moyenne annuelle de 26.5°C (ASECNA).

La végétation climacique est une forêt claire parsemée de savanes herbeuses (sur les bowé). Les pratiques agro-pastorales aidant, la forêt claire a fait place, progressivement, à une savane plus ou moins boisée. A l'emplacement de l'essai, la végétation était fortement artificialisée par les cultures ; il s'agit d'un parc arboré à Karité (*Vitellaria paradoxa Gaertn.f.*) cultivé en coton, céréales, arachide et niébé.

Parcelles expérimentales

L'étude a été menée sous trois espèces forestières, âgées de six ans: 1. *Acacia auriculiformis* A. Cunn ex Benth, 2. *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. 3. *Gmelina arborea* Roxb. L'objectif est de déterminer laquelle de ces jachères crée les meilleures conditions d'activités biologiques dans le sol (activités des macro et micro-invertébrés principalement). Ces plantations ont une densité initiale de 5000 individus à l'hectare. Ces trois espèces ont été installées en juillet 1990 dans un dispositif expérimental en blocs complets à quatre répétitions. La parcelle unitaire a une superficie de 546 m² hors bordures (IDEFOR-DFO, 1992). Connaître l'effet de ces peuplements nécessite l'étude non seulement de leurs caractéristiques dendrométriques, mais aussi de leur sol, litière et faune (Loupe *et al.*, 1996).

Le peuplement forestier a été mesuré sur la base des circonférences avant exploitation en mai 1996. Des équations de cubage, reliant la circonférence à 1,30 m aux poids de la tige, des branches et des feuilles ont été établies pour chacune des trois espèces.

Les analyses des sols ont été faites, par parcelle, sur un échantillon composite de cinq-prélèvements de 0 à 15 cm de profondeur. Elles ont été réalisées par le laboratoire Ura-Gerdat (Cirad-Montpellier-France) selon les normes françaises actuelles.

La mesure des retombées de litière a été réalisée grâce à des bacs légèrement surélevés, de 1 m x 1 m, à fond en moustiquaire permettant d'éviter la stagnation de l'eau de pluie. Ces bacs ont été disposés, au hasard, à raison de quatre bacs dans chacune des 12 parcelles de l'essai. Les récoltes de litière ont été faites toutes les semaines. Les échantillons prélevés ont été séchés à l'étuve à 80°C pendant 72 h avant d'être pesés.

Macro et micro-invertébrés du sol

La faune du sol peut se classer selon la taille, on distingue trois catégories de pédo-faune (Lavelle *et al.*, 1990) :

1. La microfaune : taille inférieure à 0,2 mm
2. La mésofaune : taille comprise entre 0,2 mm et 2 mm
3. La macrofaune : taille supérieure à 2 mm.

Seule cette dernière catégorie, la macrofaune de la litière et du sol, va retenir notre attention. Les macro-invertébrés des sols de savanes sont dominés par les termites (composante la plus importante en densité et en biomasse) et, si la pluviosité est suffisante, par les vers de terre (Lavelle, 1981). Il y a aussi, parfois en abondance, des larves de coléoptères rhizophages, des arthropodes consommateurs de litière ainsi que leur cortège de prédateurs. Cette macrofaune épigée semble augmenter d'autant plus que la proportion de ligneux dans la végétation augmente et que l'abondance des termites diminue (Lavelle *et al.*, 1990).

Le termite appartient à la classe des Insectes, à la sous-classe des Ptérygotes, au super-ordre des Blattoptérides et à l'ordre des Isoptères. On distingue six familles de termites rassemblant environ 190 genres et un peu moins de 2800 espèces vivantes (Krishna, 1969, cité par Lavelle, 1981).

Le vers de terre ou lombric appartient à l'embranchement des annélides, à la classe des oligochètes et à l'ordre des lombricides. Le peuplement des vers de terre des savanes se compose de 13 espèces dont 9 sont abondantes partout. Par la morphologie, le régime alimentaire et la distribution verticale dans le sol, ces espèces se rattachent à trois groupes écologiques (Lavelle, 1981) :

1. les vers de terre de surface (se nourrissant de litière)
2. les vers de terre géophages de faible profondeur (se nourrissant essentiellement de terre prélevée dans l'horizon 0-10 cm et quelque fois plus profondément)
3. les vers géophages de grande profondeur (se nourrissant de terre prélevée à 30 cm, profondeur où ils vivent).

Dans les savanes humides, les termites et les vers de terre constituent l'essentiel de la macrofaune du sol qui favorise la décomposition de la matière organique. Du fait de leur abondance, de leurs intenses activités biologique et mécanique ils participent à la protection de la matière organique et à l'entretien de la structure physique du sol. (Lavelle *et al.*, 1990). Ils améliorent notablement l'infiltration des eaux de pluies. A biomasse égale, les termites sont bien plus actifs que les vers de terre du fait de la faible taille individuelle (qui leur confère un métabolisme plus élevé) et de leur activité qui n'est pas interrompue au cours de la saison sèche (Kouassi, 1987).

Récolte de la macrofaune du sol

Les échantillons de terre ont été prélevés selon les principes de la méthode T.S.B.F. (Tropical Soil Biology and Fertility). Le monolithe de terre prélevé fait 25 x 25 x 30 cm; quatre monolithes de terre ont été prélevés par parcelle, soit 16 échantillons par type de jachère. Au laboratoire, la terre est délitée et les macro-invertébrés ont été récoltés à l'aide de pinces à disséquer. Les organismes sont conservés dans de l'alcool à 90° jusqu'à leur tri et classement par groupes taxonomiques. Ils sont ensuite pesés.

Résultats et discussions

L'activité biologique des populations de macro-invertébrés du sol est intimement liée à certains paramètres du milieu, notamment :

1. la nature et la qualité de la litière qui dépend de la nature du couvert végétal
2. la nature du sol,
3. les conditions macro et micro-climatiques qu'il paraît judicieux de prendre en compte pour apprécier leur rôle dans la restauration de la fertilité édaphique.

Le tableau 1 présente les principales caractéristiques dendrométriques et de biomasse des ligneux des trois jachères, à l'âge de six ans, juste avant exploitation et remise en culture. L'analyse statistique permet de mettre en évidence des différences significatives entre espèces (les lettres identiques indiquent les traitements non statistiquement différents au seuil de 5%) notamment en ce qui concerne l'aptitude à vivre en peuplements denses, l'importance des ramifications (branches) et de la biomasse feuillée sur pied.

Tableau 1. Caractéristiques dendrométriques et production de matière sèche sur pied de trois jachères arborées âgées de 6 ans, Korhogo, Côte-d'Ivoire, 1996

Observations	Acacia auriculiformis	Eucalyptus camaldulensis	Gmelina arborea	Moyennes	Signification statistique
Densité (n ha ⁻¹)	2 830 B	3 997 AB	4 871 A	3 900	S
Surface terrière (m ² ha ⁻¹)	10,83	15,35	19,72	15,30	NS
Volume bois fort (m ³ ha ⁻¹)	57,73	88,43	82,32	76,16	NS
Poids sec tiges (kg ha ⁻¹)	39 285	59 565	63 475	54 108	NS
Poids branches (kg ha ⁻¹)	10 600 A	3 658 B	7 944 AB	7 406	S
Poids feuilles (kg ha ⁻¹)	4 661 A	3 187 A	865 B	2 904	S
Autres organes (kg ha ⁻¹)*	3 965	-	7 294	-	
Biomasse totale (kg ha ⁻¹)					

* Essentiellement branches mortes persistant sur l'arbre.

La répartition de la biomasse entre les organes varie selon les espèces et aura une influence sur le sol après exploitation des arbres. En effet, les exportations et les restitutions seront différentes d'une jachère à l'autre.

Le tableau 2 montre les quantités de matière sèche retournées au sol au cours des 10,5 mois précédant l'exploitation des arbres. Les différences de retombées totales de litière entre espèces ne sont pas significatives. Cependant, elles sont d'environ 20% supérieures sous *Acacia auriculiformis*, espèce pour laquelle le bois et les fruits représentent ensemble le quart de la litière. Chez *Eucalyptus camaldulensis*, qui a un élagage naturel précoce et important, les branches représentent plus du tiers des retombées. La litière sous *Gmelina arborea* est quant à elle essentiellement composée de feuilles, les fruits souvent très abondants sur cette espèce ne constituent que 5% des retombées.

Tableau 2. Biomasse de litière (en Kg de matière sèche par ha) retournée au sol entre le 19 Juin 1995 et le 30 Avril 1996) pour des arbres âgés de 5 à 6 ans, Korhogo, Côte d'Ivoire

Espèces	Litière totale (kg ha ⁻¹)	Pourcentage de litière représentée par			
		Feuilles	Fleurs	Fruits	Bois
<i>Acacia auriculiformis</i>	8.295	73.3	0.04	11.1	15.5
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	6.985	64.0	0.03	1.2	34.7
<i>Gmelina arborea</i>	6.637	93.0	0.39	4.7	1.9

Notons ici que la plantation de *Acacia auriculiformis*, âgée de 6 ans, produit une litière en quantité équivalente sinon supérieure à celle de formations naturelles âgées d'environ 20 ans : jachère naturelle à *Pericopsis laxiflora* (5,3 T ha⁻¹), *Isobertinia doka* (7,7 T ha⁻¹) et *Anthonota crassifolia* (9,6 T ha⁻¹) mais dont la performance est due à l'abondance et à la grosseur des fruits) (Ouattara, 1996).

Le tableau 3 présente les analyses de sol après six années de jachère artificielle. Sous *Acacia auriculiformis* on observe une teneur en argile + limons légèrement supérieure. Le potassium et le magnésium échangeables présentent des différences statistiquement significatives entre espèces au seuil de 5% :

- la teneur en magnésium est supérieure sous *Acacia auriculiformis*
- la teneur en potassium est plus faible sous *Gmelina arborea*.

Tableau 3. Analyses de sol (valeurs moyennes) avant plantation et sous-peuplements âgés de 6 ans, Korhogo, Côte d'Ivoire, 1996

	Unités	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Gmelina arborea</i>
Granulométrie				
Argiles	%	17,33	16,10	15,73
Limons	%	5,40	4,18	4,40
Limons grossiers	%	7,68	6,28	7,43
Sables fins	%	23,30	24,00	29,93
Sables grossiers	%	46,30	49,48	42,48
Matière organique				
Matière organique	%	1,99	1,69	1,85
Carbone organique	%	1,16	0,98	1,07
Azote total	‰	0,94	0,75	0,87
Rapport C/N		12,40	13,16	12,34
Phosphore				
Olsen-Dabin	ppm	10,54	10,90	8,55
Complexe absorbant				
Ca échangeable	meq/100g	2,94	2,89	2,60
Mg échangeable	meq/100g	1,03	0,86	0,90
K échangeable	meq/100g	0,21	0,20	0,13
Na échangeable	meq/100g	0,03	0,03	0,02
Mn échangeable	meq/100g	0,03	0,02	0,03
S (Ca, Mg, K, Na)	meq/100g	4,22	3,97	3,64
C.E.C.	meq/100g	4,37	3,75	3,80
S/CEC	%	96,42	-100	95,00
pH				
pH eau		6,31	6,71	6,39
pH KCl		5,38	5,79	5,33

Pour la teneur en azote, les différences sont hautement significatives : l'azote total est plus élevé sous *Acacia auriculiformis* que sous *Eucalyptus*. Pour *Gmelina* le taux est intermédiaire.

Si l'on accepte un risque de première espèce de 10%, de nouvelles différences apparaissent :

1. la matière et le carbone organiques sont plus élevés sous *Acacia auriculiformis* que sous *Eucalyptus camaldulensis*, *Gmelina arborea* étant intermédiaire
2. le rapport C/N est plus élevé sous *Eucalyptus* que sous les deux autres espèces.

Acacia auriculiformis apparaît ici comme l'espèce ayant la meilleure influence sur la richesse du sol. Par rapport à *Eucalyptus camaldulensis* elle permet l'augmentation de l'azote total, de la matière organique et le magnésium échangeable. *Eucalyptus* ne diminue pas la teneur du sol en potassium contrairement à *Gmelina arborea* qui a également, par rapport à *Acacia auriculiformis*, un effet défavorable sur le magnésium. La litière d'*Eucalyptus* se décompose moins bien que celle des deux autres espèces, le rapport C/N est plus élevé.

Les tableaux 4 à 8 présentent l'évolution de la macrofaune du sol au cours de la saison des pluies 1995, sous des peuplements âgés de cinq ans.

Tableau 4. Evolution des vers de terre dans la litière et les 30 premiers cm de sol sous trois jachères artificielles âgées de cinq ans (juillet à novembre 1995, Korhogo, Côte-d'Ivoire)

Période	Nombre (Millions ha ⁻¹)			Poids de matière sèche (kg ha ⁻¹)			Poids moyen des individus (mg)		
	Acau	Euca	Gmar	Acau	Euca	Gmar	Acau	Euca	Gmar
Juillet	2,28	0,92	1,64	82	19	41	36	20	25
Août	3,16	1,08	3,36	73	15	47	23	14	14
Septembre	4,84	1,88	4,04	91	28	89	19	15	22
Octobre	3,60	1,56	3,04	106	12	93	29	8	31
Novembre	1,16	0,68	0,92	37	3	11	32	4	12

Légende : Acau = *Acacia auriculiformis*, Euca = *Eucalyptus camaldulensis*, Gmar = *Gmelina arborea*

Tableau 5. Evolution des termites dans la litière et les 30 premiers cm de sol sous trois jachères artificielles âgées de cinq ans (juillet à novembre 1995, Korhogo, Côte-d'Ivoire)

Période	Nombre (Millions ha ⁻¹)			Poids de matière sèche (kg ha ⁻¹)			Poids moyen des individus (mg)		
	Acau	Euca	Gmar	Acau	Euca	Gmar	Acau	Euca	Gmar
Juillet	39,64	30,08	11,88	65	124	91	1,6	4,1	7,7
Août	8,32	72,44	4,92	26	542	16	3,2	7,5	3,2
Septembre	5,72	12,84	4,36	10	39	9	1,8	3,1	2,1
Octobre	7,52	27,44	7,68	13	61	27	1,7	2,2	3,5
Novembre	72,88	21,32	4,68	100	44	9	1,4	2,1	1,8

Tableau 6. Evolution des fourmis dans la litière et les 30 premiers cm de sol sous trois jachères artificielles âgées de cinq ans (juillet à novembre 1995, Korhogo, Côte-d'Ivoire)

Période	Nombre (Millions ha ⁻¹)			Poids de matière sèche (kg ha ⁻¹)			Poids moyen des individus (mg)		
	Acau	Euca	Gmar	Acau	Euca	Gmar	Acau	Euca	Gmar
Juillet	2,84	6,72	0,36	17	26	1	6,1	3,8	2,1
Août	0,80	0,84	0,48	3	1	2	3,7	1,1	3,2
Septembre	0,52	1,16	0,48	2	6	1	4,8	5,0	1,8
Octobre	1,36	0,84	0,36	3	5	2	2,2	6,4	5,2
Novembre	3,00	0,84	1,32	14	4	10	4,6	4,9	7,5

Tableau 7. Evolution du nombre des Diplopodes, Chilopodes et pédofaune diverse dans la litière et les 30 premiers cm de sol sous trois jachères artificielles âgées de cinq ans (juillet à novembre 1995, Korhogo, Côte-d'Ivoire)

Période	Diplopodes (Millions ha ⁻¹)			Chilopodes (Millions ha ⁻¹)			Espèces diverses (Millions ha ⁻¹)		
	Acau	Euca	Gmar	Acau	Euca	Gmar	Acau	Euca	Gmar
Juillet	1,00	0,32	0,40	1,00	0,56	0,68	0,08	0,08	0,28
Août	1,00	0,16	0,28	-	0,28	0,20	0,40	0,32	0,40
Septembre	0,48	0,20	0,40	0,24	0,20	0,16	0,16	0,24	0,24
Octobre	0,32	0,12	0,28	0,36	0,12	0,12	0,36	0,16	0,32
Novembre	0,60	0,64	0,48	0,32	0,24	0,32	0,36	0,40	0,48

Tableau 8. Evolution de la pédofaune totale dans la litière et les 30 premiers cm de sol sous trois jachères artificielles âgées de cinq ans (juillet à novembre 1995, Korhogo, Côte-d'Ivoire)

Période	Nombre (Millions ha ⁻¹)			Poids de matière sèche (kg ha ⁻¹)		
	Acau	Euca	Gmar	Acau	Euca	Gmar
Juillet	40,32	38,68	15,24	229	188	145
Août	13,32	75,12	9,64	118	572	498
Septembre	11,96	16,52	9,68	107	76	107
Octobre	13,52	30,24	11,80	126	189	124
Novembre	78,32	24,12	8,20	159	73	34

Légende : Acau = *Acacia auriculiformis*, Euca = *Eucalyptus camaldulensis*, Gmar = *Gmelina arborea*

La comparaison des tableaux ci-dessus montre que les termites et les vers de terre constituent l'essentiel de la population de macro-invertébrés du sol (en effectif comme en biomasse), avec une nette prédominance numérique des termites.

Les vers de terre sont plus abondants sous *Acacia auriculiformis* et *Gmelina arborea* avec toutefois une densité généralement plus élevée sous la première espèce, surtout en début et en fin de saison des pluies. Les vers de terre sont nettement moins nombreux sous *Eucalyptus camaldulensis*. Les litières d'*Acacia auriculiformis* et surtout de *Gmelina arborea* se décomposent plus vite que celle d'*Eucalyptus camaldulensis* expliquant en partie les différences de population de vers de terre. Les vers présentent une biomasse individuelle plus faible sous *Eucalyptus* en fin de saison sèche ; la faible densité du couvert forestier favorise un dessèchement plus rapide des horizons superficiels du sol, le rendant moins propice aux vers dont les plus gros migrent vraisemblablement les premiers en profondeur.

Les termites, quant à eux sont plus abondants (densité et biomasse) sous *Eucalyptus camaldulensis*. Leur population diminue au cours de la saison des pluies pour réaugmenter en début de saison sèche. Cette diminution est moins marquée sous *Eucalyptus* où la litière plus ensoleillée, donc moins humide, serait plus favorable à l'activité des termites. La faible lignification des feuilles ainsi que l'absence d'élagage naturel de *Gmelina* pourraient expliquer la moindre population de termites sous cette espèce, même en début de saison sèche. Par contre sous les deux autres ligneux, les feuilles qui commencent à tomber dès le début août (environ 150 kg par semaine) sont plus lignifiées et favorisent le retour des termites d'autant plus que la litière est moins humide. La forte densité de termites, sous *Acacia auriculiformis* en novembre pourrait correspondre à une chute de branches fin octobre (400 kg ha⁻¹) occasionnée par un vent d'orage.

D'une manière générale, les termites sont plus abondants en début et en fin de saison des pluies au contraire contrairement aux vers de terre dont l'optimum est en pleine saison des pluies (Août, Septembre, Octobre).

Le tableau n° 9 montre l'évolution du rapport «vers de terre/termites» au cours de la saison des pluies de 1995. Ce rapport, qui est considéré comme un indice de fertilité, est supérieur à 1 sous *Acacia auriculiformis* et *Gmelina arborea* et inférieur à 1 sous *Eucalyptus camaldulensis*. Les deux premières espèces développent un micro-climat, une ambiance de sol plus favorable aux activités des vers de terre et le sol y serait relativement mieux restauré.

Tableau 9. Evolution du rapport «vers de terre/ termites» dans la litière et les 30 premiers cm de sol sous trois jachères artificielles âgées de cinq ans (juillet à novembre 1995), Korhogo, Côte-d'Ivoire

Période	en termes d'individus			en termes de biomasse		
	Acau	Euca	Gmar	Acau	Euca	Gmar
Juillet	0,06	0,03	0,14	1,26	0,14	0,45
Août	0,38	0,01	0,68	2,73	0,03	2,95
Septembre	0,85	0,15	0,92	9,03	0,71	9,77
Octobre	0,48	0,06	0,40	8,28	2,00	3,50
Novembre	0,02	0,03	0,20	0,37	0,07	1,29

Légende : Acau = *Acacia auriculiformis*, Euca = *Eucalyptus camaldulensis*, Gmar = *Gmelina arborea*

Acacia auriculiformis engendre une litière importante (plus de 8 T ha⁻¹ de matière sèche, contre 7 T ha⁻¹ pour *Gmelina arborea* et *Eucalyptus camaldulensis* (Tableau 2). L'abondance de la matière végétale morte au sol crée d'autant plus rapidement des conditions favorables à la restauration des propriétés

physiques et chimiques du sol que cette litière se décompose bien ; ce qui est le cas de la jachère à *Acacia auriculiformis* et, dans une moindre mesure, à *Gmelina arborea*. *Eucalyptus* produit plus de litière que *Gmelina* mais est désavantagé à cause de sa moindre vitesse de décomposition (C/N plus élevé : 13,16 contre 12,34).

Les parcelles ont été cultivées en maïs après exploitation des arbres. Les rendements en grains du maïs (Tableau 10) en première année de culture après jachère confirment la relative amélioration du sol sous *Acacia auriculiformis*.

Tableau 10. rendements moyens en grains d'une culture de maïs (en kg ha⁻¹) après 6 ans de jachère arborée (Korhogo, Côte d'Ivoire, 1996)

Espèces ligneuses de jachère	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Gmelina arborea</i>
Rendement maïs grain (kg ha ⁻¹)	1 757	417	940

Conclusions

La restauration des propriétés physiques et chimiques des sols de savanes de la région de Korhogo, par la jachère est conditionnée par le couvert forestier et la litière (biomasse et qualité) qui permettent de créer un micro-environnement plus ou moins favorable aux activités biologiques du sol. Ainsi, les jachères où le couvert végétal est dense et où le rayonnement solaire direct n'atteint que rarement le sol (*Acacia auriculiformis* et *Gmelina arborea*) sont-elles favorables à la prolifération des vers de terre. A l'opposé, *Eucalyptus camaldulensis* dont le couvert est relativement lâche laisse pénétrer le soleil jusqu'à la litière et engendre un micro-climat plus favorable aux termites. Le rapport vers de terre/termites (en termes de biomasse sèche) en est la confirmation. Ce rapport, qui est considéré comme un indice biologique de fertilité des sols montre donc une amélioration du sol sous *Acacia auriculiformis* et *Gmelina arborea* (dans une moindre mesure) par rapport à *Eucalyptus camaldulensis*. Cette amélioration est confirmée par les rendements de maïs obtenus après exploitation de ces jachères artificielles.

Une jachère capable de produire une litière abondante, riche en éléments minéraux et se décomposant relativement bien, est favorable à la prolifération des macro-invertébrés du sol (vers de terre et termites principalement). C'est le cas de la jachère à *Acacia auriculiformis* qui permet, six ans après la plantation des arbres, de récolter un volume de bois relativement important (55 m³. ha⁻¹), d'avoir une litière abondante (8 T ha⁻¹ an⁻¹), et d'assurer une bonne récolte (1,7 T ha⁻¹ de maïs grain) post-jachère comparativement aux deux autres espèces qui restaurent mal, voire diminuent, la fertilité des sols.

Références bibliographiques

- Adjahoun, E. 1964. Végétation des savanes et des rochers découverts en Côte d'Ivoire centrale. ORSTOM, Paris. 178p.
- ASECNA. Fiches agrométéorologiques Korhogo aérodrome.
- IDEFOR-DFO. 1992. Station Kamonon Diabaté - Protocoles expérimentaux et comptes-rendus d'installation des essais de 1988 à 1991. IDEFOR-DFO, Korhogo.
- Kouassi, P. 1987. Etude comparative de la macrofaune endogée d'écosystèmes guinéens naturels transformés de la Côte-d'Ivoire. Thèse de doctorat de troisième cycle, Université d'Abidjan, 129p.
- Lavelle, P. 1981. Stratégies de reproduction chez les vers de terre. *Acta Ecologia*, vol. 2 n°2: 117-133.
- Lavelle, P., A. Martin, E. Blanchart, C. Gillot, G. Melendez et B. Pashanasi. 1990. Conservation de la fertilité des sols de savanes par la gestion de l'activité de la macrofaune du sol. pp 371-397 in Les voies biologiques.
- Loupe, D., N. Ouattara et A. Coulibaly. 1996. Rapport annuel d'activités 1995 - Station Kamonon Diabaté. IDEFOR-DFO, Korhogo. 32p.
- Ouattara, N. 1996. Régénération naturelle de la fertilité des sols, en cinq ans, par la plantation de jachères arborées. IDEFOR-DFO, Korhogo, Côte d'Ivoire. 14p.

Effet de l'âge de la jachère sur le nombre de spores de champignons endomycorhiziens en zone soudanienne du Mali.

K. SIDIBE, H. YOSSI

Programme Ressources Forestières, Institut d'Economie Rurale, BP 258, Bamako, Mali

Résumé

L'importance des champignons à vésicules et arbuscules pour le développement des plantes est largement reconnue. Il devient de plus en plus évident que ces champignons constituent une partie intégrante de la plupart des plantes mais aussi une composante essentielle de la fertilité des sols. Mais leur utilisation efficiente dans la restauration de la fertilité des sols reste inexploitée. En raison de leur rôle comme engrais biologique, ils représentent un outil efficace pour la restauration des jachères. L'extraction des spores de champignons endomycorhiziens des sols des jachères et leur identification sont indispensables en vue de caractériser la population native existante et leur diversité. L'objectif de ce travail est d'évaluer l'effet de la durée de la jachère sur le potentiel de champignons endomycorhiziens. Il a été réalisé dans trois terroirs villageois contrastés du point de vue de la pression anthropique, du climat et de l'utilisation d'intrants agronomiques. Nos résultats mettent en évidence que dans les trois sites le nombre de spores augmente avec l'âge de la jachère. Le nombre total de spores diminue avec la pression anthropique. Le nombre de spores dans les champs est plus faible dans le site où l'agriculture est presque totalement mécanisée et où l'utilisation d'engrais chimiques, d'herbicides et d'insecticides est la plus élevée. L'identification des spores permettra d'exploiter leur diversité pour une meilleure restauration de la fertilité biologique des sols.

Mots clé : âge de la jachère - champignons endomycorhiziens - nombre de spores - zone soudanienne – Mali.

Effect of fallow age on endomycorrhizal fungispore quantity number in sudanian zone in Mali.

Abstract

The importance of vesicular-arbuscular mycorrhizas for plant development is widely recognized. It is becoming more and more obvious that they are not only an integral part of many plants but also an essential component of soil fertility. But their efficient use in soil fertility restoration remains unexplored. Mostly because of their role as biofertilizers, they represent an efficient tool for fallow restoration. Endomycorrhizal spore extraction of fallow soils and their identification is essential in order to document the existing indigenous mycorrhizal population and their diversity. The aim of this study is to estimate the effect of fallow age on the number of native arbuscular mycorrhizal (AM) spores. This study has been done in three different sudanean sites with contrasting characteristics such as climate, demographic pressure and the intensification of agriculture. Our findings highlight the fact that in the three sites the number of spores decreases with the age of fallow. The total number of spores decreases with human pressure. The number of spores in cultivated fields is at its lowest level in the site with mechanized agriculture and the use of high agricultural inputs. Spore identification will help to exploit their diversity for a better potential of the restoration of soil fertility.

Keywords : age of fallow - endomycorrhizal fungi - number of spores - sudanian zone – Mali.

Introduction

Le raccourcissement de la durée et la réduction de la superficie des jachères deviennent de plus en plus préoccupants pour le maintien de la fertilité des sols et la satisfaction des besoins des populations en produits ligneux et autres (alimentation, fourrage, plantes médicinales, fruits, fibres et autres).

Les études réalisées et en cours sur la jachère sont nombreuses, particulièrement sur le cycle culture-jachère, la dynamique de la matière organique et des nutriments (Nye et Greenland, 1958), la dynamique de la végétation des jachères (Yossi, 1996; Zoungrana, 1993), le rôle de la jachère dans les systèmes agricoles (Floret *et al.*, 1993; Maiga, 1997), et sur les jachères améliorées (Van der Pol, *et al.*, 1992). Pourtant le rôle qu'occupe la composante biologique du sol dans l'établissement des plantes est inexploré. L'insuffisance des connaissances sur la biologie du sol constitue une des contraintes pour la réhabilitation des terres dégradées (Allen, 1988 ; Dhillion *et al.*, 1993 ; Miller *et al.*, 1992).

Les résultats des recherches agronomiques des dernières décennies prouvent que les technologies basées sur les systèmes de production biologiques s'avèrent promotrices pour une production soutenue sous les tropiques (Sieverding, 1991). Les systèmes biologiques de production sont mieux appropriés compte tenu de la situation écologique et socio-économique actuelle des populations dans les zones tropicales sèches (Sieverding, 1991 ; Bethlenfalvai, 1992 ; Sidibé, 1993).

Les sols tropicaux arides ou semi-arides contiennent une grande diversité d'organismes à des profondeurs variables. Ces organismes, notamment la microflore et la microfaune du sol, jouent un rôle significatif dans le fonctionnement et la stabilité de ces écosystèmes (Dhillion *et al.*, 1994).

L'activité microbienne doit être considérée comme une composante clé parmi celles qui confèrent la 'fertilité du sol, *i.e.* la capacité d'un sol donné à supporter le développement et la nutrition des plantes (Barea, 1991). Il est largement reconnu que l'une des clés déterminantes de la capacité d'un système racinaire à acquérir les nutriments du sol est celle représentée par l'étendue avec laquelle il est symbiotiquement infecté par des champignons mycorhiziens appropriés. Les associations mycorhiziennes sont les voies normales par lesquelles la plupart des plantes réalisent l'absorption d'eau et d'éléments minéraux dans la nature (Oldeman, 1990; Munyanziza, 1994 ; Bâ *et al.*, 1996). Dans la nature l'état de mycorhization est la règle, et la non mycorhization l'exception (Barea, 1991; Diop, 1996). La distribution très large et l'importance des mycorhizes arbusculaires (MA) dans la croissance, la nutrition, et la succession des plantes est très bien documentée (Harley *et al.*, 1983 ; Allen, 1979; Dhillion *et al.*, 1995). La formation et l'activité de cette symbiose sont en retour affectées par le niveau de la fertilité du sol (Hayman, 1982 ; Barea, 1991).

Il devient de plus en plus évident, à partir des travaux de laboratoire et de terrain que les mycorhizes arbusculaires sont importantes pour le maintien et la promotion de la biodiversité (Dhillion *et al.*, 1993). Gange, en 1990, a démontré que la réduction de l'infection mycorhizienne entraîne une réduction de la diversité floristique dans les écosystèmes.

Les champignons mycorhiziens arbusculaires étant des agents symbiotiques obligatoires, il n'est pas surprenant que le système culture-jachère influence leur population. Des diminutions de la colonisation des champignons MA et de la densité de leurs propagules ont été interprétées comme le résultat de la mise en jachère (Black *et al.*, 1979 ; Kucey *et al.*, 1983 ; Harinikumar *et al.*, 1988) et corrélées avec la déficience des plantes en P et Zn (Thomson *et al.*, 1986 ; Thomson, 1987). Les champignons MA, dans les régions sèches atténuent le stress dû au manque d'eau à la transplantation (Janos, 1983).

Quant au rôle des mycorhizes comme modificateurs de la fertilité du sol, l'un des indicateurs le plus précieux est l'estimation quantitative de l'étendue de l'hyphe externe évoluant dans le sol. Grâce à l'hyphe externe, les mycorhizes fonctionnent comme un supplément aux racines en augmentant le volume de sol qui serait normalement disponible pour l'extraction des éléments minéraux par les plantes (Strullu, 1989). Diverses évaluations ont estimé la longueur des hyphes entre 0,80 m et 1,36 m par centimètre de racine (Durrieu, 1993). Les Mycorhizes arbusculaires sont des agrégateurs efficaces du sol (Miller *et al.*, 1992). Par conséquent la gestion des champignons mycorhiziens peut être considérée comme une technique biologique pouvant servir pour l'amélioration de la structure du sol.

Les champignons responsables de la formation des mycorhizes à arbuscules et vésicules appartiennent tous à la famille des endogonacées. Ces endogonacées parfois très abondantes dans le sol sont caractérisées par la présence de spores pouvant atteindre 50 à 400 microns. Leur place dans le cycle du champignon est variable, soit zygospores (oeufs), soit chlamydospores, spores végétatives de conservation. Elles sont soit isolées, soit réunies dans des sporocarpes de structure très simple (Durrieu, 1993). Etant donné que les spores sont d'importantes structures de dispersion et de résistance au stress, leur quantification est nécessaire pour comprendre la diversité et les dynamiques mycorhiziennes (David *et al.*, 1986). C'est dans ce contexte que cette étude a été menée dans la zone soudanienne au Mali. Elle a pour objectif d'évaluer l'effet de la durée de la jachère sur le nombre de spores de champignons mycorhiziens, considéré comme un indicateur de l'activité microbiologique du sol.

Matériel et méthodes

Sites

Les activités sont mises en oeuvre dans les terroirs contrastés du point de vue de la pression anthropique et des conditions climatiques. Il s'agit des terroirs suivants :

- N'Goukan : situé dans la zone agro-écologique du Moyen-Bani-Oriental (PIRT, 1986) dans le cercle de Koutiala dans la zone soudanienne Sud. Zone de culture cotonnière, la durée de la jachère y est en général assez courte.
- Ouolodjedo : situé dans la zone agro-écologique du Moyen-Bani-occidental dans le cercle de Kati, zone de culture cotonnière, la durée de la jachère y est comprise entre 10 et 20 ans.
- Lagassagou : situé dans la zone agro-écologique de la plaine du Gondo dans le cercle de Bankass, zone de culture céréalière, la durée de la jachère ne dépasse pas 5 ans.

Méthode de prélèvement des échantillons de sol

Des prélèvements d'échantillons de sol ont été réalisés sur la couche 0-15 cm dans les champs et les jachères d'âges échelonnés dans les terroirs de N'Goukan, Ouolodjedo et Lagassagou (Tableau 1). Les prélèvements ont été faits en tenant compte de trois situations dans les jachères à savoir: sous les arbres (Sa), sous les touffes (St), et zone sans végétation ligneuse (Tn). Un échantillon composite de 100 g a été constitué: 50 g pour l'extraction de spores et 50 g séchés à l'air libre en vue d'obtenir le poids sec du sol. Dans chaque situation un échantillon composite a été constitué sur la base de 3 prélèvements élémentaires.

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

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

Age jachère	Champ cultivé	3 ans	5 ans	10 ans	17 ans	20 ans	35 ans
Sites							
Ouélodjedo	+		+		+		+
N'Goukan	+			+		+	
Lagassagou	+	+	+				

Extraction de spores du sol

L'extraction des champignons mycorhiziens dans le sol est le point de départ de toutes les études pratiques sur les endomycorhizes. On peut ultérieurement soit (a) étudier la distribution des espèces, leur spécificité et l'écologie des champignons endomycorhiziens soit (b) obtenir des propagules infectives de champignons mycorhiziens du sol pour faire des cultures.

Plusieurs méthodes sont actuellement utilisées pour extraire les spores du sol (Bâ *et al.*, 1996). La méthode utilisée dans cette étude est la technique de centrifugation au saccharose.

Centrifugation au saccharose

Les spores ont été extraites en utilisant la technique de centrifugation au saccharose (Allen *et al.*, 1979 ; Sidibé, 1993).

Au moins 100 g de sol sont prélevés à chaque occasion. Le sol est collecté dans l'horizon supérieur (0-15 cm). Les échantillons sont apportés au laboratoire dans des sacs de plastique et stockés au frigidaire à 5 ° C jusqu'à l'extraction.

Au moment de l'extraction deux sous échantillons de 50 g sont pesés. Le premier est séché à l'air libre puis pesé. Le second sous échantillon est mélangé avec l'eau de robinet et remué à fond pour assurer que tous les spores sont libres dans la solution. On laisse la solution se décanter pendant 15 mn. La solution est versée à travers un tamis de 700 µm. Ce tamis retient les débris de matière organique et les racines. Ce tamis est bien lavé pour assurer que toute les particules sont passées à travers.

La solution est versée à travers les tamis de 200 et 50 µm, généralement assez fine pour retenir les spores.

La solution obtenue à travers le tamis de 50 µm est transférée dans deux ou quatre tubes à centrifuger qu'on équilibre et centrifuge à 1750 rpm pendant 5mn.

La solution est décantée soigneusement, mélangée à une solution de 48% de saccharose (227g de sucre dans 500 ml d'eau) avant la centrifugation. Cette suspension est centrifugée rapidement à 1750 rpm pendant 15 secondes.

Le surnageant contenant les spores est versé sur le tamis de 50 µm et rincé rapidement avec l'eau de robinet dans le but d'enlever le sucre qui pourrait détruire les spores.

Comptage des spores

On utilise la méthode de la boîte de Pétri. L'abondance des spores est établie en utilisant une petite boîte de Pétri (5 cm de diamètre) ayant des lignes parallèles distantes d'un centimètre tracées dans le fond. Les lignes parallèles facilitent le comptage des spores sous une loupe binoculaire.

On note que, dans cette étude, les spores qui flottent n'ont pas été comptées.

Résultats et discussions

Nous avons étudié l'évolution de l'activité microbienne des sols après abandon cultural à travers le nombre de spores dans trois sites : N'Goukan, Ouélodjedo et Lagassagou.

Dans le tableau 2 est consigné le nombre total de spores par 100 g de sol sec en fonction de la durée de la jachère dans les terroirs de N'Goukan, Ouolodiédo et Lagassagou.

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

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

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

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

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

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

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

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

Sites	M	D	N	S.V
Lagassagou	97	17	9	290
Ouolodjedo	74	53	18	445
N’Goukan	245	195	36	2942

M = moyenne des échantillons ; D = déviation standard ; N = nombre d’échantillons ; S.V. = Somme des valeurs

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

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

Des dénombrements des spores endomycorhizien des sols ont été effectués de nombreuses fois durant les deux dernières décennies (Anderson *et al.*, 1983 ; St John *et* Koske, 1988 ; Sidibé, 1993). Ces comptages sont souvent très variables. Cette grande variabilité a une grande incidence dans toutes les tentatives visant à décrire la fréquence des spores et sur les analyses statistiques (Koske *et* John, 1988). Les hypothèses de normalité et d’homogénéité de variance indispensables pour l’application valide des techniques statistiques, paramétriques, ne sont probablement jamais satisfaites et ne peuvent pas être atteintes souvent même après transformation des données (Koske *et* John, 1988 ; Sidibé 1993). Toutes ces remarques confirment l’assertion de Porter (1982) qui dit que les spores formées par les mycorhizes arbusculaires ne sont pas généralement distribuées au hasard dans le sol.

Conclusions et perspectives

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

L’abondance des champignons endomycorhiziens dans le sol peut être estimée en mesurant la longueur de la racine mycorhizée (compte tenu de l’intensité de l’infection des hyphes à l’intérieur de la racine), la longueur de l’hyphe dans le sol, le nombre de spores, et le nombre de propagules infectives dans le sol. Le nombre de spores dans les sols a été abordé dans cette étude dans trois sites du projet jachère au Mali.

Les travaux d’identification des spores des espèces de champignons sont en cours. Les tests (Most Probable Number: MPN) sur le nombre de propagules infectives et viables dans les sols des jachères des différents sites ont été exécutés. Les pourcentages d’infection des racines des arbres et touffes sous lesquels nous avons effectué des prélèvements d’échantillons de sol seront déterminés. La longueur des hyphes, étant un indice précieux de la fertilité des sols, sera estimée dans les différents sites et classes de jachères. Ces travaux nous permettront d’exploiter la diversité des champignons et leur potentiel d’infection pour une meilleure restauration de la fertilité biologique des sols.

Références bibliographiques

- Abbot, L. K., Robson, A.D. 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 35, 121-150.
- Allen, E. B. (Ed.). 1988 The reconstitution of disturbed arid ecosystems. pp. 36-161. Westview Press, Boulder, Colorado.
- Allen, E. B. 1989. The restoration of arid landscapes with special reference to mycorrhizal fungi. *Journal of Arid Environments*, 17 : 279-286.
- Allen, M. F. 1991. The ecology of mycorrhizae. Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain.
- Allen, M. F. 1988. Re-establishment of VA mycorrhizae following severe disturbance :
- Allen, M. F., More, T.S., Christensen, M., and Stanton, N, 1979. Growth of vesicular-arbuscular- mycorrhizal and nonmycorrhizae of *Bouteloua gracilis* in a defined medium. *Mycologia* 71: 666-669.
- Anderson, R. C., Liberta, A.E., Dickman, L.A., Katz, A.J. 1983. Spacial variation in vesicular-arbuscular mycorrhiza spore density. *Bull. Torrey botanic Club*, 110 : 519-525.
- Bâ, A. M., Guissou, T., Dalpé, Y. 1996. Les glomales d'*Acacia holosecea* et d'*Acacia mangium*. *Bois et Forêts des Tropiques* 250 : 5-18.
- Bagyaraj, D. J. 1992 Vesicular-arbuscular mycorrhizae : application in agriculture. *Methods in Microbiology* 24 : 360-373.
- Barea, J. M. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. *Advances in Soil Science*, Volume 15. Springer-Verlag ; NewYork Inc.
- Bethlenfalvay, G. J. 1992. Mycorrhizae and crop productivity pp 1-24, in Mycorrhizae in sustainable agriculture. Bethlenfalvay, G.J. and Linderman, R.G. (ed.). American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Black, R., Tinker, P. B. 1979. The development of endomycorrhizal root systems : Effect of agronomic factors and soil conditions on the development of vesicular arbuscular infection in barley and on the endophyte spore density. *New Phytol.* 83 : 401-413.
- Comparative patch dynamics of a shrub desert and a subalpine volcano. *Proceedings of the Royal Society, Edinburgh*, 94 : 63-71.
- David, C. I., Allen, M. F. 1986. The effect of soil texture on extraction of vesicular arbuscular mycorrhizal fungal spores from the soil. *Mycologia*, 78(2) : 164-168.
- Dhillion, S. S. and Friese, C.F. 1994. The occurrence of mycorrhizas in prairies : Application to ecological restoration. In the Proceeding of the 13 th. North American Prairie Conference. The university of Windsor, Windsor, Canada.
- Dhillion, S. S., and Zak, J. C. 1993. Microbial dynamics in arid ecosystems : Desertification and the potential role of mycorrhizas. Proceeding of the U.S.A. National Science Foundation Desertification Workshop, Chile 1991. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 66.
- Dhillion, S. S.; McGinley, M. A. and Neumann, J.C. 1994. Environmental heterogeneity and seedling establishment: ant-plant-microbe interactions. *Functional Ecology* 8, 607-615.
- Diem, H. G., Gueye, I, Gianinazzi-Pearson, V., Fortin, J.A. and Dommergues, Y.R. 1981. Ecology of mycorrhizae in the tropics: the semi-arid zone of Senegal. *Acta oecologica Oecologia Plantarum.* 2:53-52.
- Diop, T. A. 1996. Les mycorrhizes à vésicules et arbuscules. *Journal Faculté de Science (Dakar)* BI (2).
- Durrieu, G. (1993). Ecologie des champignons. Collection d'Ecologie 23, Masson, Paris
- Floret, C., Serpentini, G. (Eds). 1993. La jachère en Afrique de l'Ouest. Atelier international, Montpellier, 2-5 décembre 1991. Collection Colloques et séminaires. Editions de l'ORSTOM, Paris.
- Gianinazzi-Pearson, V., Diem, H.G. 1982. Endomycorrhizae in the tropics. In Dommergues, Y. R. and Diem, H.G. (Eds) Microbiology of Tropical Soils and Plant Productivity, pp. 209- 251. Junk. The Hague.
- Harinikumar, K.M., Bagyaraj, D.J. 1988. Effect of crop rotation on native vesicular arbuscular mycorrhizal propagules in the soil. *Plant Soil* 110:77-80.
- Harley, J. L., Smith, S. E. 1983. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London.
- Hayman, D.S. 1982. Influence of soils and fertility on activity and survival of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Phytopathology* 72 : 1119-1125
- Janos, D. P. 1983. Tropical mycorrhizas. In Sutton, S. L. et al. (Ed.) *Tropical Rain Forest Ecology and Management*. pp. 327-345. Blackwell, Oxford.
- Janos, D. P. 1988. Mycorrhiza applications in tropical forestry: are temperate-zone approaches appropriate? In Ng, F.S.P. (Ed), 'Trees and mycorrhizas', Forest Research Institute, Malaysia, Kuala Lumpur, pp 133-188.

- Koske, R. E. and Halvorson, W. L., 1981. Ecological studies of vesicular-arbuscular mycorrhizae in a barrier sand dune. *Canadian Journal of Botany*, 59 : 1413-1422.
- Krishna, K.R. and Bagyaraj, D.J. 1982. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza and soluble phosphate on *Abelmoschus esculentus* (L) Moensch. *Plant and Soil*. 64 : 209-13.
- Kucey, R. M. N. and Paul, E.A. 1983 Vesicular-arbuscular mycorrhizal spore populations in various Saskatchewan soils and the effect of inoculation with *Glomus mosseae* on faba bean growth in greenhouse and field trials. *Can. Journal of Soil Science* 63 : 87-95
- Maiga, O. 1997. Dynamique socio-démographique et évolution de la place des jachères dans deux systèmes ruraux sahélo-soudaniens au Mali. Thèse de Doctorat; Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée. Université du Mali.
- Miller, R.M., Jastrow, J. D. 1992. The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. In 'Mycorrhizae in Sustainable Agriculture'. Bethlenfalvay, G.J. and Linderman, R.G. (ed.). American Society of Agronomy, Inc. Madisson, Wisconsin, USA.
- Modjo, H. S., Hendrix, J. W. 1986. The mycorrhizal fungus *Glomus macrocarpum* as a cause of stunt disease. *Phytopathology* 76: 668-691.
- Munyanziza, E. 1994. Miombo trees and mycorrhizae: Ecological strategies, a basis for afforestation. Ph. D thesis ; CIP-Data, Koninklijke Bibliotheek, La Haye, Pays-Bas.
- Norris, J. R., Read, D. J., Varma, A.K. 1992. Techniques for the study of mycorrhiza. Methods in microbiology, vol. 23 and 24, School of Life Sciences, Jawaharlal Nehru University, Academic Press, New Delhi, India.
- Nye, P.H., Greenland D. J. 1960. The soil under shifting cultivation. Technical Communication 51, Commonwealth Agricultural Bureau, Harpenden.
- Oldeman, R. A. A. 1990. Forest : Elements of Sylvology. Springer-Verlag, Heidelberg. 624 pp.
- Piéri, C. 1989. Fertilité des terres de savanes: Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au Sud du Sahara CIRAD-IRAT, Paris.
- PIRT, 1986. Zonage agro-écologique du Mali- Tome 1. Institut National de la Recherche Zootechnique, Forestière et Hydrologique, Sotuba, Mali.
- Porter, W. M. 1982. Factors affecting the distribution and abundance of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. Ph.D. Thesis, University of Western Australia.
- Requena, N., Jefries, P., Barea, J. M. 1996. Assessment of natural mycorrhizal potential in a desertified semi arid ecosystem. *Applied and Environmental Microbiology*. 62: 842-847
- Sidibé, D. K. 1993. Effect of endomycorrhizal infection, soil type and treatment on growth of *Lovoa trichilioides*, *Triplochiton scleroxylon* and *Terminalia ivorensis* cuttings in Cameroon. M.Sc. thesis ; Department of Forestry, Wageningen Agricultural University, The Netherlands.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular-arbuscular Mycorrhiza management in tropical ecosystems. Technical cooperation, Eschborn ; Germany.
- ST John, T. V., Koske R.E. 1988. Statistical treatments of endogonaceous spores counts. *British Mycological Society* 91 (1), 117-121.
- Strullu, D.G. 1989. Les mycorrhizes des arbres et plantes cultivées. Technique et Documentation- Lavoisier, Paris.
- Sylvia, D.M. 1992. Quantification of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Methods Microbiol.* 24:53-66.
- Thompson, J. P., Clewet, T. J., Fiske, M. L. and Lister, P.E. 1986. Mycorrhiza research. Role of vesicular-arbuscular mycorrhiza (VAM) in fallow disorder. p. 35-46. Queensland Wheat Res. Inst. Biennial Rep. for 1982-1984. Queensland Dep. of Primary Industries, Toowoomba, Australia.
- Thompson, J.P. 1987. Decline of vesicular-arbuscular mycorrhizae in long fallow disorder of field crops and its expression in phosphorus deficiency of sunflower. *Australian Journal of Agricultural Research*. 38 : 847-867.
- Van der Pol, F., Hoefsloot, H., Roeleveld, L. 1993. Jachères améliorées ; Option pour le développement des systèmes de production en Afrique de l'Ouest. Institut Royal des Tropiques, Amsterdam.
- Yossi, H. 1996. Dynamique de la végétation post-culturale en zone soudanienne au Mali, Thèse de Doctorat, I.S.F.R.A, Bamako, Mali. 141p.
- Zoungrana, I. 1993. Les jachères Nord-soudaniennes du Burkina Faso : Diversité, stabilité et évolution des communautés végétales. in « La Jachère en Afrique de l'Ouest » ; Floret, C., et Serpentini, G. (Ed.). Edition ORSTOM; pp. 359-366.

Gestion de la fertilité des sols pour la culture du mil au Niger.

A. DE ROUW

Laboratoire d'Agronomie, INRA 78850 Thiverval-Grignon France

Résumé

Le mil (*Pennisetum glaucum*) constitue la seule céréale d'importance économique au Sahel, région caractérisée par des variations climatiques élevées et des sols pauvres. Ces conditions entraînent de graves problèmes de maintien de la productivité, d'autant que la plupart des paysans ne disposent pas des moyens nécessaires pour l'utilisation d'engrais minéraux. Pour lutter contre la diminution de la fertilité des champs, les paysans ont recours à deux techniques :

1. la fumure organique, essentiellement sous la forme d'apports périodiques de fèces dans les champs ;
2. la mise en jachère.

Notre étude a porté sur les mécanismes de reconstitution et du maintien de la fertilité à travers l'analyse des effets de chacune de ces techniques et de leur combinaison. A cet effet, 260 parcelles ans ont été échantillonnées pendant quatre ans, avec un suivi de leurs états de surface (types de croûtes superficielles, couverture du sol...), des techniques culturales, rendements et composantes du rendement.

Les résultats font apparaître un certain nombre de facteurs-clés : le taux de matière organique, celui des éléments fins dans l'horizon 2-20 cm, le pourcentage d'encroûtement superficiel, la couverture du sol par les résidus de culture, herbes sèches et fèces. Une culture permanente avec des faibles quantités de fèces déposés au champ, réussissent à maintenir la productivité autour de 550 kg ha⁻¹, malgré la pauvreté des fèces en éléments nutritifs. Les terres, laissées en jachère pendant plus de 10 ans, puis défrichées, produisent en moyenne 450 kg ha⁻¹. Toutefois, le rendement en grains par temps de travail y est supérieur à celui observé pour le système à parage. Les terrains qui ont été cultivés régulièrement pendant une période de 4-6 ans en alternance avec une période de repos relativement courte (3-5 ans) sont les moins productifs, de 350 kg ha⁻¹ en moyenne. Une légère intensification de la culture pluviale, sous la forme d'applications de faibles doses de P et N, entraîne une acidification du sol puis, à la longue, augmente des risques d'une carence en minéraux autres que ceux apportés. Il est plus bénéfique (surplus de 400 kg ha⁻¹) d'apporter de l'engrais sur des champs fumés que sur des champs issus de jachère (surplus de 200 kg ha⁻¹ en moyenne).

Mots-clé : mil - fumure organique - éléments fins - système de culture - azote - Niger.

Soil fertility management for millet cultivation in Niger.

Abstract

Millet (*Pennisetum glaucum*) constitutes the only cereal of economic importance in the Sahel, a region characterized by high climatic variations and poor soils. These conditions bring about serious problems of fertility maintenance since most of the farmers do not have necessary means to use mineral fertilizer.

To combat fertility decrease in fields, farmers refer to two practices:

1. Organic manuring, mainly in the form of periodical inputs of cattle faeces;
2. Fallowing.

Our study relates to reconstitution mechanisms and fertility maintenance through the analysis of the effects of each of these practices and their combination.

To this effect, 260 plots/year were sampled during four years, with a monitoring of their surface status (types of surface crusts, soil cover, and types of microrelief, ..) cultural practices, and yields (grains and biomass).

Results show a number of key factors percentage of surface crust, rate of organic matter, fine elements and base saturation in the 2-20 cm horizon, pH (H₂O and KCl) and number of woody lines/100 m².

Because of dust deposits during the fallow period, soil surfaces enriches with fine elements, which, for these very sandy soils, favors the development of surface crusts at the cropping stage. During the two first years of cropping, this crusting constitutes a major problem for millet development due to reduced infiltration. It is generally only three years after clearing, once all these fine elements are drained by wind erosion induced mainly by weeding, that crusting problems disappear. Such an erosion of fine elements, even though it favors water balance, is also followed of fertility decrease. Because of close relations between structural status of surface soil and rates of fine elements and organic matter, instead of reducing crusting risks through reduction of clay content under weeding effect, it seems preferable to increase the rate of initial organic matter before clearing. Organic manuring at last year of fallow, as practised by some farmers, turns to be most appropriate for productivity maintenance after clearing.

Key words : millet - manure - clay - farming system - N - Niger.

Introduction

L'agriculture continue, épuise le sol. Pour compenser les exportations et maintenir la productivité, deux pratiques sont utilisées : la mise en jachère et l'apport du fumier. Dans les régions où commence à se faire sentir une pénurie des terres cultivables, les temps de jachère sont raccourcis, avant que les propriétés des sols aient eu le temps de se régénérer. Il en résulte une baisse de rendement et une diminution de la productivité du travail. Il faut ajouter la difficulté de se procurer de l'engrais du fait du prix élevé du transport qui provoque un besoin accru de fumure pour les paysans qui souhaitent cultiver une même parcelle plus longtemps.

Le programme « Mil » (Niger, 1992-1997), effectué dans la zone de pluviométrie de 450 - 550 mm an⁻¹, vise à évaluer les techniques des agriculteurs et à identifier des questions d'ordre agronomique : comportement des variétés cultivées dans différentes conditions, causes et effets de l'hétérogénéité spatiale du peuplement, rôle de la fumure animale, et place de la jachère.

Le site de Banizoumbou, où sont concentrés les travaux du programme « Jachère » a été retenu également par les programmes SALT et Hapex-Sahel et plusieurs programmes ORSTOM. Depuis, trois opérations de l'ICRISAT et une opération de l'INRAN (Institut National de Recherches Agronomiques du Niger) sont venues renforcer le dispositif.

Une enquête a porté sur les deux-tiers des exploitations (65) du terroir de Banizoumbou (environ 800 habitants), village à majorité Zarma. Les résultats font apparaître que le village se caractérise par l'absence de culture attelée et un très faible recours à l'engrais. Le mil occupe la quasi-totalité des zones exploitées. La variabilité des productions résulte principalement de la pratique ou non du parcase (fumure animale), de la jachère et de sa durée. Cette enquête a mis en évidence : (i) la grande taille des champs de mil : de 4 à 30 ha d'un seul tenant ; (ii) l'éloignement des champs cultivés par le même paysan au cours de la même saison : de 5 à 8 km (Seybou, 1993). Cette gestion particulière de l'espace répond à une stratégie visant à limiter les risques. Il ne s'agit pas seulement de cultiver des terrains dont les caractères obéissent à des gradients le long des versants (grands champs), mais aussi de répartir les risques d'attaques par des ravageurs et de sécheresse localisée en veillant à une dispersion et un éloignement des champs. En 1992 et 1994, des écarts de 100 mm de pluies, cumulées au cours du cycle, ont, par exemple, été enregistrés sur des champs distants seulement de 5 km.

L'enquête montre une extension récente des terres cultivées. L'emprise des cultures est en effet passée de 20% à 70% des surfaces des terroirs entre 1950 et 1990. Ceci a été confirmé par les observations de Loireau et d'Herbès (1994). Depuis 1990, on assiste à une diminution progressive des surfaces en jachère et au raccourcissement du temps de repos. Simultanément, la pratique du parcase a augmenté, due principalement au nombre croissant des Peulh sédentarisés mais aussi à l'augmentation du nombre de bétail chez les Zarma. Il évolue sous le double effet d'une réduction progressive des terres disponibles, et une pénurie de main-d'oeuvre masculine lors de la période de défrichement (exodé saisonnier vers Niamey et les pays côtiers).

Trois systèmes de culture de mil, assez typiques dans la région ont été identifiés. Deux systèmes se caractérisent par une période de jachère (longue ou courte), le troisième est fondé sur le parcase. Le système de culture sur jachère longue est caractérisé par une défriche récente de terres non cultivées pendant une période de plus de 10 ans. Ces terres se situent d'habitude loin du village, 4-6 km. Des terres impliquées dans les cycles de culture (4-6 ans) en alternance avec une jachère courte (3-5 ans) se trouvent généralement plus proche des habitations. Le parcase est pratiqué par deux groupes de paysans, d'une part les Peulh sédentarisés disposant de leur propre bétail pour assurer le parcase, d'autre part les Zarma relativement aisés qui, soit possèdent leurs propres animaux, soit peuvent conclure un contrat de parcase avec un éleveur Peulh. Bien qu'ils aient la possibilité d'emprunter d'autres champs, les Peulhs préfèrent continuer d'exploiter le même terrain chaque année. Depuis 10-15 ans, ce qui correspond généralement au temps écoulé depuis leur installation dans la région, ils cultivent le même champ. Les Zarma disposent souvent de plusieurs champs de mil mais également de terres en jachère. Le parcase leur permet d'allonger la durée de culture dans certains champs. Le parcase extensif des animaux est de loin la forme de fumure la plus pratiquée. Les troupeaux passent la nuit dans les champs, soit en liberté, soit près d'un enclos où sont attachés les veaux, autour desquels se regroupe la plupart du bétail. En déplaçant les veaux, on assure la rotation du parc. Dans l'auréole, où ont été concentrés des animaux, de 0,5 à 5 t ha⁻¹ de fèces sont déposées. Généralement, la surface de cette auréole n'excède pas un hectare. L'analyse de fèces secs montre qu'il s'agit surtout d'un amas de cellulose, pauvre en éléments fertilisants (Tableau 1). La faible quantité de phosphore souligne la carence générale en cet élément dans les sols sableux du Niger. Dans ces conditions, les fèces n'apportent que quelques centaines de grammes de phosphore et d'azote par hectare et par an. Plus

importante que leur valeur nutritive est leur valeur protectrice contre l'érosion éolienne et hydrique en début d'hivernage (De Rouw *et al.* sous presse). Il est aussi apparu que l'utilisation des terres obéit à une distribution de la fertilité : 1. le long des toposéquences, 2. selon les auréoles concentriques autour des villages et campements Peuhl où sont accumulés fumure et déchets (Rockström et De Rouw 1997).

Tableau 1. Analyses des fèces de vache à l'état sec (%)

	Mat. org.	N-total	P-total	K-total	Ca-total	Mg-total
Banizoumbou, Niger *	47	1,42	0,174	0,717	1,09	0,26
ICRISAT, Niger £		1,32	0,16			
Oursi, Burkina Faso µ		1,28	0,11	0,46		
Saria, Burkina Faso #	48	2,1	0,22	3,47	1,27	0,61
Nord du Nigéria \$		1,4	0,26	1,78		
Korhogo, Côte d'Ivoire #	48	1,5	0,26	0,9	0,5	

* Fin saison sèche, pâturage dans les jachères à *Guiera senegalensis* et sur les plateaux. (brousses tigrées)

£ Fin saison sèche, pâturage dans les jachères à *Guiera senegalensis* du Centre. Sahélien ICRISAT (Brouwer et Powell 1996)

µ Quilfen et Milleville 1983. # Schleich 1986. \$ Sandford 1989

La faiblesse des rendements en mil au Niger est attribuée à la fréquence et au caractère aléatoire des périodes de sécheresse, et aux sols naturellement pauvres. La réponse des paysans aux contraintes consiste d'abord à augmenter les superficies cultivées et à diminuer la durée de la jachère. Parmi les recherches agronomiques qui ont proposé des innovations techniques adoptables par un assez grand nombre de paysans, signalons celles qui ont débouché sur les « stratégies alternatives pour la production de mil et niébé » (Reddy 1988). Ils regroupent l'ensemble des techniques mises au point par l'INRAN-DRA et d'autres instituts (1980-1990), qui visent une légère intensification de la culture pluviale sous la forme d'application de faibles doses d'intrants et d'une conduite de la culture mieux adaptée. Ces « stratégies alternatives » sont appliquées et suivies au Niger par un grand nombre de projets de développement. Elles ont été développées surtout en station puis mises à la disposition des agriculteurs par l'intermédiaire des Projets de Développement (Van Gent et Najim 1993). Toutefois, les conséquences écologiques des techniques d'intensification de la culture, ainsi que les effets sur le mil à moyen terme demeurent peu étudiés. Il semble indispensable de préciser les effets néfastes, ou, au contraire, les modifications positives du système de culture, en cours au Niger : raccourcissement, voire disparition, de la jachère, mise en culture des terres marginales, diminution du nombre des boeufs en transhumance au profit d'une augmentation du bétail sédentaire notamment des petits ruminants, et utilisation croissante de la fumure, sous des formes très variables.

Matériel et méthodes

Les conditions du milieu et le développement du mil sont étudiés dans trois situations, chacune représentée par deux champs en 1993. Ce dispositif a été élargi progressivement afin d'inclure un plus grand nombre de combinaisons (Tableau 2). Chacun des sites comprend 40 placettes de 5x5 m, installées selon deux transects de 100 m.

Tableau 2. Nombre d'années de culture par site

Site	1993	1994	1995	1996
Jachère longue (>10 ans)				
1	3	4	5	6
2	3	4	5	6
3			1	2
Alternance culture (4-6 ans) et jachère courte (3-5 ans)				
4	3			
5	3	4		
6			3	4
Parcage				
7	>10			
8	13	14	15	16
9			17	18
10			11	12

Les observations portent sur :

Le peuplement de mil : levée, resemis, croissance/développement juvénile, démariage, phénologie, hauteur maximale, biomasse à la récolte, rendement, composantes du rendement.

Les adventices : (biomasse lors des sarclages, importance du *chibras* (faux mil)).

Le sol : (début du cycle) épaisseur de sable, % de surface encroûtée, estimation de la quantité de fumure déposée, quantité de résidus de culture, emplacement des arbustes qui rejettent, micro-relief, (au cours du cycle) mouvement préférentiel de l'eau, % encroûté, (fin du cycle) analyses d'échantillons de sol : pH H₂O, pH KCl, texture (3 fractions), C total, N total, P total, P méthode Bray, CEC. Chaque année : échantillonnage de l'horizon 2-20 cm, une année sur deux, plus en profondeur.

A partir de 1994, les « stratégies alternatives », ont été appliquées : 10 kg ha⁻¹ de P sous forme de super simple enfoui dans le sol à la fin de la saison sèche, et 50 kg N ha⁻¹ sous forme d'urée, apportés en deux fractions égales enfouies dans le sol 20 cm à côté de chaque poquet. Sur chaque site, un transect a reçu du P et du N, l'autre transect a été cultivé selon les techniques habituelles sans intrant.

Cette communication porte sur une *analyse des données* pH H₂O, texture, N total, et matière organique, et le rendement en grains.

Résultats

Matière organique

Les taux de matière organique de la couche superficielle (2-20 cm ; tableau 3) regroupe l'ensemble des analyses (1993-1996) présentées selon le type de gestion et le nombre d'années de cultures consécutives. On a distingué les parcelles sans intrants (pratique paysanne) et celles qui ont reçu un apport de P et de N (« stratégies alternatives »). Chaque valeur représente la moyenne de 5 analyses, chaque analyse porte sur un échantillon composite de 20 prélèvements. Le taux de matière organique reste très faible dans tous les cas, mais d'un niveau normal pour les sols sableux du Sahel. Parmi des paramètres du sol pris en compte, le taux de matière organique indique le mieux une diminution graduelle avec le temps de culture. Il reste une importante différence inter-site. Le site 1, par exemple, étant nettement plus argileux (tableau 6). Il est étonnant que les sols sur lesquels le parcage est pratiqué régulièrement ne bénéficient pas d'un taux de matière organique plus élevé. L'application de phosphore et d'azote a souvent doublé la biomasse produite par le mil. Il est peu probable que le surplus de

biomasse puisse aider à augmenter le taux de matière organique dans le sol, car très peu de résidus de culture restent sur le sol : les grosses tiges du mil sont utilisées pour la construction, et après la récolte, le champ est pâturé jusqu'au disparition de la quasi-totalité des résidus.

Tableau 3. Taux de matière organique (%) dans le sol (2-20 cm), fin hivernage (T=témoin, F=apport de P et N).

Années de culture		1	2	3	4	5	6	-	11	12	13	14	15	16	17	18
Site																
Jachère longue (>10 ans)																
3	T	0,396														
	F	0,415 0,337														
1	T	0,944 0,764 0,548 0,564														
	F	0,783 0,503 0,469														
2	T	0,579 0,335 0,327 0,316														
	F	0,356 0,415 0,311														
Alternance culture (4-6 ans) et jachère courte (3-5 ans)																
4	T	0,373														
	F															
5	T	0,375 0,214														
	F	0,220														
6	T	0,273 0,254														
	F	0,284 0,284														
Parcage																
7	T	0,451														
	F															
10	T	0,341 0,330														
	F	0,349 0,349														
8	T	0,422 0,398 0,244 0,251														
	F	0,408 0,251 0,258														
9	T	0,296 0,285														
	F	0,277 0,271														

PH/H₂O

La détermination du pH, permet de déterminer d'éventuelles anomalies. Dans le tableau 4, chaque valeur représente la moyenne de 20 analyses. Pour la culture sans fertilisant, il n'y a pas une évolution nette entre le pH et la durée de la culture. En revanche, les champs parqués ont un pH légèrement plus élevé. L'apport de l'urée à raison de deux fois 25 kg ha⁻¹ de N par saison, entraîne une acidification du sol. Les éléments nutritifs présents deviennent ainsi moins facilement assimilables et apparaît un risque de toxicité d'aluminium.

Tableau 4. PH/eau du sol (2-20 cm), fin hivernage (T=témoin, F=apport de P et N)

Années de culture		1	2	3	4	5	6	-	11	12	13	14	15	16	17	18
Site																
Jachère longue (>10 ans)																
3	T	5,30	4,75													
	F	5,22	4,78													
1	T			5,03	4,91	5,02	5,05									
	F				4,86	4,96	4,89									
2	T			4,87	4,97	5,17	5,30									
	F				4,93	4,97	5,08									
Alternance culture (4-6 ans) et jachère courte (3-5 ans)																
4	T			5,32												
	F															
5	T			5,10	5,25											
	F				5,20											
6	T			5,37	5,31											
	F			5,31	5,26											
Parcage																
7	T							5,46								
	F															
10	T							5,49	5,50							
	F							5,44	5,34							
8	T									5,44	5,41	5,42	5,48			
	F										5,24	5,12	5,40			
9	T														5,48	5,46
	F														5,65	5,54

N total

Dans tableau 5, sont présentés les taux d'azote total lors de la récolte. Les taux sont très faibles partout, mais d'un niveau normal pour les sols sableux au Niger. Il y a une tendance d'une réduction du stock d'azote avec le temps de culture. Les champs issus d'une jachère longue sont plus riches en azote. Les champs parqués qui bénéficient d'un apport faible mais régulier d'azote n'en contiennent que peu. Dans les parcelles fertilisées, la réserve en azote à la fin de la saison est souvent inférieure aux parcelles sans intrants, malgré l'apport d'urée. Le danger existe que le stock en azote sera plus vite épuisé. Un danger plus grand a été déjà souligné par Pieri (1992). Une plante extrait du sol un ensemble de minéraux en quantités équilibrées. Ainsi avec la grande quantité de N enlevée, le stock en K, Mg et d'autres minéraux vont rapidement disparaître et ceci peut provoquer des sérieuses carences.

Tableau 5. Taux d'azote total (ppm) dans le sol (2-20 cm), fin hivernage (T=témoin, F=apport de P et N).

Années de culture		1	2	3	4	5	6	-	11	12	13	14	15	16	17	18
Site																
Jachère longue (>10 ans)																
3	T	229	194													
	F	234	174													
1	T			248	226	265	265									
	F				230	258	211									
2	T			167	184	175	162									
	F				206	203	183									
Alternance culture (4-6 ans) et jachère courte (3-5 ans)																
4	T				112											
	F															
5	T				105	127										
	F					122										
6	T				144	110										
	F				151	118										
Parcage																
7	T								124							
	F															
10	T								188	184						
	F								190	132						
8	T										120	120	139	146		
	F											117	157	118		
9	T														176	142
	F														169	140

Pour un champ cultivé pendant plus de 20 ans, Rockström *et al.* (soumis) observent des taux de N total entre 117 et 111 ppm. L'échantillonnage chez Rockström *et al.* a eu lieu en début d'hivernage. Pour déterminer la variation saisonnière, nous avons échantillonné les mêmes parcelles en début et à la fin de l'hivernage (1995). Nous avons trouvé un taux de N total d'environ 10% plus élevé en fin de saison. En tenant compte de cette différence, les chiffres de Rockström *et al.* sont comparables à celles du tableau 5.

Taux d'argile

La surface du sol s'enrichit en éléments fins du fait des dépôts de poussière pendant la période de jachère. Ce qui, pour les sols très sableux, favorise le développement des croûtes superficielles lors de la mise en culture après une jachère longue. Au cours des deux premières années de culture, cet encroûtement constitue un problème majeur pour le développement du mil, du fait d'une réduction de l'infiltration. Ce n'est que généralement trois ans après le défrichement, une fois ces éléments fins entraînés par l'érosion éolienne, que les problèmes d'encroûtement disparaissent. Une telle érosion des éléments fins, si elle favorise le bilan hydrique, s'accompagne aussi d'une diminution de la fertilité.

Le tableau 6 montre les taux d'argile de la couche supérieure du sol. Il s'agit surtout d'un regroupement par type de gestion : le taux d'argile est toujours plus élevé dans les champs issus d'une jachère longue. Le développement d'une année à l'autre est moins net, principalement parce qu'il existe d'importantes variations

saisonniers. En 1995 nous avons échantillonné le sol avant et après la saison des pluies, puis les mêmes parcelles encore à la fin d'hivernage en 1996 (site 1, 2, 6, 8, 9, 10). En 1995, la saison des pluies a été « normale », 5 pluies supérieures à 25 mm (36, 94, 53, 32, 59 mm), parfois accompagnées par des tempêtes. On décèle une perte en éléments fins importante pendant la saison de culture : 1.1% pour le site 1, 1,7% pour le site 2 et 0.9% pour le site 6. Les pertes dans les champs parqués (site 10, 9 et 8) s'avèrent moins importantes (environ 0.3%). En revanche, la saison des pluies de 1996 a été exceptionnellement moins agressive : 2 pluies seulement supérieures à 25 mm (65 et 34 mm), sans gros vent (J.-L. Rajot, ORSTOM, Niamey, *com. orale*). Les taux élevés d'argile qu'on retrouve à la fin d'hivernage 1996 sont donc essentiellement les taux en éléments fins du début qui ont pu se maintenir pendant la saison.

Tableau 6. Taux d'argile (%) dans le sol (2-20 cm), en début et fin hivernage

Années de culture		1	2	3	4	5	6	-	11	12	13	14	15	16	17	18
Site																
Jachère longue (>10 ans)																
3	Début															
	Fin	4,5	4,7													
1	Début					9,7										
	Fin			7,9	7,1	8,6	9,4									
2	Début					5,2										
	Fin			4,2	4,9	3,5	4,9									
Alternance culture (4-6 ans) et jachère courte (3-5 ans)																
4	Début															
	Fin				3,5											
5	Début															
	Fin				2,6	2,7										
6	Début				3,3											
	Fin				2,4	3,8										
Parcage																
7	Début															
	Fin								2,9							
10	Début								3,2							
	Fin								3,0	3,2						
8	Début												3,8			
	Fin									3,7	3,6	3,4	3,6			
9	Début															4,1
	Fin														3,8	4,6

Rendement du mil

Au tableau 7 sont présentées les moyennes des rendements en grains des 20 parcelles d'un champ selon le type de gestion et le nombre d'années de culture, pour une culture traditionnelle sans engrais et pour un mil fertilisé. Parmi les quatre années d'étude, il n'y a pas eu d'année catastrophique mais chaque année a connu des périodes de sécheresses, souvent très localisées. Des écarts de 100 mm de pluie ont été enregistrés dans des champs distants seulement de 5 km. Les variations inter-annuelles de rendement étaient de l'ordre de 200 kg ha⁻¹ pour les parcelles sans engrais, et de 700 kg ha⁻¹ pour les champs fertilisés. En fonction des occurrences de sécheresses, l'engrais peut apporter un surplus entre 100 et 600 kg ha⁻¹. Rockström et De Rouw (1997) ont démontré que l'effet bénéfique de l'engrais, notamment l'urée pouvait être estompé par une mauvaise distribution des pluies.

Tableau 7. Rendement en grains (kg ha⁻¹), (T=témoin, F=apport de P et N).

Années de culture		1	2	3	4	5	6	-	11	12	13	14	15	16	17	18
Site																
Jachère longue (>10 ans)																
3	T	400	486													
	F	611	1369													
1	T			479	578	476	661									
	F				767	535	1284									
2	T			455	158	374	520									
	F				245	379	845									
Alternance culture (4-6 ans) et jachère courte (3-5 ans)																
4	T			496												
	F															
5	T			279	34											
	F				162											
6	T			406	448											
	F			591	812											
Parcage																
7	T							207								
	F															
10	T							928	646							
	F							1239	1179							
8	T									838	383	506	433			
	F										570	538	1174			
9	T														586	385
	F														630	1238

La culture de mil sans engrais sur jachère courte paraît la moins productive, environ 350 kg ha⁻¹ de grain, puis la culture sur jachère longue correspond en moyenne à 450 kg ha⁻¹, et la culture prolongée avec parage à environ 550 kg ha⁻¹. L'application des faibles doses de P et de N apporte un surplus de 200 kg ha⁻¹ dans les deux types de culture sur jachère. En revanche, cet apport d'engrais correspond à 400 kg ha⁻¹ en plus dans les champs où l'on pratique le parage.

Discussions et conclusions

La compréhension d'un système de culture vivrière de base en milieu tropical passe nécessairement par des études intégrées associant sur le même terrain agronomes, phytoécologues, pédologues, hydrologues. Ensemble ils doivent étudier la dynamique champ-jachère et dresser le bilan sur les jachères : terres d'accumulation, et champs : lieux de perte. Le dépouillement de l'ensemble des données acquises au Niger durant 4 ans d'expérimentation ne fait que débiter. Ce premier dépouillement montre que les très faibles quantités de fèces déposés au champ et leur très faible contenu en éléments nutritifs, réussissent à maintenir la productivité autour de 550 kg ha⁻¹. Les terres qui sont laissées en jachère pendant plus de 10 ans puis défrichées, produisent en moyenne 450 kg ha⁻¹. Le rendement en grains par temps de travail y est toutefois supérieur, à celui observé pour le système parage. Les terrains qui ont été cultivés régulièrement pendant une période de 4-6 ans en alternance avec une période de repos relativement courte (3-5 ans), sont les moins productifs, autour de 350 kg ha⁻¹. Ce niveau de rendement bas est tout à fait normal au Niger pour la culture paysanne sur des sols très sableux (McIntire et Fussell 1989). Il est également apparu qu'il est nettement plus bénéfique (surplus de 400 kg ha⁻¹) d'apporter de l'engrais sur des champs à parage que sur des champs issus de jachère (surplus de 200 kg ha⁻¹). Ceci suggère que d'autres problèmes que nutritifs touchent les champs du type jachère.

Les résidus de culture et les herbes sèches déposés à la surface du sol quoiqu'en très faibles quantités, piègent la poussière pendant la saison sèche comme une jachère. Cette augmentation en éléments fins pendant la saison sèche, entre 0.2% (minimum, site 8) et 2.6% (maximum, site 1) est complètement perdue au cours de la saison, de pluies, suivante, si celle-là est d'une intensité normale. Les pertes saisonnières ont été moins importantes dans les champs à parage. Probablement, les fèces déposés ici et là ont réussi à protéger le sol contre l'érosion (De Rouw *et al.* 1997).

Rockström et Valentin (1997) donnent des taux de matière organique de 0.23 et 0.27% pour des sols continuellement cultivés pendant plus de 20 ans (Sama Dey, 5 km de Banizoumbou), d'autres paramètres du sol (pH/H₂O, texture, N-total, P Bray) sont d'un niveau tout à fait semblable à ceux des sols analysés à Banizoumbou (Rockström *et al.* soumis). Le champ de Sama Dey a produit pendant les trois années d'expérimentation (1994-1996) un rendement moyen de 370 kg ha⁻¹, et après applications des faibles doses de P et N, un surplus de 220 kg ha⁻¹. Ce champ a été sous culture permanente sans apport de fumure pendant plus de 20 ans. Ceci suggère que, sur de tels sols, un même appauvrissement et un même niveau bas de rendement peuvent résulter de, soit, des nombreux cycles courts culture-jachère pendant 50 ans (terroir de Banizoumbou, Loireau et d'Herbès 1994), soit, d'une culture permanente pendant plus de 20 ans après mise en culture d'un terrain quasiment vierge (Sama Dey, Rockström 1997). Le nombre total des années de culture au cours des derniers 20-30 ans paraît donc constituer une donnée plus importante que la durée de la dernière jachère.

Références bibliographiques

- Brouwer, J. et Powell, J. M. 1996. Soil aspects of nutrient cycling in a manure application experiment in Niger. In: J. M. Powell, S. Fernandez-Riviera, T. O. Williams et C. Renard (éds) *Livestock and sustainable nutrient cycling in mixed farming systems of sub-saharan Africa*. Proceedings of the International Conference ILCA, Addis Abeba, 22- 26 nov. 1993, vol 2, pp 211-226.
- Gent, P. van, et Najim, El hadji M. 1993. Etude des systèmes d'exploitation et d'utilisation des terres des agglomérats d'intervention du Projet PRIVAT. PRIVAT, Konni, Niger, rapport multigr. 105 pages + annexes.
- Loireau, M. et d'Herbès, J. M. 1994. Cartographie des unités d'occupation des terres du Super Site Central Est (Banizoumbou) du programme Hapex-Sahel. In : M. Höpffner et B. Monteny (éds) *Actes des XIèmes journées hydrologiques de l'ORSTOM*, 13 et 14 septembre 1994, Montpellier.
- McIntire, J., & Fussell, L. K. (1989). On-farm experiments with millet in Niger: crop establishment, yield loss factors and economic analysis. *Experimental Agriculture*, 25 :217-233.
- Pieri, C. 1992. Fertility of soils. A future for farming in the West African savannah. Springer Verlag, Paris, France, 347 p.
- Quilfen, J. P., Milleville, P. 1983. Résidus de culture et fumure animale : un aspect des relations agriculture-élevage dans le nord de la Haute-Volta. *L'Agronomie Tropicale*, 38 (3) : 206-212.
- Reddy, K. C. 1988. Stratégies alternatives pour la production de mil/niebe pendant l'hivernage. Institut National de Recherches Agronomiques du Niger, Niamey, Niger, Fascicule N° 1, 46 p.
- Rockström, J. 1997. On-farm agrohydrological analysis of the Sahelian yield crises : rainfall partitioning, soil nutrients and water use efficiency of pearl millet. Thèse Université de Stockholm, department of Systems Ecology, 30 octobre 1997, Akademitryck AB, Edsbruck, Suède.
- Rockström, J. et de Rouw, A. de 1997. Water, nutrients and slope position in on-farm pearl millet cultivation in the Sahel. *Plant and Soil*, 195 : 311-327.
- Rockström, J. et Valentin, C. 1997. Hillslope dynamics of on-farm generation of surface water flows : the case of rainfed cultivation of pearl millet on sandy soil in the Sahel. *Agricultural Water Management*, 33 : 183-210.
- Rouw, A. de, Rajot, J.-L. et Schmelzer, G. 1997. Effets de l'apport de bouses de zébus sur les composantes du rendement du mil, sur les mauvaises herbes et sur l'encroûtement superficiel du sol au Niger. In : A. Biarnès, éd. *La gestion des systèmes de culture. Point de vue d'agronomes* (sous presse).
- Sandford, S. G. 1989. Crop residue/Livestock relationships. In : C. Renard, R. J. Vanderbeldt et J. F. Parr (éds) *Soil, crop, and water management systems for rainfed agriculture in the Sudano-Sahelian Zone*. Proceedings of an international workshop, 11-16 jan. 1987, Niamey, Niger. ICRISAT, Patancheru, India, pp. 169-182.
- Schleich, K. 1986. Le fumier peut-il remplacer la jachère? Possibilité d'utilisation du fumier: exemple de la savane d'Afrique occidentale. *Revue Elevage Méditerranéen. Vétérinaire des Pays tropicaux*, 39 :97-102.
- Seybou, H. 1993. Enquête sur les systèmes de culture, cas du terroir de Banizoumbou. Mémoire de fin d'étude, Faculté d'Agronomie, Université de Niamey, Niger, 51 pages.

Production de mil après une jachère de 6 ans dans le sud-ouest du Niger. Effets d'un apport de fumier de bovins et de deux types de fumure minérale.

T. ADAM ¹, E. H. M. MANZO¹, I. SOUMANA ¹, F. ACHARD ²

1. Faculté d'agronomie, BP 10960 Niamey - Niger

2. ORSTOM, BP 11416 Niamey - Niger

Résumé

Du fait de la réduction de la surface et de la durée des jachères du sud-ouest nigérien la régénération de la fertilité des terres cultivées est insuffisante pour maintenir une agriculture durable.

Le présent essai de culture de mil a été mis en place pour 4 ans et a pour but :

- de mettre au point et de vulgariser en milieu paysan quelques techniques simples de restauration et de maintien de la fertilité après remise en culture de jachères de courte durée.
- de suivre l'incidence de la jachère et des techniques d'amélioration de la fertilité sur l'activité des ennemis des cultures, notamment les maladies diverses et le *Striga*.

Les résultats obtenus sur le site de Bogodjotom en première année de culture ont montré :

- qu'il est possible d'obtenir, après une jachère de 6 ans, un rendement en mil (718 kg.ha⁻¹) supérieur à ceux couramment observés dans les champs non fumés,
- que le fumier, enfoui avec une fumure de fond (T2N0), multiplie la production de paille et de grain par un facteur 2,2 avec des rendements qui atteignent respectivement 4596 kg.ha⁻¹ et 1407 kg.ha⁻¹. La combinaison fumier + NPK + urée semble moins efficace : gains de 379 et 957 kg/ T2N0). Par contre l'apport d'urée seule, tel qu'il a été effectué, a un effet négatif sur le rendement.
- que l'apport de fumier + NPK + urée a réduit l'infestation du mil par le *Striga hermonthica* de 82%.

Mots-clé : jachères - mil - fertilité - fumure organique - parasites - rendement – Niger.

Millet production after a short duration fallow in South-Western Niger : avenues for improvement.

Abstract

Due to reduction of fallowing surfaces and duration in South-Western Niger, the regeneration of cultivated soils fertility is not enough to maintain sustainable cropping.

In this study, we propose : to develop and realise at farmer's level a few simple fertility restoration and maintenance practices after resuming cropping of short duration fallows with extensive crust surfaces ; to monitor the incidence of fallowing and fertility improvement practices on the activities of crop enemies, mainly the different diseases and *Striga*.

This papers reports the first results obtained on the site of Bogodjotou (Torodi District) in 1996. The trial was conducted on a fenced plot of 0.5 ha, after improved clearing (with a number of woody lines) of a 5 year fallow; a simple split-plot design with 4 treatments and 3 replications was used:

1. Continuous cropping without fertilization
2. Continuous cropping + urea
3. Continuous cropping + manure + NPK basal dressing
4. Continuous cropping + manure + NPK basal dressing + urea.

Three plots were left on fallow in order to monitor natural vegetation and fertility restoration dynamics .

Results obtained after first year of cropping show that:

- Organic manuring (manure) had a noticeable positive effect on millet production. Manure input allowed gains of 1000, 1500 and 3500 kg respectively of grains, panicles, and straw, as compared to control. The combination manure + urea seemed less effective with gains of 379, 537 and 957 kg compared to control. But the input of urea alone, as we did it, had a negative effect.
- Manure input reduced millet infestation by *Striga hermonthica* of more than 82%; the incidence of urea input was mitigated according to its addition to manure (18.5% reduction of infestation) or to its use alone (62.5% of increase infestation).

This trial was repeated during 1997 growing season.

Key words : fallows - millet - fertility - organic manuring – parasites - yield - Niger.

Introduction

Du fait de l'augmentation rapide de la population de la zone agricole du Niger (3, 2% par an, R.G.P. 1992), la jachère a tendance à régresser en durée et en superficie, et parfois même à disparaître.

Dans les terroirs villageois de la partie sud-ouest du pays les jachères occupent encore une place importante : 15 à 30% de la surface agricole utile (Achard, 1993 ; Bouzou, à paraître). Elles succèdent à des champs cultivés pendant de longues périodes, et sont de ce fait caractérisées par des états de surface très dégradés. Elles sont hétérogènes et se présentent comme une mosaïque de plages enherbées et nues, encroûtées. De plus elles ne jouent qu'un rôle réduit dans la reconstitution de la fertilité car leur faible durée (4 à 6 ans) est insuffisante pour permettre cette reconstitution (Nicou et Chopart (1979), Pieri (1989)). Les agro-éleveurs ne peuvent donc maintenir des rendements acceptables sur une partie de leurs terres que grâce à la fumure animale.

Un essai d'amélioration des rendements en mil après défriche de jachère de ce type a été mis en place sur un terroir du sud ouest nigérien. Il a été basé sur les techniques de fertilisation mises au point, en zone sahélienne, par les chercheurs du CIRAD cultures annuelles et du Centre Sahélien de l'ICRISAT, appliquées à une variété de mil sélectionnée par la recherche agronomique du Niger (INRAN).

Le but de cet essai est :

- de mesurer, en milieu paysan, les rendements en mil obtenus après une jachère de courte durée, ainsi que leur évolution année après année,
- de tester une variété de mil « Zatib », nouvelle pour le terroir,
- de montrer aux agriculteurs que la fumure animale, associée à une faible fumure minérale, peut augmenter la production de manière conséquente, et de diffuser ces techniques culturales,
- d'observer l'incidence des différents types de fumure sur l'activité des ennemis des cultures et en particulier du *Striga hermonthica*.

Les résultats présentés ici sont les résultats obtenus lors de la première saison de culture après le défrichement.

Matériel et méthodes

L'essai s'est déroulé sur le terroir de Bogodjotou, village situé à 65 km au sud de Niamey. Le climat est sahélo soudanien. La pluviosité annuelle moyenne relevée à Torodi, poste distant de 5 km, est de 567 mm, avec un coefficient de variation de 22,5%, pour la période 1978 à 1997.

Il a été mis en place dans une parcelle clôturée de 0,5 hectare, située dans une jachère de 6 ans, qui est représentative des jachères actuelles de la région : le sol y est sablo-limoneux, les états de surface sont constitués par une mosaïque de plages plus ou moins enherbées et de plages nues, encroûtées. Au défrichement on a conservé les souches et tiges d'arbustes (*Piliostigma reticulatum* et *Guiera senegalensis* par parcelle, soit une densité de ha⁻¹).

C'est un dispositif en randomisation simple avec des parcelles élémentaires de 256 m² ; il comporte 4 traitements et 3 répétitions (Figure 1).

- T1N0 : pas de fumier ou d'urée,
- T1N1 : urée 33% (100 kg.ha⁻¹, 2 apports),
- T2N0 : NPK (100 kg.ha⁻¹) + fumier (22 t.ha⁻¹) en année 1,
- T2N1 : NPK + fumier en année 1+ urée (mêmes doses que T1N1).

Figure 1. Dispositif expérimental de l'essai mil en 1996

Jachère		T2N1	T2N0	T1N1	T1N0
T1N0	T1N1	Jachère		T2N0	T2N1
Jachère		T1N1	T1N0	T2N1	T2N0

- T1N0 : pas de fumier ou d'urée,
- T1N1 : urée 33 p. cent (100 kg.ha⁻¹, 2 apports),
- T2N0 : NPK (100 kg.ha⁻¹) + fumier (22 t.ha⁻¹) en année 1,
- T2N1 : NPK + fumier en année 1+ urée (mêmes doses que ci-dessus).

Comme dans le système traditionnel l'apport de fumier (bouses récoltées dans les parcs de stabulation) se fait en première année, et n'est pas renouvelé par la suite. La fumure de fond NPK (15 unités de chaque élément) est épandue chaque année lors de la préparation du sol et enfouie par un labour à la charrue asine. L'urée est apportée au poquet, en deux fois (29 et 46 jours après le semis) à une dose équivalente à 50 kg.ha⁻¹. La variété choisie, « ZATIB », est une variété semi-précoce. Elle a été semée avec une densité de 10 000 poquets par hectare. Le démarrage (3 plants par poquets) a été réalisé 20 jours après le semis, et deux ou trois sarclages, selon les besoins, ont été effectués au cours de la saison des pluies. La récolte est intervenue le 2 octobre.

Le taux de levée et les rendements en paille, épis et grains ont été mesurés, de même que l'intensité de l'infestation par le *Striga hermonthica*.

Il a été prévu de reconduire l'essai pendant 4 à 5 années afin de suivre l'évolution des rendements et la dynamique de la fertilité.

Résultats

La saison des pluies 1996 à Bogodjotou

Les pluies ont été enregistrées à l'aide d'un pluviographe placé près de l'essai. La première pluie utile a eu lieu le 19 mai (32,5 mm). Leur distribution a été relativement bonne (Figure 2), les mois de juin et juillet ont reçu respectivement 122 et 117 mm et le mois d'août 156 mm. Du 7/8 au 10/9, pendant la période où le mil a des besoins en eau maximum, les précipitations ont été égales à l'évapotranspiration potentielle (ETP Penman). Une seule période « sèche » a été enregistrée du 26/7 au 7/8 : 16.5 mm pour 12 jours.

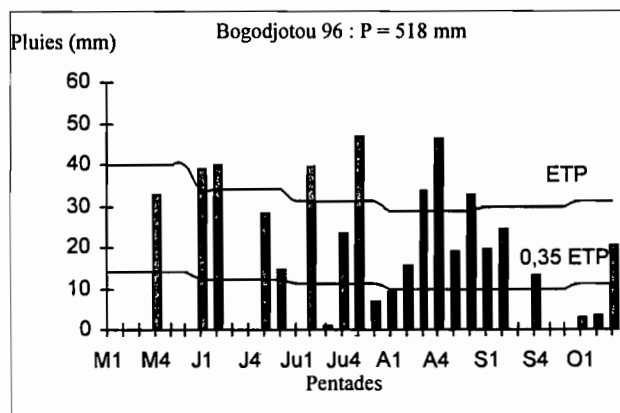


Figure 2. Distribution des pluies, ETP, 035 ETP par pentades, en 1996, à Bogodjotou

Taux de levée

Il a atteint en moyenne 91%, et il n'y a pas de différence significative (au seuil de 5%) entre les parcelles ayant reçu du fumier ou non.

Rendements

- *en paille* : les traitements ont eu, dans l'ensemble, un effet hautement significatif au seuil de probabilité de 1%. Le test de comparaison des moyennes de Newman Keuls, au seuil de 5%, fait ressortir que les quantités de paille obtenues avec les traitements T2N0 et T2N1 (fumier + NPK ± urée) sont équivalentes, et statistiquement supérieures à celles obtenues avec les traitements sans fumier (T1N0 et T1N1), équivalentes elles aussi.

- *en grain* : de même que pour la paille les traitements ont eu un effet hautement significatif, au seuil de 5%. Le test de comparaison des moyennes, au seuil de 5%, fait ressortir que la quantité de grain produite avec le traitement T2N1 (fumier + NPK + urée) est statistiquement supérieure à celle obtenue avec les traitements sans fumier (T1N0 et T1N1) qui sont équivalents.

Le traitement T1N1, malgré l'apport d'urée donne des rendements en paille et grain inférieurs à ceux de T1N0. Il est possible qu'il y ait eu un effet dépressif de l'urée, dû à sa toxicité sur les jeunes plants, et favorisé par l'absence de pluie au moment de l'épandage.

L'apport de fumure de fond (15 kg de N, P, K.ha⁻¹), et de fumier (22 tonnes.ha⁻¹) a multiplié les rendements en paille par 2,2 et en grain par 2, entre les traitements T1N0 et T2N0 (Tableau 1). L'apport d'un supplément d'azote à la dose de 100 kg d'N.ha⁻¹ (T2N1) sous forme d'urée, a permis d'augmenter la production de 957 kg pour la paille et 379 pour le grain par rapport à T2N0 ; soit 9,6 kg de paille et 3,8 kg de grain par kg d'urée.

Tableau 1. Rendements en mil, paille et grain (kg ms.ha⁻¹), intensité d'infestation par le *Striga hermonthica* (nombre de pieds par hectare) selon les traitements, en 1996 .

Traitements	paille	grain	Striga
T1N0	2053 (a)	718 (a)	3359
T1N1	1353 (a)	580 (a)	2734
T2N0	4596 (b)	1407 (ab)	430
T2N1	5553 (b)	1786 (b)	664

* les traitements affectés de la même lettre ne sont pas statistiquement différents au seuil de 5%.

Infestation par le *Striga hermonthica*

Du fait de la grande variabilité à l'intérieur de chaque traitement (coefficients de variation de 55 à 127%) on ne peut démontrer statistiquement l'effet significatif de chaque traitement ou groupe de traitements. Il ressort cependant, à la lecture des résultats, que l'apport de fumier semble diminuer l'infestation de façon importante, les parcelles avec fumier portant, en moyenne, 5,6 fois moins de *Striga* que les parcelles sans fumier avec respectivement 547 pieds.ha⁻¹ contre 3047 pieds. ha⁻¹.

Discussions. Conclusions

La grande variabilité des rendements en paille et grain à l'intérieur de chaque traitement (CV de l'essai respectivement de 16 et 39%) ne permet pas toujours de mettre en évidence l'effet des traitements. Cela est inhérent aux essais en milieu paysan où la variabilité du sol du savoir faire des agriculteurs et de la croissance des cultures est très élevée sur de courtes distances comme l'ont montré Wallace *et al.* (1994), Buerkert (1995) et Brouwer et Bouma (1997). Ces auteurs ont observé que l'infiltration des précipitations peut fluctuer de 30 à 340 p. cent dans un même champ, et que pour un rendement moyen de 650 ± 391 kg de grains les valeurs extrêmes pouvaient aller de 0 à 2885 kg.

Il ressort de cet essai que la production de mil obtenue après une jachère très hétérogène de six ans peut atteindre des niveaux relativement élevés : 2871 kg ms.ha⁻¹ de biomasse dont 718 kg de grain. Cela est bien supérieur aux rendements moyens généralement enregistrés sur les champs non fumés, par exemple : 350 à 450 kg de grain ha⁻¹, en 1996, avec une pluviosité comparable sur le terroir voisin de Ticko (Achard *et al.*, en préparation), et semblerait montrer que même une jachère de courte durée peut avoir un effet positif sur les rendements, au moins sur la première culture après défrichage.

Dans cette zone climatique le manque d'eau limite la production, mais plusieurs auteurs, parmi lesquels Penning de Vries et Djiteye (1982), Bationo et Mokwunye (1991), pensent que la faible fertilité des sols (pauvreté en P, N et matière organique) a une influence beaucoup plus importante. Pour corriger en partie cette faible fertilité les agro-éleveurs ont recours au système de parage de nuit du bétail sur les champs. Sur de faibles surfaces (par

rapport à la surface cultivée totale) sont déposées annuellement des quantités importantes de fumier (15 à 30 tonnes.ha⁻¹) dont l'effet se fait sentir, d'après les paysans, pendant 4 à 5 années. (Achard *et al.*, en préparation). Le fumier a cependant une teneur en P et N faible (De Rouw *et al.*, à paraître). Il a donc semblé intéressant de voir si l'on pouvait améliorer ces pratiques paysannes par une fumure minérale.

L'apport de 22 tonnes de fumier par hectare en début de culture auquel s'ajoute une fumure de fond de 100 kg de N.P.K (traitement T2N0) conduit à multiplier la quantité de paille produite par un facteur 2,2 (4596 kg.ha⁻¹ contre 2053) et la quantité de grain par 2 (1407 kg.ha⁻¹ contre 718). Bationo et Mokwunye (1991) dans des essais effectués en station, au Centre Sahélien de l'ICRISAT, avec 20 tonnes de fumier.ha⁻¹ ont obtenu des rendements semblables en grain : 1457 kg.ha⁻¹. Ils observent cependant que l'apport supplémentaire de 18 kg de P par hectare n'a eu aucun effet sur le rendement.

Dans le traitement (T2N1) avec apport d'urée (100 kg.ha⁻¹), en plus de la fumure précédente la réponse à l'azote a été assez faible : 3,8 kg de grain.kg N⁻¹.ha⁻¹ supplémentaires, alors que Rajat De et Gautam (1987) trouvent des réponses de 5 à 6 kg de grain.kg N⁻¹.ha⁻¹.

Il serait utile d'ajouter un traitement avec fumier seul, afin de discriminer la part du fumier de la part des engrais minéraux dans l'augmentation du rendement. D'autre part on peut aussi se poser quelques questions au sujet du système de gestion de la fumure organique pratiqué par les agro-éleveurs de ces terroirs : pour maintenir à long terme la fertilité à l'échelle du terroir ne vaudrait-il pas mieux augmenter les surfaces fumées et diminuer fortement les quantités de fumier déposées sur des surfaces trop localisées ? Les travaux récents de Brouwer et Powell (1996) tendent à le prouver. Ils montrent qu'avec des quantités de fumier de 10 t.ha⁻¹ il y a un lessivage important des éléments nutritifs au delà de 1,5 mètre de profondeur, donc une perte pour la culture de mil.

Références bibliographiques

- Achard F. 1996. La jachère dans les zones d'occupation anciennes du canton de Torodi, Niger : le cas du terroir de Ticko. Faculté d'agronomie, Niamey, rap. multigraph. 20 p.
- Achard F., Banoïn M., et Bartholmey C. Transferts de fertilité par le bétail, gestion de la fumure organique et production du mil dans un terroir Peul du sud ouest nigérien, en préparation.
- Bationo A. et Mokwunye A. U. 1991. Rôle of manures and crop residue in alleviating soil fertility constraints to crop production : With special référence to the Sahelian and Sudanian zones of West Africa. In : A.U. Mokwunye (Ed.), *Alleviating Soil Fertility Constraints to Increased Crop Production in West Africa*, Kluwer Academics Publishers, Netherlands, 217-225.
- Bationo A. et Mokwunye A. U. 1991. *Alleviating Soil Fertility Constraints to Increased Crop Production in West Africa : The experience in the Sahel*. In : A.U. Mokwunye (Ed.), *Alleviating Soil Fertility Constraints to Increased Crop Production in West Africa*, Kluwer Academics Publishers, Netherlands, 192-215.
- Bationo A., Christianson C. B., Baethgen W. E. and Mokwunye A.U. 1992. A farm-level evaluation of nitrogen and phosphorus fertilizer use and planting density for pearl millet production in Niger. *Fertilizer Research* 31: 175-184.
- Bouzou Moussa I. La jachère dans la dynamique agricole d'un terroir du sud-ouest nigérien : Bogodjotou. Evolution, rôle et problématique de substitution (soumis, Annales de l'Université de Niamey).
- Brouwer J. et Bouma J. 1997. La variabilité du sol et de la croissance des cultures au Sahel : points saillants de la recherche (1990-95) au Centre sahélien de l'ICRISAT. Bull. d'information n° 49, ICRISAT- Univ. Agricole de Wageningen, Pays-Bas, 41 p.
- Brouwer J. and Powell J. M. 1996. Leaching of P, C and N after application of manure in SW Niger. In : *Proceedings of the First International Conference of the West and Central African Soil Science Association*, 6-10 Dec 1993, Centre national de la recherche scientifique et de la technologie, Ouagadougou, Burkina Faso, 253-259.

- Buerkert A. 1995. Effects of Crop Residues, Phosphorus, and Spatial Soil Variability on Yield and Nutrient Uptake of Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* L.) in Southwest Niger. Verlag Ulrich E. Grauer, Stuttgart, 272 p.
- Nicou R. et Chopart J. L. 1979. Les techniques d'économie de l'eau dans les sols sableux du Sénégal. In : Soils Physical Properties and Crop Production in the Tropics, Lal R. and Greenland D.J. (Eds.), New-York, John Wiley and sons, p. 375-384.
- Penning de Vries F.W.T. et Djiteye M.A. 1982. La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen,, Netherlands, 525 p.
- Pieri C. 1989. Fertilité des terres de savanes. Agridoc International, Paris, France, CIRAD, Montpellier, France, 444 p.
- Rajat De and Gautam R. C. 1987. Management Practices to Increase and Stabilize Pearl Millet Production in India. Proceedings of an International Pearl Millet Workshop, 7-11 april 1986, ICRISAT Center, Patancheru, Andhra Pradesh, India, 247-253.
- RGP (Recensement Général de la Population) 1992. Analyse des données définitives du recensement de 1988, rapport de synthèse. Min. de l'Eco.et des Finances, Niamey, 44 p.
- de Rouw A., Rajot, J. L. et Schmelzer G. Effets de l'apport de bouzes de zébus sur les composantes du rendement du mil (*Pennisetum glaucum* L.), les mauvaises herbes et l'encroûtement superficiel du sol (Niger). In : Actes de l'atelier "Jachères" 3-4 octobre 1997, Bamako, Mali, à paraître.
- Wallace J. S., Brouwer J., Allen S. J., Banthorpe D., Blyth E. M., Blyth K., Bromley J., Buerkert A., Cantwell M., Cropley F. D., Culf A. D., Dolman A. J., Dugdale G., Gash J. H. C., Gaze S. R., Harding R. J., Harrison R. G., Holwill C. J., Jarvis P. G., Levy P. E., Lloyd I. J., Malhi Y. S., Massheder J. M., Moncrieff J. B., Pearson D., Settle J. J., Sewell I. J., Sivakumar M. V. K., Sudlow J. D., Taylor C. M. et Wilson A. K. 1994. HAPEX-Sahel super-site report : an overview of the site and the experimental programme during the intensive observation period in 1982. Wallingford, Royaume Uni : Institute of Hydrology, 55 p.

Influence de la jachère sur les rendements de sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench, variété CE145-66) en parcelles paysannes au Sénégal.

M. SENE

Institut Sénégalais des Recherches Agricoles (ISRA) BP 3120 Dakar - Sénégal

Résumé

Durant la campagne hivernale 1996, un dispositif de 15 parcelles paysannes a été suivi dans le terroir de Médina Kébé dans le bassin arachidier du Sénégal, pour évaluer l'effet de la jachère sur la fertilité du sol et les rendements de la variété de sorgho CE145-66. Dans ce terroir, les jachères moyennes à longues sont destinées à la régénération de la fertilité, et les jachères courtes permettent de limiter l'effet précédent du sorgho. Toutefois dans le cas présent, pour les parcelles de sorgho, les jachères ont été courtes ou moyennes. La jachère est présente dans deux principales successions culturales : jachère-sorgho et sorgho-jachère-arachide. Les rendements en grains de la CE145-66 ont varié de 325 à 2572 kg/ha. Les rendements les plus élevés (situés entre 1200 et 2100 kg/ha) sont obtenus dans les parcelles avec un précédent jachère de quatre à cinq ans. Les parcelles avec un précédent jachère courte (1 à 2 ans), ont fourni des productions faibles (325 à 900 kg/ha) à l'exception de la parcelle de champ de case qui a produit 2570 kg/ha. Les effets de jachère sont également observés sur la longueur des panicules et les composantes poids moyen des grains et nombre de grains par panicules. Par ailleurs les effets de sécheresse et type de sol ont influencé la variabilité des rendements entre parcelles.

Mots-clé : jachère - fertilité - système de culture - successions culturales - rendement - sorgho - parcelles paysannes – terroir.

Influence of fallow on sorghum production (*Sorghum bicolor* (L.) Moench, variety CE 145-66) in farmer's fields in Senegal.

Abstract

During the 1996 growing season, an experimental design based on 16 farmer's fields was monitored at Medina Kebe to assess the effect of fallow duration on soil fertility and the production of CE 145-66 sorghum variety. Medium to long term fallow were established to regenerate soil fertility, where as short to medium term fallow treatments allowed the prevention of the effect of sorghum as a previous crop. However, in the sorghum plots, fallow duration were short to medium term. The fallow treatment were done in the two main following rotations : fallow - sorghum and sorghum - fallow - peanut. The grain yields of the variety CE 145-66 varied from 325 to 2572 kg/ha. The highest yields (between 1200 and 2100 kg/ha) were obtained from the plots with a 4 to 5 year-fallow. Plots with short term fallow (1 to 2 years) have generated low yield (325 to 900 kg/ha) except the one around the house that has produced 2570 kg/ha. The effects of the fallow treatment were also observed on the length of the panicle and on the mean weight components of the grain and the number of grains per panicle. Besides, the drought and the type of soil have influenced the yield variability between the plots. In addition since the soil and plant analysis has not been done yet, data related to the effect of fallow on soil fertility are not analyzed.

Key words : Fallow fertility - cropping system - crop rotation – yield - sorghum – farmers' field.

Introduction

La jachère est une vieille pratique développée dans les systèmes de culture en Afrique. Toutefois, du fait de l'extension des surfaces cultivées (favorisée par la mécanisation) et la pression démographique, son intensité (durée et superficies) a fortement baissé (Piéri, 1989). Dans le terroir de Médina Kébé, la jachère demeure encore une composante importante des systèmes de culture paysans, dans lesquels elle a un rôle de régénération et de maintien de la fertilité des terres de cultures (ISRA, 1995 ; Sarr & Diouf, 1995). Dans ce village, les jachères ont une durée longue, moyenne ou courte.

Durant l'hivernage 1996, un dispositif de 15 parcelles paysannes a été suivi pour évaluer l'effet des systèmes de jachère actuels sur la fertilité du sol et les rendements du sorgho variété *CE145-66*. Deux objectifs principaux ont été visés :

- caractérisation des systèmes de cultures avec jachère et sorgho pratiqués par les paysans ;
- évaluation en parcelles paysannes, de l'effet du précédent jachère, de la valeur agronomique (productivité) d'une variété améliorée de sorgho (*CE 145-66*) recommandée en culture dans la zone sahélienne (isohyètes 300 à 600 mm).

Matériel et méthodes

Choix des paysans

L'étude a été réalisée avec les paysans (chefs d'exploitation) membres du groupement du village. Le choix s'est fait sur la base de volontariat. Des semences (13 kg pour chaque paysan) de la variété *CE 145-66* ont été mises gratuitement à leur disposition.

Mise en place et organisation du réseau de parcelles paysannes

Choix et délimitation des placettes de suivi

Dans chaque champ paysan, une sous parcelle de 400 m² (20 m de côté) a été délimitée pour le suivi de la culture et des interventions culturales des paysans. La délimitation a été faite après les semis qui ont été réalisés par les paysans chacun selon son système. Chaque sous - parcelle a été subdivisée en 25 placettes de 16 m² (4 m x 4 m), numérotées de 1 à 25. Cinq placettes ont été tirées au hasard dans chaque sous - parcelle pour la réalisation des observations sur la culture. Les récoltes ont été faites dans les cinq placettes. L'identification des placettes est faite comme suit : nom et prénom paysan/numéro sous - parcelle/numéro placette.

Observations

A la maturité, les récoltes ont été faites par placette au niveau de chaque champ. Les observations ont porté sur les paramètres suivants : poids de panicules, poids de grains par panicule, nombre de grains par panicule. Ces paramètres ont permis de calculer le rendement en grains, le nombre de grains par m² et le poids moyen des grains.

Caractérisation des systèmes de jachère pratiqués avec le sorgho

D'une manière générale les itinéraires techniques sont très simples, et il n'y a ni démarriage (du fait du semis mécanique), ni fumure. On distingue trois périodes de semis : les semis précoces (dès la première pluie utile) du 11 juillet, les semis intermédiaires du 18 au 26 juillet, et les semis tardifs de début août. Les types de disques utilisés sont variables (4 trous, 8 trous, 16 trous). Les semis sont directs ou précédés d'un grattage mécanique superficiel à la *houe sine* (pour certains paysans), ou suivi immédiatement d'un grattage mécanique superficiel à la *houe sine* (chez certains paysans). Pour les semis tardifs (fin juillet et début août), le grattage de pré - semis ou de post - semis, permet une meilleure maîtrise des mauvaises herbes en début de cycle. D'ailleurs cette opération culturale n'a été réalisée que dans les parcelles à semis intermédiaires et tardifs. Dans l'ensemble du réseau de parcelles, deux à trois sarclages sont effectués en moyenne dans les parcelles.

Les précédents culturaux sont variables, mais on peut noter la prédominance de la jachère dans les successions. La jachère est le plus souvent suivie de sorgho, ou d'arachide en sol léger (Deck - Dior). Le sorgho est surtout

suivi de la jachère. En effet le précédent sorgho est très rare pour l'arachide. D'après les paysans, le sorgho rend le sol inapte à la culture de l'arachide; il devient "amère" après du sorgho. C'est le phénomène de l'allélopathie ou de l'effet précédent dépressif bien connu du sorgho, et souvent appelé "fatigue" des sols (Burgos-Leon & al., 1980). Cela rend difficile l'intégration du sorgho dans les systèmes de culture contenant l'arachide. La solution principale pour les paysans, est la jachère après du sorgho. Or la jachère tend à disparaître, ce qui peut encore fortement limiter la marge de manoeuvre des paysans qui aiment cultiver du sorgho. Les principales caractéristiques des systèmes de culture sont synthétisées dans le tableau 1.

Résultats et discussions

Caractérisation de la variabilité des rendements

Les rendements en grains ont varié entre 325 kg/ha avec Abdou Diop et 2 572, kg/ha chez Mayoro Kébé soit dans un rapport de 1 à 8. D'après la figure 1, on distingue huit classes de rendements dans la gamme 0-200 à 2 400-2 600 kg par ha. Il est intéressant de tenter d'expliquer les origines de la variabilité des paramètres considérés, et d'en déterminer la part liée aux types de jachère (figure 2).

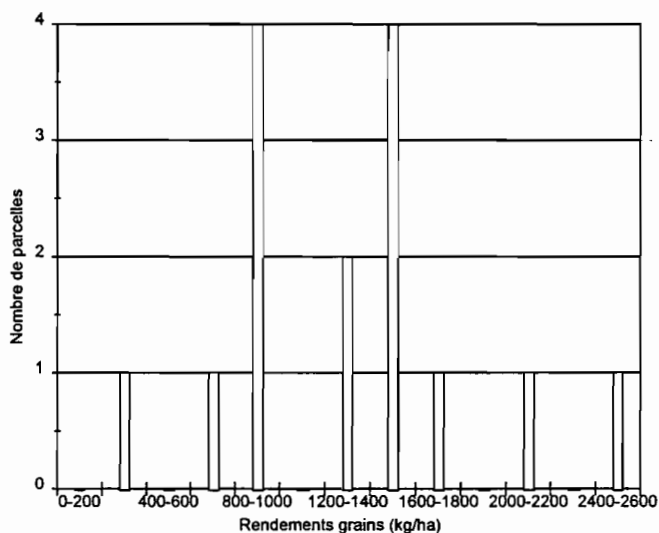
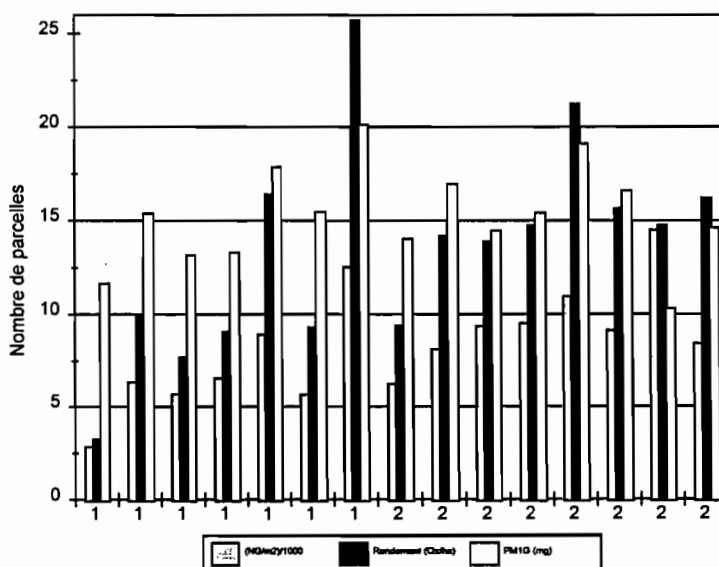


Figure 1. Variations des rendements



1 : jachère courte ; 2 : jachère moyenne ; NG/m² : nombre grains par m² ; PM1G : poids moyen un grain ; Qx/ha : quintaux par ha

Figure 2. Variations des rendements, du nombre de grains et du poids moyen un grain

Tableau 1. Caractéristiques des systèmes de culture avec sorgho

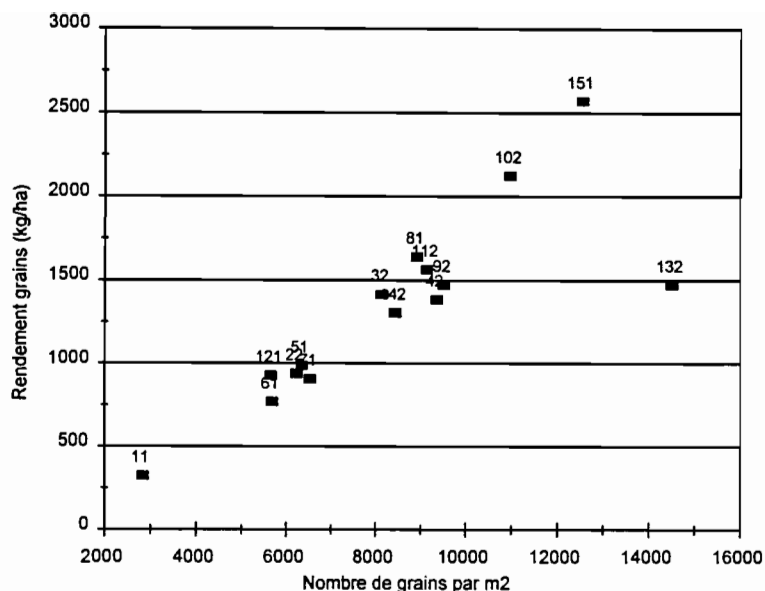
Paysans	Successions culturales des 5 dernières années	Durée jachère (nombre années)	Type de jachère	Dates semis	Modes semis (écartement, densités, préparation, etc.)	Sarclages (type, nombre et dates)	Dates récolte
Mor Kébé	Jac. 95-91	5	2	11/7	SD semoir, 8 TR, 60 cm x 20 cm	HS: 18, 28/7, 6/8	16/10
Abdou Diop	Jac. 95-94, Sor. 93, Ar. 92, mil 91	2	1	2/8	GRT sup. HS 25/7 semoir 8 TR, 60 cm x 25 cm	HS: 8, 13, 30/8	11/11
El H. Ibra Kébé	Jac. 95-91	5	2	2/8	GRT sup. HS 8/7 semoir 8 TR, 50 cm x 22 cm	HS: 8, 13, 30/8	12/11
El H. Makébé Kébé	Ar. 95, Jac. 94-91	4	2	28/7	GRT sup. sec HS semoir 8 TR, 55 cm x 45 cm	HS: 26/8, 2/9	30/10
El H. Makébé Kébé	Ar. 95, Jac. 94-93, mil 92, ar. 91	2	1	2/8	GRT sup. humide HS semoir 16 TR 55 cm x 25 cm	HS: 27/8, 4/9	10/11
El H. Ousmane Diop	Jac. 95-94, SOr. 93, Ar. 92, mil 91	2	1	27/07	GRT sup. HS 8/7 semoir 8 TR 60 cm x 45 cm	HS: 6/8, 21/8, 3/9	29/10
Aliou Kébé	Ar. 95, Jac. 94-91	4	2	20/7	SD semoir, D 16 TR, 60 cm x 17 cm	HS: 29/7, 9/8, 24/8	28/10
El H. Modou Faye	Ar. 95, Jac. 94, Ar. 93, Mil 92, Ar. 91	1	1	11/7	SD semoir, D 8 TR, 50 cm x 25 cm	HS: 13, 28/7, 13/8	21/10
Ibra Kébé	Jac. 95, Sor. 94, Jac. 93-91	4	2	28/7	SD semoir, D 4 TR, 60 cm x 35 cm	HS: 18/8, 13/9	28/10
El H. Abdou Faye	Ar. 95, Jac. 94, Ar. 93, mil 92, Ar. 91	2	1	11/7	SD semoir, D 8 TR, 70 cm x 50 cm	HS: 23/7, 5/8	22/10
Abdou Kanté	Jac. 95, Sor. 94, Jac. 93-91	4	2	2/8	GRT sup. HS 26/7 semoir, 8 TR, 16 TR, 50 cm x 35 cm	HS: 12/7, 3/9	12/11
Omar Kébé	Ar. 95, Jac. 94, Sor. 92-91	1	1	11/7	SD semoir, D 8 TR, 60 cm x 50 cm	HS: 20/7	29/10
Djibril Kébé	Ar. 95, Jac. 94-91	4	2	19/7	GRT sup. sec HS. semoir, 8 TR, 50 cm x 50 cm	HS: 28/7, 13, 28/8	29/10
Kabe Diop	Jac. 95, Ar. 94, Jac. 93-91	4	2	26/7	GRT sup. HS 15/7 semoir, 8 TR, 16 TR, 60 cm x 45 cm	HS: 10/8, 20/8, 17/9	29/10
Mayoro Kébé	Mil 95, Sor. 94, Mil 93, Jac. 92-91	2	1	18/7	GRT sup. sec HS. semoir, 8 TR, 50 cm x 17 cm	HS: 25/7, 13, 28/8	21/10

Jac : Jachère; SOr : Sorgho; Ar; Arachide; SD : Semis direct; TR : Trou; D : Disque; GRT : Grattage; NR : non récolté
 CLR : Cuillère; Past. : Pastèque ; Type de jachère 1 : jachère courte ; 2 : jachère moyenne

Explication de l'origine de la variabilité et mise en évidence de l'effet de jachère

L'influence de l'âge de la jachère sur les rendements et le nombre de grains, est mis en évidence par la figure 2. L'effet est moins net sur le poids d'un grain. Les rendements et les valeurs de nombre de grains par m² obtenues dans les parcelles avec un précédent de jachère de durée moyenne (3 à 5 ans), sont plus élevées que ceux atteints dans les parcelles avec une jachère courte (1 à 2 ans).

D'après la figure 3, le rendement a varié d'une façon linéaire avec le nombre de grains par m². En effet, la régression linéaire ($\text{Rendement} = 18,904 + 0,156 * (\text{nombre de grains/m}^2)$) a donné une corrélation très hautement significative ($R^2 = 0,833$ avec $P < 0,001$; $n = 15$). Dans la fourchette 2 800 à 12 500 grains par m², les rendements ont varié de 325 pour Abdou Diop (11) à 2 570 kg par ha pour Mayoro Kébé (151). Donc les rendements en grains ont augmenté de la même façon que le nombre de grains. La parcelle de Abdou Diop a été semé tardivement le 02 août à faible densité. Elle a subi des stress hydriques durant la montaison. Sur le même graphique, il est apparu que les valeurs supérieures de rendements (1 200 à 2 100 kg/ha) correspondent aux parcelles avec précédent de jachère de durée moyenne, sauf la parcelle 151 (2 570 kg/ha) à jachère de deux ans située dans un champ de case et la parcelle 81 (1 640 kg/ha) appartenant à Modou Faye. L'effet positif du précédent jachère est donc apparent sur le nombre de grains par m² et sur le rendement.



- le dernier chiffre des libellés correspond au type de jachère 1 ou 2
- le ou les deux premiers chiffres au numéro de parcelle 1 à 15.

Figure 3. Variations des rendements selon le nombre de grains

Le poids moyen maximal d'un grain est de 20,12 mg pour 12 533 grains par m², 5,8 panicules par m² et une densité de levée de 5,7 pieds par m² dans la parcelle de Mayoro Kébé. La parcelle de Mayoro est située en champ de case avec une jachère de deux ans. Quand à la plus faible valeur de ce paramètre (10,3 mg), elle est atteinte à 14 498 grains par m² dans la parcelle de Abdou Kanté (132). Cette parcelle a une forte densité de peuplement en début de cycle (19,2 pieds par m² et 2,7 pieds/poquet avec un semis très tardif) et à la récolte (13,5 tiges/m²) du fait du disque de semis de 16 trous. La parcelle a subi une forte sécheresse durant la période floraison - maturité. Cette parcelle a un précédent de jachère de quatre ans. Les effets néfastes du semis tardif associés à la sécheresse ont dû limité les avantages de la jachère.

Les tendances sont confirmées par le tableau 3. Bien que les différences ne soient pas significatives, les plus faibles valeurs de production (rendements, nombre de grains et poids moyen un grain) sont enregistrées dans les parcelles avec une jachère courte. En effet, les parcelles avec jachère moyenne ont produit 127 et 139 % du rendement et du nombre de grains fournis par les parcelles avec jachère courte.

Tableau 2. Effet du type de jachère sur les paramètres de production

	Jachère courte	Jachère moyenne	Ecart type différence	Probabilité t	Signification (alpha = 0,05)	Nombre de mesures
Rendement (kg/ha)	1 160 (100%)	1 470 (127%)	307	0,33	NS	15
Nombre grains par m ²	6 930 (100%)	9 555 (139%)	1518	0,10	NS	15
Poids un grain (mg)	15 (100%)	15,3 (102%)	1,6	0,86	NS	15

Conclusion

Les systèmes de culture avec jachère de durée moyenne ont été plus favorables à la production de sorgho que ceux avec jachère de courte durée.

Par conséquent, pour espérer atteindre des productions correctes de sorgho dans le terroir, on peut tenir compte de ce qui suit :

- précédent jachère, champ de case
- semis précoces (au plus tard avant fin deuxième décade de juillet)
- densités semis ou de peuplement moyennes, mais semis dense en cas de semis tardif.

Références bibliographiques

- Burgos-Leon (W.), Garry (F.), Nicou (R.), Chopart (J. L.), Domergues (Y.) - 1980. Etude et travaux : un cas de fatigue des sols induite par la culture de sorgho. *Agr. trop.* 35 : 319-334.
- ISRA 1995. Rapport de la MARP jachère au Sud Bassin Arachidier. ISRA - SBA, avril 1995, 24 p.
- Piéri (C.) - 1989. Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente années de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. Coopération Française - CIRAD, 444p.
- Sarr (D. Y.), Diouf (O.) - 1995. Pratique de la jachère dans le village de Médina Kébé : Evolution et possibilités d'amélioration. ISRA - SBA, avril 1995, 11 p.

Evolution de la fertilité d'un sol au cours de quatre ans de culture suite à une jachère arborée de six ans. Cas d'une zone de forêt humide en Côte d'Ivoire.

A. N'GORAN, G. M. GNAHOUA , K. OUALOU, B. PITY

IDEFOR/DFO 08 BP. 33 ABIDJAN 08

Résumé

Après six années de jachère arborée à base de légumineuses ligneuses, une parcelle a été cultivée pendant quatre années consécutives avec deux cycles de maïs par an. L'évolution de la fertilité du sol sous ces cultures successives a été étudiée ; l'indicateur de cette fertilité est le rendement du maïs en kg. ha⁻¹. Il ressort de cette étude que :

- la fertilité du sol qui a un bon niveau juste après l'abattage des arbres tombe à un niveau très bas à la troisième année de culture ; au cours d'une même année la fertilité du sol baisse de façon notable entre le premier et le deuxième cycle de culture ; au premier cycle de culture de l'année suivante, la fertilité du sol connaît une remontée.

Ces observations sont identiques quelle que soit l'espèce de légumineuse considérée parmi les quatre étudiées qui sont *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Albizzia lebeck*, *Leucaena leucocephala*.

Mots-clé : fertilité - forêt - humide - jachères – rendement.

Evolution of the fertility of a soil farmed during four successive years after six years of fallow planted with trees, in a humid forest zone of Côte d'Ivoire.

Abstract

After six years of fallows planted with leguminous trees, a plot was farmed during three consecutive years with two cycles of maize per year. The evolution of the soil fertility under these successive cultivations was studied ; the fertility indicator is the maize yield in kg/ha. From the present study it emerges that :

- the soil fertility which was at an appreciable level just after the felling, falls to a low level at the third year of cultivation ;
- during the same year, the soil fertility falls between the first and the second farming cycle ;
- at the first farming cycle of the following year the soil fertility increases.

These observations are verified with all the species of leguminous which were concerned by the study. These species are *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Albizzia lebeck*, and *Leucaena leucocephala*.

Key words : fertility - humid forest - fallows – yield.

Introduction

Le système traditionnel de gestion des terres qui consiste en une alternance de culture sur une courte période (3 à 4 ans) et une mise en repos sur une période plus longue d'au moins dix ans (Wencelius, 1991 ; Ballé, 1983 et 1984) n'est plus adapté aux réalités actuelles en Côte d'Ivoire. En effet l'essor démographique ayant entraîné des besoins alimentaires de plus en plus croissants, la pression sur les terres arables est devenue très forte. La conséquence de cette situation est la diminution de la durée de la jachère qui engendre une dégradation des terres cultivées en l'occurrence leur fertilité.

L'utilisation des engrais chimiques de par leur action bénéfique immédiate sur la productivité des cultures vivrières est sans doute, une des solutions. Mais leur coût et leur indisponibilité les rendent presque inaccessibles aux petits agriculteurs qui sont de loin les plus nombreux (N'goran, 1995). La mise en jachère des terres qui demeure l'unique méthode de restauration de la fertilité des terres pour la majorité des paysans, aussi bien en région de savane qu'en zone forestière, mérite de connaître des améliorations pour répondre aux besoins actuels.

C'est pour contribuer à la résolution de ce problème que depuis 1982, l'Institut Des Forêts/Département Foresterie (IDEFOR/DFO) entreprend des recherches sur l'amélioration des jachères au moyen de légumineuses ligneuses en vue de proposer des systèmes de culture moins consommateurs en terres forestières et capables d'assurer la restauration rapide de la fertilité des sols agricoles.

L'une de ces études de recherche dénommée « essai légumineuse 87 » servira de base à cette étude qui se veut une simple analyse de l'évolution de la fertilité du sol cultivé après abattage de la sole arborée.

Matériel et méthodes

Description du site

L'expérimentation a été conduite au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire à la station IDEFOR/DFO de la Sangoué située à 12 km d'Oumé. C'est une zone de forêt dense semi-décidue où les sols sont de type ferrallitique, relativement riches en matière organique. Leur texture limono sableuse ou argilo sableux avec la présence de gravillons qui permettent un bon drainage (ATLAS CI, 1979).

Le climat est de type subéquatorial et comprend deux saisons des pluies et deux saisons sèches :

- une grande saison des pluies allant de Mars à Juillet avec un total moyen de 800 à 900 mm d'eau ;
- une petite saison sèche de Juillet à Août ;
- une petite saison des pluies de Septembre à Octobre qui donne environ 400 mm ;
- et une grande saison sèche de Novembre à Février.

La température moyenne annuelle est de 26,5°C et la pluviosité moyenne annuelle de 1300 mm.

Le dispositif expérimental

L'expérimentation a démarré en 1987. Elle a été mise en place sur une parcelle ayant été précédemment cultivée en banane, en riz et en igname. Ayant été abandonnée pour probablement une baisse de fertilité (comme c'est le cas généralement dans la région), cette parcelle a été transformée en une friche dominée par *Chromolaena odorata*.

Cette friche a été coupée, et la parcelle initiale a été subdivisée en plusieurs sous parcelles. Chaque sous parcelle a été plantée d'une des quatre espèces de légumineuses suivantes : *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Albizia lebbek*, *Leucaena leucocephala* ou simplement laissée en jachère naturelle. La densité de plantation est de 2 m x 2 m soit 2500 arbres/ha. Six années plus tard c'est à dire en 1993, les arbres ont été abattus et depuis cette date chaque année, deux cycles de maïs sont conduits sur les parcelles. Un cycle pendant la grande saison des pluies et l'autre pendant la petite saison.

Ces différents cycles de maïs donnent lieu à un essai agronomique de type factoriel avec trois facteurs étudiés qui sont :

- Facteur 1 = précédent cultural comportant cinq modalités (la jachère naturelle (JN) = témoin, les jachères arborées d'*Acacia mangium* (AM), d'*Acacia auriculiformis* (AA), d'*Albizia lebbek* (AL) et de *Leucaena leucocephala* (LL))

- Facteur 2 = type de gestion de la litière et résidus culturels comprenant deux modalités (mulch ou brûlis)
- Facteur 3 = Fertilisation avec deux modalités : sans fumure minérale et avec apport de fumure minérale sous forme de NPK 10-18-18 (600kg/ha) et d'urée à 46% d'azote (180 kg/ha).

La variété de maïs utilisée est dénommée F8128. C'est une variété à durée de cycle moyen (105 jours du semis à la récolte) offrant un rendement potentiel de 7t/ha et une bonne réponse à la fumure minérale. De nombreuses données ont été recueillies à partir de cette expérimentation. Mais dans la présente étude, nous tiendrons compte que des résultats concernant l'analyse de sol effectuée en 1993 juste après l'abattage de la sole arborée et surtout du rendement en grains du maïs obtenu au cours des cycles culturels successifs.

Résultats

Caractéristiques du sol après 6 années de jachères et avant la mise en culture.

Tableau 1. Quelques paramètres de la fertilité du sol en fonction du précédent cultural

Précédents	AM	AA	AL	LL	Témoin
Propriétés du sol					
pH eau	6,92	7,9	7,32	7,32	7,12
Carbone total (%)	1,99	1,73	2,28	2,03	2
Azote total (‰)	1,85b	1,59b	2,48a	2,13ab	2,05ab
C/N	10,7	10,8	9,19	9,53	9,75

Source : (Gnahoua, Oliver et Ganry, 1994).

Après six années de jachères, on note un niveau satisfaisant en azote pour tous les précédents puisque toutes les valeurs sont supérieures à 1,5 ‰ (tableau 1). Le précédent le plus riche en azote est *Albizia lebeck* suivi de *Leucaena leucocephala* et du témoin. Les deux Acacia ont une teneur plus faible que celle des autres précédents. Notons que le témoin jachère naturelle, à un bon comportement même en comparaison de celui des jachères « améliorées ».

Les valeurs du rapport C/N (autour de 10) indiquent que la décomposition de la litière est satisfaisante dans tous les traitements.

Rendements de maïs grains enregistrés de 1993 à 1996.

Les figures suivantes, rendent compte des rendements de maïs grains obtenus, en fonction du type de jachère, au cours des différents cycles culturels dans les parcelles non fertilisées (Figure 1), et dans les parcelles fertilisées (Figure 2). Ces rendements ont fait l'objet d'analyse statistique à l'aide du logiciel STATITCF. Les principaux renseignements tirés de cette analyse sont consignés dans le tableau 2.

Tableau 2. Résultats de l'analyse de variance

	1993		1994		1995		1996
	1	2	1	2	1	2	1
Précédent	*	NS		**	NS	NS	**
Gestion litière	NS	*	NS	NS	*	NS	NS
Fertilisation							
Interaction précédent-gestion litière	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS
Interaction précédent-fertilisation	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction gestion litière-fertilisation	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction précédent-gestion litière-fertilisation	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

1 = 1er cycle 2 = 2e cycle
 * : Significatif au seuil de 5%
 ** : Significatif au seuil de 1%
 *** : Significatif au seuil de 1%,
 NS : Non significatif.

De l'analyse de ce tableau 2, on note que quelle que soit l'année et quel que soit le cycle cultural, l'effet de la fertilisation est significatif au seuil de 1 (: le rendement des parcelles fertilisées est toujours supérieur à celui des parcelles non fertilisées.

L'effet de la gestion du couvert n'est pas constant. Sur 7 cycles culturaux il apparaît deux fois : en 2eme cycle 93 (brûlis > mulch) et en premier cycle 95 (mulch > brûlis).

L'effet de la jachère arborée est significatif au premier cycle de l'année 1993, il n'est pas apparent au 2eme cycle de cette même année. Il réapparaît en 1994 sur les deux cycles. Il disparaît en 1995 sur les deux cycles, pour réapparaître à nouveau au premier cycle de 1996.

Lorsque l'effet précédent est significatif, le test de comparaison des moyennes par la méthode de Newman et Keuls ou par la PPDS, montre que les jachères arborées à *Acacia mangium*, *Albizzia lebbeck*, *Leucaena leucocephala* et la jachère naturelle donnent des rendements statistiquement identiques. Le rendement de la jachère à *Acacia auriculiformis* est toujours inférieur à celui des autres précédents.

Nous notons deux interactions entre les facteurs :

- interaction gestion - fertilisation au premier cycle 1993 : le (mulch + fertilisation) est supérieur au (brûlis + fertilisation) ; dans les parcelles non fertilisées la différence entre le mulch et le brûlis n'est pas significative ;
- interaction précédent-gestion au premier cycle 1995 : pour *Acacia mangium* et *Leucaena leucocephala*, le mulch est supérieur au brûlis, tandis que pour les trois autres précédents c'est le contraire que nous observons.

Evolution du rendement de maïs dans le temps

Nous allons considérer d'une part les parcelles non fertilisées et d'autre part les parcelles fertilisées :

Parcelles non fertilisées (figure 1)

Au premier cycle 93 nous enregistrons des rendements variant de 4250 à 4500 kg.ha⁻¹ pour *Leucaena leucocephala*, *Acacia mangium*, *Albizzia lebbeck* et la jachère naturelle ; *Acacia auriculiformis* donne 3600 kg.ha⁻¹. Au deuxième cycle de la même année on observe une perte de rendement de 31 à 42% pour les meilleurs traitements et 48% pour *Acacia auriculiformis*.

L'année suivante (1994) au premier cycle :

- *Leucaena leucocephala*, remonte à son niveau de rendement initial ;
 - *Albizzia lebbeck*, le témoin, *Acacia (mangium et auriculiformis)* connaissent une hausse de rendement par rapport au second cycle de l'année 93, sans pour autant atteindre leur niveau initial.
- Au second cycle 1994, tous les rendements varient entre 500 kg et 1000 kg.ha⁻¹ ; ce qui représente une chute de rendement de plus de 78% pour tous les précédents.

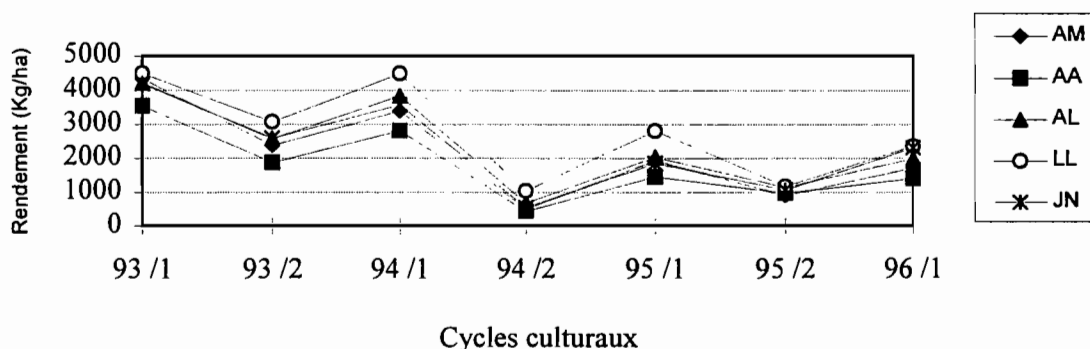


Figure 1. Evolution du rendement de maïs grains dans le temps (sans engrais)

En 1995, au premier cycle, on observe une nouvelle remontée des rendements mais aucun d'eux n'atteint son niveau initial. Par rapport au niveau de départ la baisse est de 38% pour *Leucaena leucocephala* et de plus de 50% pour les autres précédents. Entre le premier et le deuxième cycle la chute de rendement est de 33% pour *Acacia auriculiformis*, 38% pour la jachère naturelle et 40% pour *Albizzia lebeck* et plus de 50% pour *Leucaena leucocephala* et *Acacia mangium*.

En 1996, au premier cycle de culture : les rendements connaissent une nouvelle hausse, mais par rapport au premier cycle de 1995, avec *Leucaena leucocephala*, *Acacia (mangium et auriculiformis)* on observe plutôt une baisse de rendement. Seuls *Albizzia lebeck* et la jachère naturelle atteignent le niveau du premier cycle 1995.

Parcelles fertilisées (figure2)

L'évolution du rendement dans le temps à la même allure dans les parcelles fertilisées que dans celles qui ne le sont pas. Malgré l'apport de fumure minérale à chaque cycle cultural, on assiste tout de même à une baisse progressive du rendement entre 1993 et 1996.

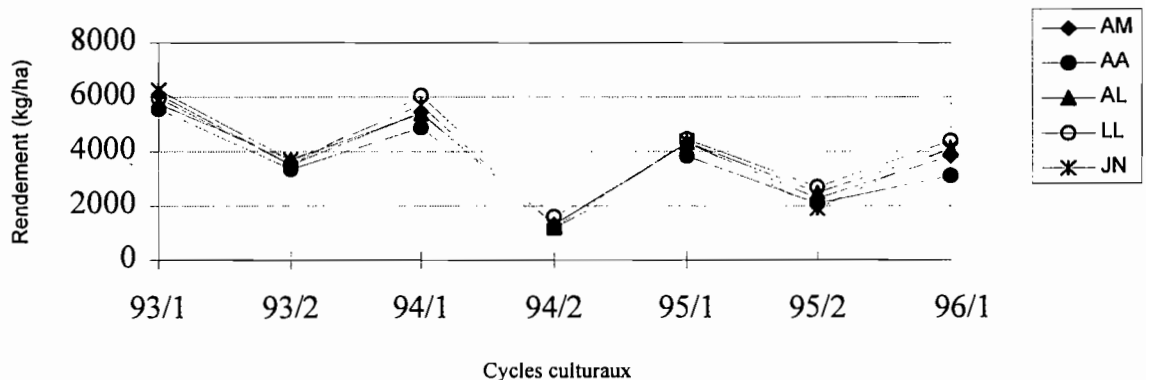


Figure 2. Evolution du rendement de maïs grains dans le temps (avec engrais).

Discussions

Le rendement des parcelles fertilisées est toujours supérieur à celui des parcelles non fertilisées ; ce qui veut dire que la jachère de six années ne suffit pas pour maximiser la production du maïs.

La variation de l'effet de la gestion de la litière pourrait être liée à la difficulté de réalisation du brûlis. Le brûlis fait en tas et la cendre est ensuite répartie sur la parcelle. Il peut y avoir une certaine hétérogénéité dans la répartition de la cendre d'une parcelle à l'autre et même d'un point à un autre à l'intérieur de la même parcelle.

Lorsque l'interaction gestion/fertilisation est significative, les traitements avec mulch plus fertilisation donnent des rendements supérieurs à ceux des traitements avec brûlis plus fertilisation : le mulch contribue au maintien de l'humidité du sol pendant les périodes plus sèches.

En tout point, *Leucaena leucocephala* a un rendement au-dessus de celui des autres traitements. Cette espèce serait donc la meilleure pour l'amélioration du sol parmi toutes les légumineuses testées. *Acacia auriculiformis* donne les rendements les plus faibles partout.

Ce fait pourrait être lié à sa teneur en azote et en matière organique plus faible que celle des autres espèces (tableau 1).

Acacia mangium, *Albizzia lebeck* et la jachère naturelle ont des rendements statistiquement identiques dans la majorité des cas. Ce qui signifie que ces espèces n'auraient pas un pouvoir améliorant de fertilité supérieur à

celui de la jachère naturelle, et surtout quand on sait que cette jachère naturelle est dominée par *Chromolaena odorata* qui est en réalité une espèce indicatrice de sol fertile.

La baisse de rendement progressive entre 1993 et 1996, que ce soit avec fertilisation ou sans fertilisation, témoigne d'une diminution progressive de la fertilité du sol. La baisse de rendement observée entre deux cycles au cours de la même année, serait plutôt imputable à l'importance de la pluviosité. Le second cycle est généralement moins arrosé (Figure 3). Et même quand le second cycle est plus arrosé, la répartition des pluies joue un rôle aussi important que la quantité d'eau reçue. C'est le cas par exemple en 1994 où au second cycle, on enregistre 337 mm supérieur à 281 mm pour le premier cycle ; mais trois jours après la floraison du maïs il est tombé 12 mm d'eau et après il n'y a plus eu de pluie jusqu'à la fin du cycle.

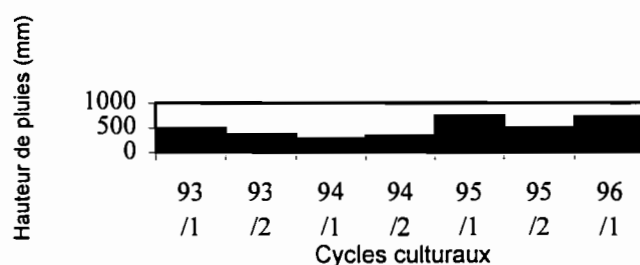


Figure 3. Pluviosité par cycle cultural (1993 à 1996) à la Sangoué

Conclusion

Six années de jachère arborée ou naturelle ne suffisent pas pour maximiser la production du maïs. Après deux années de culture très productive, on observe une chute de rendement de près de 50%. La jachère arborée n'améliore pas plus la fertilité du sol que la jachère naturelle dominée par *Chromolaena odorata*.

Le but de la jachère arborée dans la zone forestière ne doit pas se limiter seulement à l'amélioration de la fertilité du sol d'autant que la jachère naturelle améliore également la fertilité. D'autres produits issus de la jachère arborée tel que le bois doivent revêtir autant d'importance que son pouvoir améliorant de fertilité pour une meilleure valorisation de celle-ci.

Leuceana leucocephala, malgré sa performance, est à proscrire pour la vulgarisation à cause de son caractère envahissant. *Albizia lebbek* et *Acacia mangium* se révèlent être des espèces prometteuses.

Références bibliographiques

- ATLAS C.I., 1979. Ministère du Plan -ORSTOM-IGT-Université d'Abidjan Edit. Asso. de l'ATLAS de Côte d'Ivoire, BP. 8863, Abidjan
- Pity, B., 1983. L'agroforesterie les conditions d'application en Côte d'Ivoire, document CTFT, IDEFOR/Département Foresterie, Abidjan. 6p.
- Pity, B., 1984. Contribution de l'arbre dont la restauration et le maintien de la fertilité des. Séminaire IMPHOS-Yamoussoukro.
- Gnahoua, G. M., 1993. Effet des jachères arborées sur l'état de fertilité des sols en zone de forêt de Moyenne Côte d'Ivoire. Conséquences sur les pratiques culturales à recommander. Mémoire DESS, Université Paris XII Val de Marne. 96p.
- Ngoran, A., 1995. Intégration des légumineuses dans la culture du maïs comme moyen de maintien de la fertilité des sols et de lutte contre l'enherbement. Rapport de la deuxième réunion du comité de Recherche du WECAMAN, USAID, IITA : 163 - 171.
- Oliver, R., et Ganry, F., 1994. Etude de modification de fertilité induite par une jachère arborée. Cas de la zone forestière de Centre Côte d'Ivoire. Compte rendu de fin d'études de recherche financée par le Min. De la Rech. Et de la Tech. 27p.
- Wencelius, F., 1981. L'agroforesterie propositions de recherches en Côte d'Ivoire, Doc. CTFT, IDEFOR/Département Foresterie, Abidjan.

Etude de la flore adventice des cultures après jachère améliorée dans la région d'Oumé (Côte d'Ivoire).

G. M. GNAHOVA

IDEFOR/DFO - 08 BP 33 - ABIDJAN 08 - COTE D'IVOIRE

Résumé

Après l'abattage des légumineuses arbustives et la mise en place d'une culture derrière cette jachère améliorée, la flore adventice a été étudiée comparativement à celles poussant sur des parcelles cultivées de façon continue depuis plusieurs années et aux communautés herbacées des parcelles issues de jachère naturelle.

L'objectif de cette étude est de savoir si la jachère plantée en légumineuses arbustives fixatrices d'azote a un effet sur le degré d'enherbement des parcelles, sur la nature des mauvaises herbes et leur dynamique pendant le cycle cultural.

Une cinquantaine d'espèces ont été identifiées, les plus dominantes étant *Euphorbia heterophylla* L. et *Chromolaena odorata* (L.) R. M. King. L'enherbement naturel des parcelles est très important et pourrait être préjudiciable à la production des cultures, sans maîtrise de la part de l'agriculteur. L'évolution de la flore au cours du cycle cultural montre une diminution progressive du nombre d'espèces et particulièrement celui des annuelles. Des groupes écologiques de mauvaises herbes ont été mis en évidence en fonction des facteurs du milieu (pente et texture) et des facteurs agronomiques étudiés (types de jachère et précédents culturaux). Les précédents « jachères » semblent favorables au développement d'un grand nombre d'espèces tandis que sur les parcelles cultivées sans interruption depuis 1990, seulement une demi-douzaine d'espèces semblent être caractéristiques des sols appauvris en matière organique.

Mots-clé : mauvaises herbes - jachère améliorée - culture continue - matière organique.

Weed species of cultivated fields following improved fallow in the Oume region (Ivory Coast).

Abstract

After felling six years old trees of improved fallows and the establishment of crops, weed flora have been analysed and compared with other weed communities growing after the clearing of natural fallows and those of continuous cultivation plots.

The aim of this study is to find out whether improved fallows planted with leguminous trees have an effect on weed species and their development during the cropping period.

About fifty species have been determined with *Chromolaena odorata* and *Euphorbia heterophylla* as the most dominant of them. Weeds development is important and, without any control, it can lead to drastic yield losses. During the cropping cycle, the number of weed species decreases considerably due to the action of frequent hoeing. Ecological groups of weeds have been determined according to natural factors like slope and soil texture and according to recently cleared plots, while half a dozen species grow preferentially in soil with continuous cultivation conditions and with a low level of organic matter.

Key words : weeds - improved fallow - continuous cultivation - organic matter.

Introduction

Problématique de la jachère

L'importance de la jachère dans les systèmes agraires traditionnels des zones tropicales n'est plus à démontrer. Cette pratique a fait l'objet de nombreuses études qui ont permis de mettre en évidence ses multiples fonctions (Laudelout, 1990 ; Floret et Serpantié, 1991) :

- restauration de la fertilité des sols après les cultures,
- fourniture de bois d'utilisations diverses,
- réservoir de plantes médicinales, de fourrages, de gibiers, etc.
- lutte contre la pression des mauvaises herbes des cultures par l'étouffement de celles-ci et la diminution du pouvoir germinatif des semences enfouies dans le sol, en fonction de l'âge de la jachère (de Rouw, 1991).

Face à la crise des systèmes de culture itinérante sur brûlis due à la raréfaction des jachères, des solutions diverses ont été envisagées. Parmi ces alternatives, la technique des jachères améliorées à base de légumineuses arborées fixatrices d'azote rencontre un certain succès, ces derniers temps, comme le montrent l'utilisation de *Gliricidia sepium* dans certaines jachères du Nigéria (Adesina, 1991), l'introduction d'*Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Albizia lebbek* et *Leucaena leucocephala* en Côte d'Ivoire (Gnahoua, 1993), d'*Acacia holocericia* au Sénégal (Uguen, 1996). Le choix de ces légumineuses se justifie par leur aptitude à fixer l'azote atmosphérique et leur croissance rapide. Par les retombées d'abondantes litières riches en composés azotés, ces plantes concourent à la restauration des aptitudes culturales du sol (Ballé, 1984). En outre, ces légumineuses peuvent produire d'importantes quantités de bois d'utilisation courante.

Les premiers résultats obtenus en station à Oumé ont montré que l'abondante biomasse aérienne restituée au sol par ces légumineuses, au moment de l'abattage, a contribué efficacement, après les brûlis des litières, à la libération d'éléments minéraux directement assimilables par les cultures post-jachères (Gnahoua, 1993 ; Ganry et Oliver, 1994).

Cependant il a été constaté un fort enherbement des cultures post-jachère et une dissémination très marquée d'*Euphorbia heterophylla* sur ce type de jachère.

L'enherbement, constituant actuellement une contrainte majeure dans les systèmes culturels traditionnels, nous avons voulu savoir si ces nouvelles techniques élaborées en station pouvaient avoir une influence sur le degré d'enherbement et le développement des adventices, en phase culturale, comme jadis certaines jachères traditionnelles.

Objectifs de l'étude

Les objectifs sont les suivants :

- décrire par la méthode phytosociologique les communautés d'adventices qui se développent sur les défriches de jachères plantées, comparativement à des jachères naturelles de même âge et des parcelles cultivées de façon continue depuis plusieurs années ;
- mettre en évidence, l'influence que les jachères à légumineuses peuvent avoir sur le degré d'enherbement des parcelles, en phase culturale ;
- analyser l'évolution de la flore adventice au cours d'un cycle cultural complet en vue de déceler les variations dans le temps, de la richesse floristique parcellaire.

Matériels et méthodes

Présentation de la zone d'étude

La région d'Oumé est située en zone de transition forêt/savane à environ 250 km au nord-ouest d'Abidjan (fig. 1) La Station de Recherches Agroforestières de l'Institut des Forêts (IDFOR) a pour coordonnées géographiques : 06°17 de latitude nord et 05°31 de longitude ouest.

Le climat est subéquatorial bimodal à 2 saisons de pluies et 2 saisons sèches. La moyenne pluviométrique annuelle est de 1300 mm, l'humidité relative de l'air est estimée entre 65 et 85% suivant les saisons (Clément, 1970). La température moyenne annuelle est de l'ordre de 26°C et la grande saison sèche est sous l'influence de l'harmattan. La pluviosité globale est en nette régression depuis ces 10 dernières années.

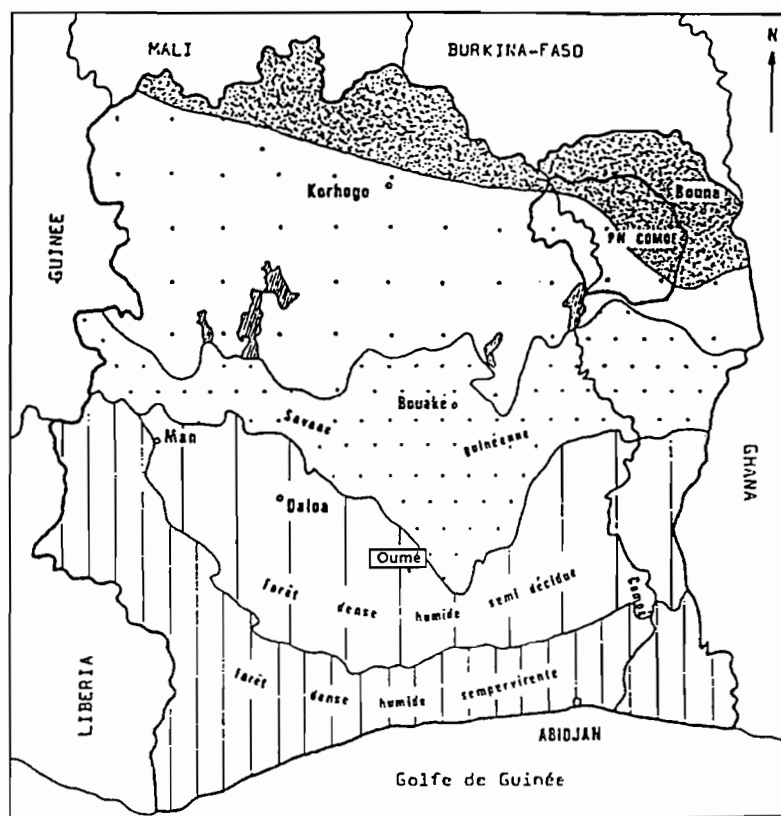


Figure 1. Localisation de la région d'Oumé en Côte d'Ivoire

Le relief est moyennement ondulé avec une altitude moyenne de 200 m. Les sols sont ferrallitiques moyennement à faiblement dessaturés issus de granite ou d'amphibolites. La somme des bases est assez faible (13,5 méq/100g) mais les sols sont bien pourvus en matière organique (Clément, 1970) et semblent globalement donner satisfaction en arboriculture.

La végétation initiale est du type forêt humide semi-décidue caractérisée par les espèces des genres *Celtis* et *Triplochiton*. Cette forêt a fait l'objet d'une exploitation extrêmement poussée et d'une pression agricole sans précédent, et la physionomie végétale actuelle de la région est celle d'une mosaïque de lambeaux forestiers et de vastes étendues d'herbacées.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental retenu est un essai d'amélioration de jachère mis en place en 1990 et comportant 7 traitements :

- Traitement 1 : culture vivrières continue depuis 1990,
- Traitement 2 : cultures vivrières pendant 2 ans, puis jachère naturelle de 2 ans,
- Traitement 3 : culture vivrières pendant 2 ans, puis jachère naturelle de 4 ans,
- Traitement 4 : cultures vivrières associées à *Acacia mangium* pendant 2 ans, puis 2 ans de jachère à *Acacia mangium*,
- Traitement 5 : cultures vivrières associées à *Acacia mangium* pendant 2 ans puis 4 ans de jachère à *Acacia mangium*,
- Traitement 6 : cultures vivrières associées à *Acacia auriculiformis* pendant 2, ans puis 2 ans de jachère à *Acacia auriculiformis*,
- Traitement 7 : cultures vivrières associées à *A. auriculiformis* pendant 2 ans, puis 4 ans de jachère à *A. auriculiformis*.

Pour la présente étude, seuls les traitements 1, 3, 5 et 7 relatifs à la culture continue et aux jachères de 4 ans ont été pris en compte :

- Le traitement témoin a été mis en culture sans interruption depuis 1990 suivant les successions culturales caractéristiques de la région (igname, riz, maïs et arachide).
- La jachère naturelle, est dominée par une mauvaise herbe envahissante *Chromoleana odorata* qui inhibe le développement des autres espèces, en général.
- *Acacia mangium*, est un Acacia australien introduit depuis 15 ans et adapté à la zone d'Oumé. C'est une espèce fixatrice d'azote assurant en outre, une bonne production de bois d'utilisation courante.
- *Acacia auriculiformis*, est une espèce voisine de la première citée, elles ont la même aire d'origine.

Après le défrichement d'une portion de forêt secondaire, en 1990, les deux acacias ont été installés en peuplement de 1100 individus à l'hectare, simultanément avec des cultures vivrières intercalaires sur des parcelles expérimentales de dimensions 27m x 27m, soit 729 m². Après environ 2 ans de culture (1990 et 1991), les parcelles ont été abandonnées en jachère naturelle d'une part et en jachère améliorée à base d'*acacia* d'autre part, pendant 4 ans. En 1996, ces jachères ont été défrichées, les arbres abattus et récupérés. Les parcelles ont été divisées en deux parties égales (27m x 13,5m) avant la mise en place de deux cultures post-jachères améliorées (riz et igname). En 1997, une culture de maïs a été mise en place sur laquelle l'enherbement a été étudiée. Nous avons donc attendu la deuxième année pour mener la présente étude, parce qu'en zone tropicale humide, selon de Rouw (1991), c'est normalement à partir de la deuxième année après le défrichement des jachères que se développe le maximum d'adventices.

Facteurs étudiés

Facteur 1 : le type de "jachère" codé suivant les numéros d'ordre des traitements :

- culture continue (codé 1)
- jachère naturelle à *Chromoleana odorata* (codé 3)
- jachère à *Acacia mangium* (codé 5)
- jachère à *Acacia auriculiformis* (codé 7).

Facteur 2 : le précédent cultural de 1996 :

- précédent igname, codé 1
- précédent riz, codé 2.

La superposition de ces 2 facteurs donne au total 8 traitements. Chaque traitement étant répété sur un dispositif de Fisher à 4 blocs, l'enherbement a été suivi sur 32 parcelles de x 365 m².

Dans les relevés de végétation, une station codée 5.2 correspond à une parcelle issue de la jachère à *Acacia mangium* et ayant précédemment abrité une culture de riz. Les parcelles sont ainsi ordonnées de 1.1 à 7.2.

Relevé de la végétation

Nous avons adopté la technique du tour complet qui est la plus exhaustive (Maillet, 1981) à cause de la petite taille de nos parcelles.

La technique consiste à se déplacer dans tous les sens de la parcelle et à noter les espèces sur une fiche d'inventaire au fur et à mesure de leur apparition en affectant à chacune un indice d'abondance-dominance (Braun-Blanquet, 1932 *in* Guinochet, 1973).

Périodicité des relevés

Trois séries de relevés ont été ainsi réalisées aux périodes suivantes :

- avant le défrichement des parcelles et le semis du maïs,
- 30 jours après les semis, et avant le premier désherbage,
- 70 jours après les semis, et avant le deuxième désherbage.

Une telle répartition des relevés permet de couvrir la durée de la culture (90 à 120 jours) de façon à pouvoir montrer l'évolution dans le temps de la richesse floristique au cours du cycle cultural.

Analyse de la phytomasse des adventices

Pour tenter de savoir si les différents types de jachères, notamment celles plantées en légumineuses, ont un effet sur l'enherbement, nous avons étudié la phytomasse produite par les adventices (Gounot, 1969). Sur chaque parcelle, six quadrats de 1m² ont été délimités suivant un plan de quadrillage homogène. Trois quadrats sont tirés au sort et font l'objet de prélèvements par arrachage de toute la biomasse épigée des mauvaises herbes.

Les poids frais sont mesurés au champs et les poids secs, après séchage à 70°C pendant 48 heures. Les poids des matières sèches (en grammes par mètre carré) sont ensuite comparés dans une analyse de variance classique au seuil de 5%.

Recherche de groupes écologiques d'adventices

Les fréquences des espèces ont été analysées en fonction des différents facteurs du milieu (position topographique des parcelles et texture du sol) et des facteurs agro-écologiques étudiés (types de jachères et précédents culturaux). Pour mettre en évidence l'existence d'affinités phytosociologiques entre les adventices rencontrées, une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été réalisée sur les espèces en plus d'une Classification Ascendante Hiérarchique.

Analyse des données

Les relevés floristiques ont été saisis sur le logiciel BASEFLO (Grard et Le Bourgeois, 1988), l'analyse des données s'est faite à l'aide du logiciel BIOMEKO (Lebreton *et al.*, 1990).

Les noms botaniques attribués aux espèces rencontrées sont ceux utilisés dans les principales flores des adventices tropicales (Merliet et Montégut, 1982 ; Akobundu et Agyakwa, 1989 ; Le Bourgeois et Merlier, 1996).

Pour permettre une meilleure lisibilité des plans factoriels, les noms des plantes sont remplacés par des codes de 4 lettres résultant normalement de la jonction des 2 premières lettres des noms d'espèce et de genre (ex : BIPI = *Bidens pilosa*).

Résultats

Analyses floristiques

Description de la flore

La liste des espèces rencontrées est donnée en annexe 1 avec leur fréquence. La flore est constituée par 53 espèces représentant 43 genres et 22 familles. Les monocotylédones sont représentées par 15 espèces (28%) et les dicotylédones totalisent 72% de la flore avec 38 espèces. Le nombre moyen d'espèces par relevé est de 15. La répartition de la flore en famille, genres et espèces, avec le détail pour les deux grandes classes des monocotylédones et des dicotylédones, figure au tableau 1.

Tableau 1. Répartition des espèces rencontrées en genres, familles et classes biologiques

	Familles	Genres	Espèces	% espèces
Flore globale	23	43	53	100
Monocotyléd.	3	13	15	28
Dicotylédones	20	30	38	72

Les graminées représentent la famille la plus importante de cette étude, avec 11 espèces. Elles sont annuelles et elles colonisent facilement l'espace cultivé grâce à une importante production de graines, mais aussi par leur adaptation pour la plupart d'entre elles, à des sols oligotrophes, au moyen de racines fasciculées. L'abondance de certaines graminées est généralement révélatrice de sols trop ameublés en surface, bien qu'il en existe qui préfèrent les sols lourds humides à subhumides (Merliet et Montégut, 1982). Etant essentiellement héliophyles, très peu de graminées poussent sous ombrage ; elles sont caractéristiques de milieux ouverts.

Les Asteraceae sont les principales compagnes des graminées dans les cultures. Des espèces telles que *Tridax procumbens*, *Bidens pilosa* et *Ageratum conyzoides* peuvent se comporter en rudérales mais aussi devenir envahissantes dans les champs cultivés.

Euphorbia heterophylla est la seule Euphorbiaceae qui pose de véritables problèmes aux cultures à Oumé. C'est une espèce très nitrophile et, selon Le Bourgeois et Merliet (1996), elle a un cycle de 45 à 50 jours, ce qui lui permet d'émettre des graines dans le sol, au moins deux fois au cours d'un cycle cultural moyen de 3 à 4 mois. Elle est l'espèce la plus fréquente (100%) et la plus importante en recouvrement dans les relevés effectués.

Les Solanaceae sont des adventices mineures en général, elles sont fréquentes sur les sols humides ou ayant une bonne capacité de rétention en eau.

Le plus souvent, ce sont *Solanum verbascifolium* et *S. torvum* (des nanophanérophytes) qu'on rencontre dans les jeunes jachères et qui peuvent apparaître parmi les adventices, une fois l'espace mis en culture.

Les types biologiques

La flore est composée de 44 thérophytes, 7 phanérophytes, 1 hémicryptophyte et 1 géophyte. Les plantes pérennes représentent 34% de la flore et les annuelles, 66%.

Evolution de la composition floristique pendant le cycle cultural

Globalement, la richesse floristique s'amenuise au cours du cycle cultural du maïs, consécutivement aux opérations de désherbage. On note une régénération importante d'*Euphorbia heterophylla* dont les nombreuses graines enfouies dans le sol sont favorisées par le retournement de la terre lors des sarclages successifs. La diminution des taxons est de 11% environ entre la première date de relevé et la deuxième, après un premier sarclage. La réduction est encore plus importante (62%) à la troisième date de relevé effectué après deux opérations de désherbage. La proportion des pérennes régresse de façon modérée alors que la disparition des annuelles, surtout les monocotylédones est plus remarquable. Les pérennes sont très souvent des ligneux ou des semi ligneux (*Cassia hirsuta*, *Solanum verbascifolium*, *Chromoleana odorata*, etc.) qui, ne peuvent être totalement éradiqués en quelques sarclages, sont plutôt sectionnés au collet, tandis que les annuelles sont déracinées par les outils de travail ou qui existaient sous forme de souche au moment du défrichage. Les résultats globaux de cette évolution sont donnés sur le tableau 2.

Tableau 2. Evolution du nombre d'espèces dans les différents groupes au cours du même cycle cultural

	Relevé date 1	Relevé date 2	Relevé Date 3
Espèces	53	48	18
Annuelles	36	33	9
Pérennes	18	16	9
Monocotylédones	15	14	3
Dicotylédones	38	34	15

Tableau 3. Profils de fréquence corrigée des mauvaises herbes selon la position topographique des parcelles

Espèces	haut de pente	mi-pente	bas de pente
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	170	20	40
<i>Sporobolus pyramidalis</i>	139	35	87
<i>Amaranthus viridis</i>	127	127	18
<i>Lantana camara</i>	125	75	75
<i>Brachiaria deflexa</i>	86	114	114
<i>Cassia hirsuta</i>	64	136	136
<i>Physalis angulata</i>	87	133	93
<i>Solanum torvum</i>	76	152	95
<i>Trema guineensis</i>	77	154	92
<i>Paspalum scrobiculatum</i>	93	53	160
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	96	87	122
<i>Ageratum conyzoides</i>	78	89	156
<i>Croton hirtus</i>	78	102	141

Analyse phyto-écologique

Analyse de quelques profils écologiques

A partir des profils de fréquence corrigée, nous avons essayé d'identifier parmi les espèces les plus fréquentes celles qui ont des préférences pour les facteurs du milieu ci-dessous. Les deux facteurs suivants ne sont forcément indépendants ; ainsi les textures lourdes sont souvent en bas de pente.

La position topographique

Les 3 groupes d'espèces du tableau 3 ci-dessous sont, dans notre étude, ceux qui se développent de préférence sur les parcelles situées en haut de pente, mi-pente et bas de pente, respectivement.

La texture du sol

Les sols du site étudié peuvent être répartis en 2 grandes classes de texture. Les espèces rencontrées semblent présenter des affinités avec les différentes classes de texture comme le montre le tableau 4.

Tableau 4. Profils de fréquence corrigée des adventices en fonction de la texture du sol

Espèces	texture	
	argilo-sableuse	argile sablo-limoneuse
<i>Brachiaria deflexa</i>	131	76
<i>Brachiaria lata</i>	114	89
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	160	53
<i>Amaranthus viridis</i>	135	73
<i>Ipomoea involucrata</i>	128	78
<i>Euphorbia hirta</i>	107	95
<i>Spigelia anthelmia</i>	114	89
<i>Solanum torvum</i>	131	76
<i>Trema guineensis</i>	123	82
<i>Lantana camara</i>	171	44
<i>Ageratum conyzoides</i>	38	148
<i>Bidens pilosa</i>	68	125
<i>Croton hirtus</i>	72	122

Effet des jachères sur la phytomasse des adventices

Tableau 5. Phytomasse (en tonnes.ha⁻¹) des adventices suivant les traitements étudiés

Traitements	Précédent riz	Précédent igname
culture continue	0,984	0,96
jachère naturelle	1,27	1,38
<i>Acacia mangium</i>	1,00	1,31
<i>Acacia auriculifor.</i>	1,07	1,10
moyenne	1,08	1,19

L'analyse de variance ne montre pas de différence significative entre les traitements étudiés. Elle révèle par contre un important "effet bloc" qui s'explique par une diminution importante de la phytomasse des adventices en allant des parcelles situées en haut de pente vers celles de bas de pente. Ce phénomène est plus accentué dans les parcelles en culture continue. On retiendra qu'aucune des jachères étudiées ne s'est avérée être un moyen de diminution de la pression des adventices, le développement de celles-ci étant identique sur l'ensemble des traitements.

Recherche de groupes écologiques d'adventices.

Résultats de l'Analyse Factorielle des Correspondances sur les espèces (fig. 2).

Les 3 premiers axes représentent en inertie, respectivement 10,90 ; 8,56 et 6,30% soit un total de 25,76%, ce qui est acceptable.

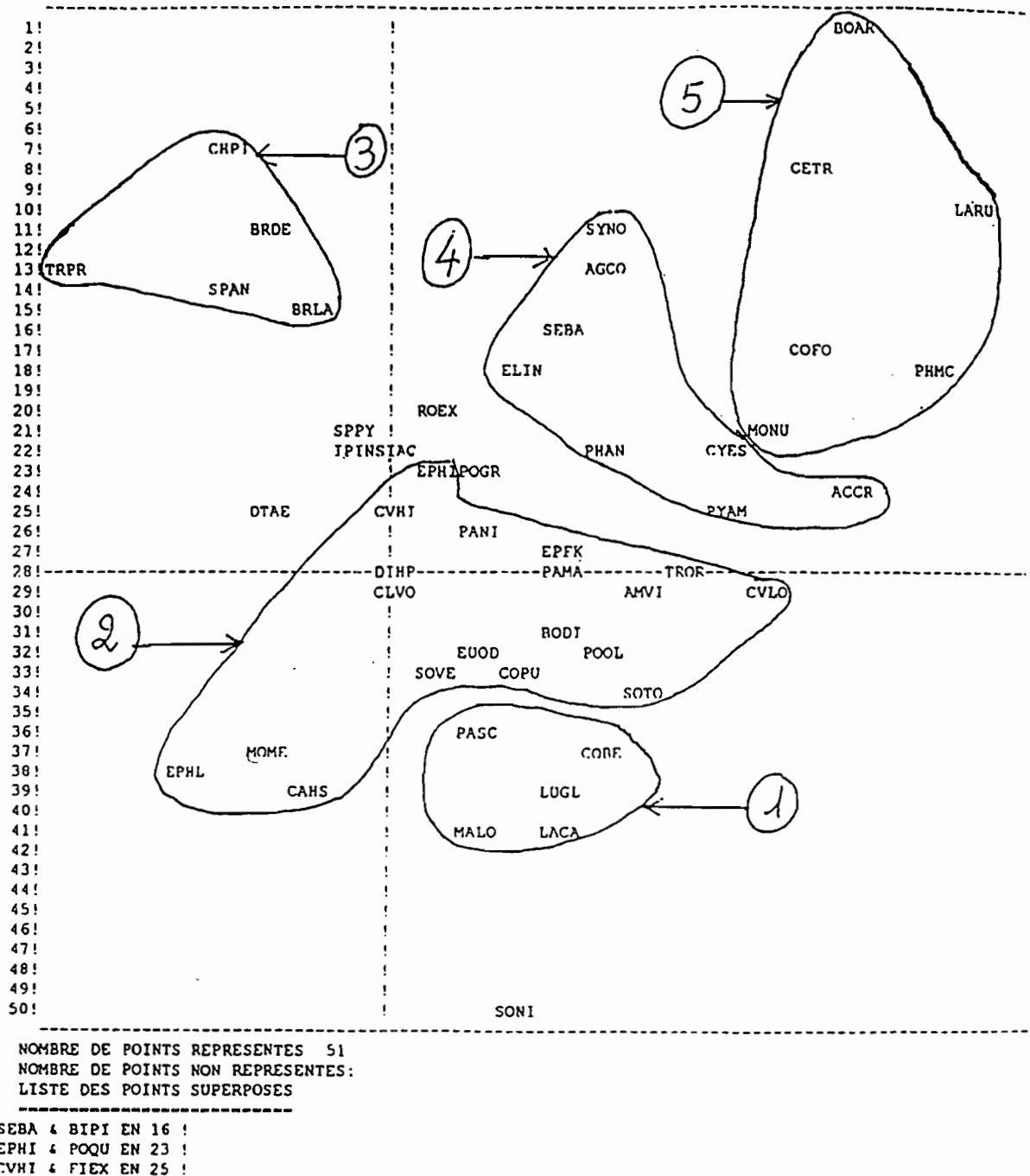


Figure 2. Représentation des espèces sur le plan factoriel 1/2

- *Axe 1* : cet axe oppose (côté positif) les adventices rares et de faible nuisibilité, préférant les sols riches et humides à celles (coté négatif) qui se développent sur les sols cultivés de façon continue (*Tridax procumbens*, *Spigelia anthelmia*, *Brachiaria deflexa*); il traduit un gradient de fertilité croissante.

- *Axe 2* : présente en ordonnées négatives les adventices pérennes, ligneuses et semi ligneuses des jachères (*Cassia hirsuta*, *Lantana camara*, recrus forestiers, etc.) et en ordonnées positives quelques unes des mauvaises herbes les plus nuisibles (*Brachiaria*, *Chloris*, *Ageratum*, *Bidens*, *Tridax*, *Spigelia* et *Borreria scabra*) dont certains comme *Tridax* et *Spigelia* se rencontrent dans les sols très dégradés par la culture continue. C'est un gradient de diminution des ligneux par les cultures successives.

Résultats de la Classification Ascendante Hiérarchique

On distingue 5 grands groupes écologiques d'adventices ordonnés ci-dessous suivant la nuisibilité des espèces qui les constituent :

- Adventices majeures générales :

Chromoleana odorata, *Euphorbia heterophylla*, *Centrosema pubescens*, *Solanum verbascifolium*, *Amaranthus viridis*, *Cassia hirsuta*, *Digitaria horizontalis*, *Ficus exasperata*, *Croton hirtus*, *Clerodendrum volubile*, *Euphorbia hirta*, *Parquetina nigrescens*, etc.

- Adventices majeures des sols dégradés par la culture continue :

Brachiaria deflexa, *Brachiaria lata*, *Chloris pilosa*, *Spigelia anthelmia* et *Tridax procumbens*.

- Adventices secondaires :

Physalis angulata, *Bidens pilosa*, *Synedrella nodiflora*, *Ageratum conyzoides*, *Eleusine indica*, *Setaria barbata*, *Trema guineensis*, etc.

- Adventices mineures :

Ipomoea involucrata, *Sporobolus pyramidalis*, *Sida acuta*, *Rottboellia cochinchinensis*, *Portulaca quadrifida*, etc.

- Adventices rares :

Celosia trygina, *Physalis micrantha*, *Mollugo nudicaulis*, *Lantana rugosa*, *Laportea aestuans*.

Recherche d'espèces indicatrices de niveaux trophiques des jachères par l'Analyse Factorielle des Correspondances avec Variables Instrumentales (AFC VI) et la Classification Ascendante Hiérarchique (fig. 3)

a) Jachère naturelle à *Chromoleana odorata*

Cette jachère paraît difficile à caractériser à l'aide d'une espèce précise puisque toutes les plantes qui s'y trouvent sont aussi présentes ailleurs.

Ceci pourrait s'expliquer par le fait que très peu d'espèces subsistent à la jachère de *Chromoleana odorata* à cause de son caractère étouffant et "nettoyant".

Aussi les espèces qui s'y développent après le défrichement peuvent être issues des graines provenant des parcelles voisines, d'où cette similitude de flore. L'on peut aussi raisonner à l'inverse en considérant que *Chromoleana odorata* n'ayant pas d'influence connue sur la chimie des sols (contrairement aux *Acacia* fixateurs d'azote), les autres adventices y trouvent, après le défrichement, les conditions qui prévalent naturellement dans la plupart des sols.

On remarque tout de même que des pérennes comme *Leucaena glauca* et *Cassia hirsuta* sont bien corrélées à cette jachère. Or il ne s'agit pas là d'espèces indicatrices mais plutôt de types biologiques adaptés à la concurrence avec *Chromoleana*.

Ce sont les phanérophytes et les nanophanérophytes qui grâce à leur tige peuvent émerger au dessus des fourrés de *Chromoleana* et ainsi éviter d'être étouffés.

b) La jachère à *Acacia mangium*

Les défriches d'*Acacia mangium* semblent plus favorables à des espèces comme *Trema guineensis*, *Solanum torvum* (toutes 2 des pérennes), *Amaranthus viridis*, *Paspalum scrobiculatum* et *Portulaca oleracea* dont l'exigence commune est un sol riche et humide. Le Bourgeois et Merliet (1996) disent d'*A. viridis* "espèce nitrophile, que son développement est d'autant plus important que le sol est plus riche en matière organique et en azote". *Portulaca* et *Paspalum* ont aussi des préférences pour les sols riches et humide. Hormis les deux pérennes, qui sont en fait des espèces résiduelles de la période de jachère, le "trio" *Portulaca-Paspalum-Amaranthus* pourrait s'avérer comme caractéristique du niveau de richesse du sol de la jachère à *Acacia mangium*.

c) La jachère à *Acacia auriculiformis*

Les espèces les plus proches de ce type de jachère montrent bien que celle-ci correspond à un bon degré d'humidité et de bonne fertilité du sol (*Phyllanthus micrantha*, *Mollugo nudicaulis*, *Solanum nigrum*, *Panicum maximum*, *Ageratum conyzoides*, etc.).

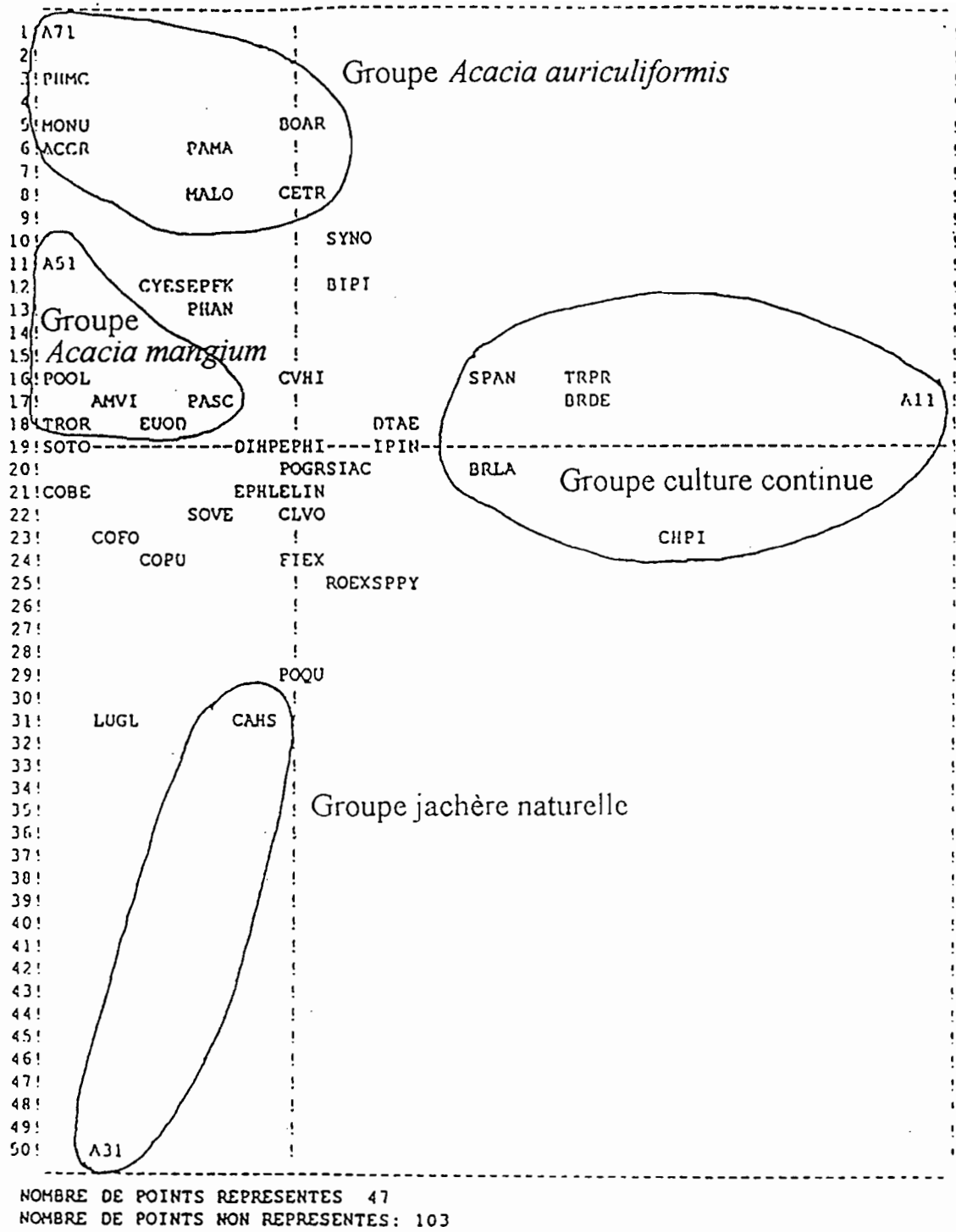


Figure 3. Représentation des relevés et des espèces caractéristiques sur le plan 1-2

Mais la majorité des ces espèces sont les moins fréquentes dans les relevés (2 à 11% de fréquence relative) et elles sont considérées en théorie comme n'apportant aucune information. Cependant cette localisation préférentielle sur les jachères à *Acacia auriculiformis* de la presque totalité des espèces les plus rares, ne peut se faire sans déterminisme, les sols sous cette jachère pourraient présenter une particularité pour ces espèces rares.

En effet, Ganry et Oliver (1994), qui ont étudié ces légumineuses d'Oumé, ont mis en évidence l'existence de composés phénolés dans la litière d'*Acacia auriculiformis* et leur influence sur la qualité de la minéralisation. Ces composés pourraient donc exclure les autres espèces pour ne sélectionner que celles relevées.

Une autre hypothèse, est que ces phénols, en ralentissant le "turn-over" de la matière organique, peuvent la rendre disponible pendant un temps relativement plus long. Ainsi les plantes les plus exigeantes en humus (*Phyllanthus amarus*, par exemple) ne se rencontrent qu'à cet endroit. Le comportement de ces espèces rares doit être observé en d'autres situations ; elles ne peuvent pour l'instant être considérées comme espèces indicatrices pour ce type de jachère.

Conclusion

Cette étude, la première du genre sur défriche de légumineuses fixatrices d'azote a de multiples intérêts. Elle permet en particulier de disposer de façon précoce de données sur l'enherbement relatives aux techniques de plantation d'arbres fixateurs d'azote qui se développent. Ces données viennent compléter de façon utile les acquis scientifiques déjà disponibles sur les légumineuses. Ainsi, même si des différences significatives n'ont pu être dégagées de la comparaison des jachères étudiées en ce qui concerne leur effet sur l'enherbement, on a pu mettre en évidence des comportements différents chez les adventices en fonction des facteurs écologiques et agro-écologiques étudiés. Ces données sont d'une grande utilité dans la mesure où elles permettent de connaître les successions culturales qui favorisent plus ou moins le développement des adventices.

Ce travail jette aussi les bases d'une autre approche de la caractérisation des variations d'état du sol s'appuyant sur les espèces indicatrices de niveau trophique. Ces indicateurs végétaux de caractérisation des sols sont encore utilisées par certaines communautés rurales africaines et méritent qu'un intérêt plus grand y soit accordé, dans la cadre des travaux actuels sur la gestion de la fertilité des jachères.

Références bibliographiques

- Adesina, F. A., 1991. Soil management with cultivable fallows in the humid and subhumid Africa. *Can. Journ. of Soil Sc.* 71: 147-154.
- Akobundu, I. O. et Agyakwa, C. W., 1989. Guide des adventices d'Afrique de l'Ouest. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, 522p.
- Pity, B., 1984. Utilisation des ligneux pour l'amélioration des jachères. Rapport IDEFOR/DFO, Abidjan, 22p.
- Clément, J., 1970. Rapport annuel d'activités de la Station d'Oumé. Centre Technique Forestier Tropical de Côte d'Ivoire, Abidjan, 55p.
- Gounot, M. 1969. Méthodes d'études quantitatives de la végétation. Masson, Paris, 314p.
- Gnahoua, G. M., 1993. Effet des jachères arborées sur l'état de fertilité des sols en zone de forêt de moyenne Côte d'Ivoire. Mémoire DESS, Univ. Créteil, 96 p.
- Grard, P. et Le Bourgeois Th., 1988. BASEFLO : la gestion informatique des données dans les relevés d'enherbements. Notice d'utilisation, version 1. CIRAD/IRCT, Montpellier, 58p.
- Guinochet, M., 1973. Phytosociologie. Masson, Paris, 227p.
- Laudelout, H., 1990. La jachère forestière sous les tropiques humides. UCL Louvain-la-neuve, Belgique, 85p.
- Le Bourgeois, Th., et Merlier, H., 1996. Adventrop. Les adventices d'Afrique soudano-sahélienne. CIRAD, Montpellier, 637 p.
- Lebreton, J. D., Roux, M., Bacou, A. M., et Banco, G., 1990. BIOMEKO (Biométrie-Ecologie), version 3.9, Software of Statistical ecology for PC. Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive-CNRS, Montpellier.
- Maillet, J., 1981. Evolution de la flore adventice dans le Montpellierais sous la pression des techniques culturales. Thèse Docteur Ingénieur, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 200p + annexes.
- Merliet, H. et Montégut, J., 1982. Adventices tropicales. ORSTOM-GERDAT-ENSH éd., Montpellier, 490 p.
- Oliver, R. et Ganry, F., 1994. Etude de la modification de la fertilité induite par une jachère arborée. Cas de la zone forestière de Côte d'Ivoire. CIRAD-Montpellier, 35 p.
- de Rouw, A., 1991. Influence du raccourcissement de la jachère sur l'enherbement et la conduite des systèmes de culture en zone forestière. *in* La jachère en Afrique de l'Ouest. Atelier international, Montpellier, France, 2-5 déc.91. ORSTOM, p : 256-266.
- Uguen, K., 1996. Effets des litières d'espèces ligneuses naturelles et introduites de jachère sur la disponibilité de l'azote du sol pour les plantes. Mémoire DEA, Univ. Paris VI, Paris, 28 p.

Annexe

Liste des espèces rencontrées avec leur fréquence et abondance

Famille	Nom	Fréquence		Abondance
		absolue	relative	totale
Euphorbiaceae	<i>Acalypha crenata</i>	4	4%	4
Asteraceae	<i>Ageratum conizoides</i>	18	19%	18
Amaranthaceae	<i>Amaranthus viridis</i>	22	23%	22
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i>	27	28%	27
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia diffusa</i>	46	48%	46
Rubiaceae	<i>Borreria scabra</i>	4	4%	4
Poaceae	<i>Brachiaria deflexa</i>	14	15%	14
Poaceae	<i>Brachiaria lata</i>	36	38%	36
Caesalpiniaceae	<i>Cassia hirsuta</i>	47	49%	62
Amaranthaceae	<i>Celosia trygina</i>	4	4%	4
Fabaceae	<i>Centrosema pubescens</i>	30	31%	30
Poaceae	<i>Chloris pilosa</i>	19	2%	19
Asteraceae	<i>Chromolaena odorata</i>	73	76%	147
Verbenaceae	<i>Clerodendrum volubile</i>	57	59%	57
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i>	5	5%	5
Commelinaceae	<i>Commelina forskalaei</i>	5	5%	5
Euphorbiaceae	<i>Croton hirtus</i>	51	53%	55
Euphorbiaceae	<i>Croton lobatus</i>	4	4%	4
Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i>	8	8%	8
Poaceae	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	20	21%	20
Poaceae	<i>Digitaria horizontalis</i>	66	69%	69
Poaceae	<i>Eleusine indica</i>	12	13%	12
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i>	96	100%	306
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia forskalii</i>	37	39%	37
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i>	60	63%	60
Moraceae	<i>Ficus exasperata</i>	42	44%	42
Convolvulaceae	<i>Ipomoea involucreta</i>	25	26%	26
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	16	17%	17
Verbenaceae	<i>Lantana rugosa</i>	2	2%	2
Urticaceae	<i>Laportea aestuans</i>	1	1%	1
Mimosaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	8	8%	8
Cyperaceae	<i>Mariscus longibracteatus</i>	11	11%	12
Aizoaceae	<i>Mollugo nudicaulis</i>	5	5%	5
Poaceae	<i>Panicum maximum</i>	7	7%	7
Périplocaceae	<i>Parquetina nigrescens</i>	55	57%	55
Poaceae	<i>Paspalum scrobiculatum</i>	15	16%	15
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus amarus</i>	18	19%	18
Solanaceae	<i>Physalis micranta</i>	5	5%	5
Solanaceae	<i>Physalis angulata</i>	30	31%	30
Portulacaceae	<i>Portulaca grandiflora</i>	4	4%	4
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	40	42%	40
Portulacaceae	<i>Portulaca quadrifida</i>	4	4%	4
Poaceae	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	23	24%	23
Poaceae	<i>Setaria barbata</i>	9	9%	9
Malvaceae	<i>Sida acuta</i>	31	32%	31
Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i>	2	2%	2
Solanaceae	<i>Solanum torvum</i>	21	22%	21
Solanaceae	<i>Solanum verbascifolium</i>	67	70%	91
Loganiaceae	<i>Spidelia anthelmia</i>	50	52%	64
Poaceae	<i>Sporobolus pyramidalis</i>	23	24%	23
Estraceae	<i>Synedrella nodiflora</i>	6	6	6
Ulmaceae	<i>Trema guineensis</i>	13	14%	13
Asteraceae	<i>Tridax procumbens</i>	72	75%	131
DIVERSES	<i>Recrus forestiers</i>	75	78%	80

Incidence des jachères à légumineuses pérennes sur la nématofaune dans le centre-ouest de la Côte d'Ivoire.

A. ADIKO, Ph. G. GNONHOURI

Département Fruits et Agrumes de l'Institut des Forêts (DFA/IDEFOR)
01 BP 1740 Abidjan 01 - Côte d'Ivoire

Résumé

La nématofaune, sous 18 espèces de légumineuses arborées d'une collection établie depuis plus d'une décennie, est dominée par les nématodes saprophages (98,3%). Les nématodes phytoparasites peu fréquents et peu abondants sont représentés par 6 genres, dont *Meloidogyne* présent sur *Acacia farnesiana*. Des jachères plus récentes (2 à 8 ans) de *A. auriculiformis*, *A. mangium*, *Albizia lebbek* et *Leucaena glauca* se caractérisent par une nématofaune composée essentiellement de saprophages et des populations résiduelles de parasites majeurs des cultures, à savoir *Meloidogyne*, *Rotylenchulus reniformis* et *Pratylenchus*. La reproduction des nématodes à galles sur d'une part, *A. auriculiformis* et *A. mangium*, deux espèces de légumineuses actuellement vulgarisées en milieu paysan, et d'autre part, sur certains adventices tels que *Bidens pilosa*, *Euphorbia heterophylla*, avant la fermeture de la canopée des légumineuses, peut constituer un facteur limitant du maintien de la fertilité par la jachère arborée.

Mots clé : jachère - légumineuses - nématodes - adventices.

Effect of the enrichment of fallows on nematode fauna in Ivory Coast.

Abstract

The fauna of nematodes under 18 species of arborescent leguminous plants of a germplasm established for more than 10 years was dominated by free-living nematodes (98,3%). Plant parasitic nematodes were less frequent and less abundant and were represented by 6 genera among which *Meloidogyne* associated with *Acacia farnesiana*. Two to eight year old fallows planted with *Acacia auriculiformis*, *A. mangium*, *Albizia lebbek* and *Leucaena glauca* were characterised not only by the predominant presence of free-living nematodes, but also by the residual populations of major plant parasites such as *Meloidogyne*, *Rotylenchulus reniformis* and *Pratylenchus*. The reproduction of gall-forming nematodes on both *A. auriculiformis* and *A. mangium*, two crops recommended to growers, and on some associated weeds (*Bidens pilosa* and *Euphorbia prostata*) could affect the management of soil fertility using leguminous crops in fallows.

Key words : fallow - leguminous crops - nematodes - adventitious weeds.

Introduction

Malgré les progrès accomplis, l'agriculture ivoirienne demeure essentiellement itinérante et extensive. Cette pratique se caractérise par la mise en valeur des terres, durant deux à trois ans, suivie de nouvelles défriches. En 1988, les terres en jachère en Côte d'Ivoire étaient estimées à 8 millions d'hectares (Osseni & Diomande 1989). La recomposition floristique sur ces jachères est dominée par une Astéragée, *C. odorata*.

Ce "nomadisme agricole" a contribué, entre autres facteurs, à la dégradation du massif forestier du pays. En effet, au début du siècle, la forêt ivoirienne couvrait une superficie de 15 millions d'hectares. Aujourd'hui elle ne représente plus que 3 millions d'hectares.

L'abandon des terres en jachère est motivée par la baisse des rendements due à la "fatigue des sols", et vise à restaurer la fertilité. Le phénomène de "fatigue des sols" est généralement attribué à des facteurs biotiques et abiotiques (Bouhot, 1982). Parmi les facteurs biotiques, les nématodes phytoparasites pourraient constituer l'un des principaux meso-organismes impliqués dans ledit phénomène (Cayrol, 1971).

Par ailleurs, en raison de la pression démographique et de la diminution du massif forestier en Côte d'Ivoire, la durée des jachères devient de moins en moins longue. Aussi, l'enrichissement des jachères avec des légumineuses ligneuses en vue de la restauration des conditions agronomiques et de la fertilité des sols associées à des préoccupations de besoin en bois, devient une nécessité.

L'objectif de l'étude est d'évaluer l'incidence des couverts de légumineuses sur la nématofaune présente sur les jachères.

Matériel et méthodes

Description du site

Les observations ont été réalisées à Oumé, centre ouest de la Côte d'Ivoire, dans une zone correspondant au front d'exploitation forestière. Le sol est de type ferrallitique remanié, à dominance de graviers et de cailloux. La moyenne des précipitations est inférieure à 1200 mm (Iccare, 1994 ; Leonard et Oswald, 1996).

Parcelles prospectées

Les suivis nématologiques ont été effectués d'une part dans les essais sylvicoles (Olivier et Ganry, 1994, Anonyme, 1995) du Département Forêt situés à la station de Sangoué à 12 km d'Oumé, et d'autre part dans les champs pilotes de paysans. Trois types de jachère à légumineuses ont été examinés à Sangoué :

- Une jachère à collection de légumineuses à usage multiple : elle se compose de plus de 18 espèces d'origines diverses (Honduras, Nicaragua, Guatemala, etc.) et mises en essai de comportement depuis 1985.
- Une jachère à légumineuses "87" : elle a été réalisée deux ans après le précédent dispositif et ne comprend que quatre espèces : *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium*, *Albizia lebbek*, *Leucaena glauca*.
- Une jachère à légumineuses "90" : elle comprend *A. auriculiformis* et *A. mangium*, deux légumineuses à croissance rapide, retenues pour enrichir la jachère naturelle à *Chromolaena odorata* chez les paysans pilotes. Ce dispositif réalisé en 1990, se compose de jachères de 0, 2, 4 ans formées des deux légumineuses et de *C. odorata*.

En milieu paysan, plusieurs champs pilotes ont été prévus pour réaliser les jachères enrichies avec les légumineuses. Mais, le critère du précédent cultural (riz, maïs, association de cultures) a permis de retenir les trois paysans suivants : Kouassi Koffi à Diégonéfla (Riz), Mohon Anatole à Diégonéfla (Maïs), Yao Dongo à la Téné (Association vivriers-culture pérenne).

Echantillonnage et analyses nématologiques

Les prélèvements de sol ont été réalisés dans les 30 premiers cm à l'aide d'une pioche. Chaque échantillon composite de 250 à 500 cm³ de terre, a consisté à dix prises élémentaires de terre réunies dans un sachet plastique comportant une étiquette. Dans les parcelles, les adventices et les cultures en place ont été arrachés et leurs racines ont été examinées pour rechercher des symptômes d'attaques de nématodes (ex. galles de *Meloidogyne*). Les échantillons de sol et de racines ont été respectivement analysés par élutriation (Seinhorst, 1962) et par aspersion (Seinhorst, 1950).

Résultats

La jachère à collection de légumineuses à usage multiple

Les nématodes recensés sous les différentes espèces de légumineuses sont récapitulés dans le tableau 1. Les saprophages représentent 98% de la population totale des nématodes dénombrés. Les nématodes phytoparasites, classés par ordre d'abondance décroissante, se répartissent entre les genres suivants : *Helicotylenchus* (69%), *Meloidogyne* (22%), *Cephalenchus* (3%), *Pratylenchus* (1%), *Xiphinema* (1%), *Tylenchorhynchus* (moins de 1%). Par ailleurs, le nématode à galle (*Meloidogyne*) est abondant sous *Acacia farnesiana*.

Tableau 1. Populations de nématodes par litre de sol, sous la jachère à légumineuses à usage multiple

LEGUMINEUSES	SAPROPHAGES	NEMATODES PHYTOPARASITES						Total
		<i>Helicotylenchus</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Meloidogyne</i>	<i>Xiphinema</i>	<i>Cephalenchus</i>	<i>Tylenchorhynchus</i>	
<i>Leucaena leucocephala</i>	122400	0	0	0	0	80	0	122480
<i>Pithecellobium dulce</i>	13560	200	0	80	0	0	0	13840
<i>Gliricidia sepium</i>	4890	120	0	40	0	0	0	5050
<i>Ateleia herbert smithii</i>	8340	120	0	0	0	0	0	8460
<i>Acacia dearii</i>	11600	1240	80	0	0	80	0	13000
<i>Acacia farnesiana</i>	1440	0	0	920	0	0	0	2360
<i>Allbizia gachepele</i>	15040	340	0	0	0	0	0	15380
<i>Caesalpinia velutina</i>	4620	220	0	100	0	0	0	4940
<i>Haematoxylon brasiletto</i>	1620	0	0	0	40	0	20	1680
<i>Leucaena diversifolia</i>	1020	60	0	0	0	0	0	1080
<i>Crescentia alata</i>	12600	0	0	0	0	20	0	12620
<i>Entrolobium cyclocarpum</i>	14420	120	0	0	0	0	0	14520
<i>Leucaena shannoni</i>	30440	140	0	0	0	0	0	30580
<i>Senna atomaria</i>	4620	40	0	40	0	0	0	4700
<i>Caesalpinia coriaria</i>	19620	760	0	0	40	0	20	20440
<i>Caesalpinia eriotachys</i>	5400	20	0	0	0	0	0	5420
<i>Myrospermum flutescens</i>	6620	240	0	0	0	0	0	6860
<i>Albizia adianthifolia</i>	14400	0	0	0	0	0	0	14400
% Nématodes totaux	98.26	1.21	0.02	0.39	0.02	0.060	0.01	
% Nématodes phytoparasites		69.88	1.54	22.77	1.54	3.474	0.77	

Les jachères à légumineuses "87" et "90"

Le dénombrement des nématodes, révèle la prévalence et la dominance des saprophages par rapport aux phytoparasites (fig. 1). La pullulation de ces saprophages est plus importante sous *C. odorata* que sous les légumineuses (fig. 2).

Pour les nématodes phytoparasites, la longévité des jachères provoque une diversification des genres qui se compose de : *Rotylenchulus*, *Trichodorus*, *Aulosphera*, *Xiphinema*, *Criconebella*, *Cephalenchus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* (fig. 3). En outre, le nématode à galles *Meloidogyne*, qui est prédominant sous les légumineuses (fig. 3), parasite les racines de *A. mangium* et *A. auriculiformis* (fig. 4).

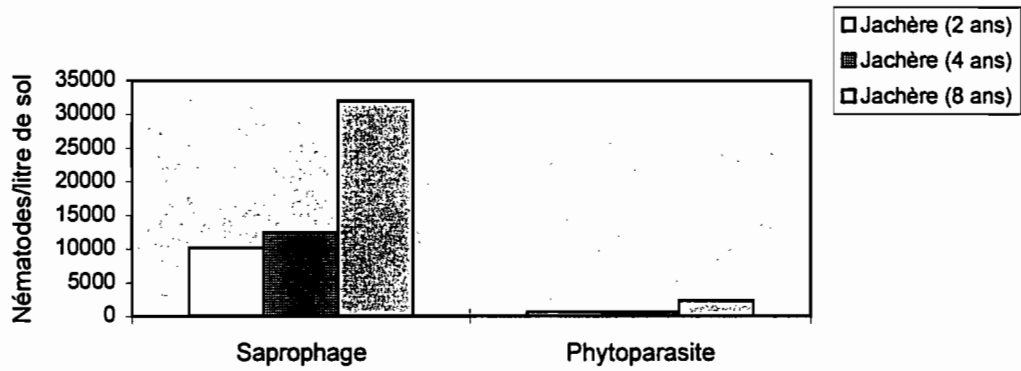


Figure 1. Effet des jachères de différents âges sur les populations telluriques. Des nématodes saprophages et phytoparasites

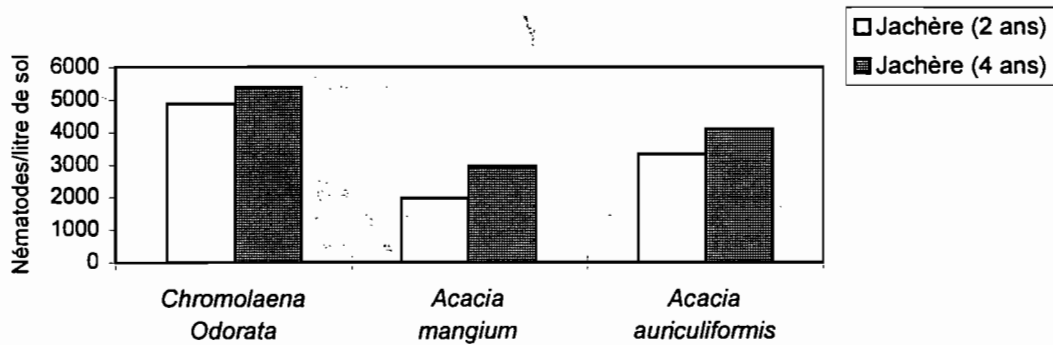


Figure 2. Incidences de différents couverts végétaux et l'âge des jachères sur les populations de nématodes saprophages

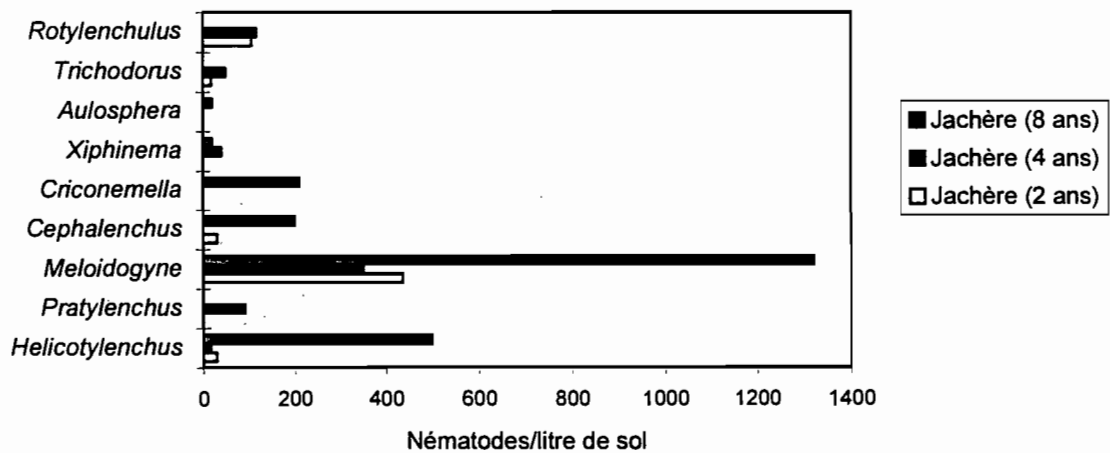


Figure 3. Composition qualitative et quantitative des nématodes phytoparasites en fonction de l'âge des jachères

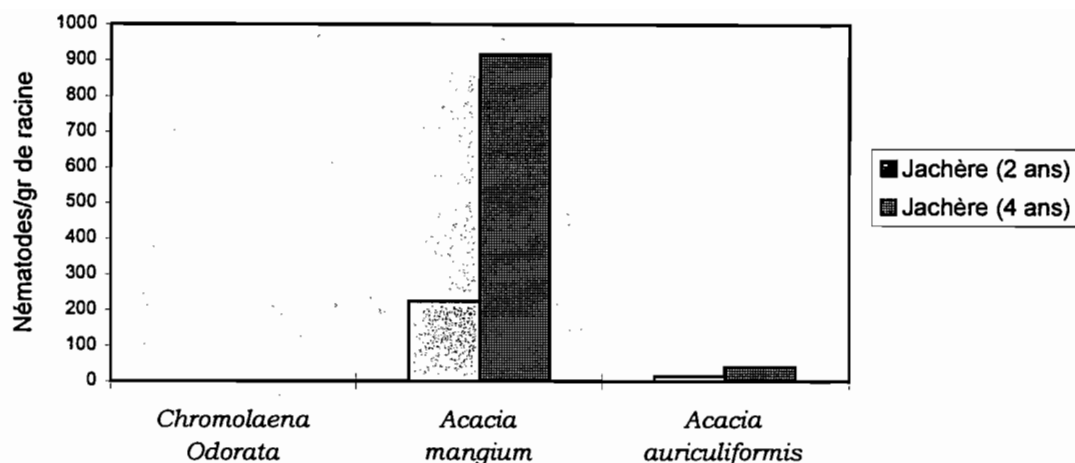


Figure 4. Populations de *Meloidogyne* dans les racines des plantes de couverture en fonction de l'âge des jachères

Champs pilotes des paysans

Par rapport à la nématofaune des jachères à légumineuses "87" & "90", celle des champs pilotes se caractérise par une moins grande diversité de nématodes phytoparasites, et une faible abondance des saprophages. Cependant, *Helicotylenchus* et *Meloidogyne* sont fréquents avec les trois types de précédents culturaux (Tableau 2).

Tableau 2. Les populations de nématodes recensés dans les parcelles pilotes de 3 paysans, en fonction des précédents culturaux

Les paysans Les précédents culturaux	Nématodes par litre de sol						
	Saprophages	Phytoparasites					
		<i>Helicotylenchus</i>	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Rotylenchulus</i>	<i>Radopholus</i>	<i>Tylenchorhynchus</i>
Mohon Anatole (Diégonéfla) Précédent cultural = Maïs	9 040	80	40	20	100	0	0
Kouakou Koffi (Diégonéfla) Précédent cultural = Riz	4 580	1 310	430	0	0	0	0
Yao Dongo (La Tene) Association : Taro, Plantain, Gombo Piment, Manioc, Igame, Cafèier, Cacaoyer	1 791	1 930	320	0	10 890	1 660	80

Discussions

La mise en jachère des parcelles, s'accompagne d'un accroissement important de la nématofaune qui est dominée par les saprophages. Leur abondance pourrait s'expliquer par la teneur du sol en matière organique qui est la principale source d'énergie de ces organismes (Bachelier, 1978 ; Coleman *et al.*, 1991). En effet, Bernard *et al.* (1978), Olivier et Ganry (1994) estiment la production de litière des légumineuses arborées en jachère à Oumé entre 7 et 8 tonnes ha⁻¹ an⁻¹ ; tandis que celle de *C. odorata* peut atteindre 9 tonnes ha⁻¹ an⁻¹ (Gautier 1992). Bien

que le rôle de ces saprophages en agriculture ne soit pas bien connu, Vigierchio (1991) reconnaît leur participation dans le recyclage du carbone, de l'azote et des éléments minéraux dans le sol. Ferris et Ferris (1974) ont observé que dans un habitat forestier jamais mis en valeur, la nématofaune était composée de 40% de nématodes phytoparasites et de 60% de saprophages dont 20% de mycophages et bactériophages. Dans la présente étude, la population de nématodes saprophages représente plus de 90% de la nématofaune. Cela confirme l'intense activité biologique des sols tropicaux par rapport à ceux des régions tempérées (Andersons et Swift, 1983). La présence massive de ces organismes, suggère donc une bonne restauration de la fertilité du sol.

Par ailleurs, la richesse du sol en matière organique crée un environnement favorable à l'établissement d'agents antagonistes aux nématodes phytoparasites (Webster, 1972). Ce qui justifie bien la régression de ces nématodes dans les jachères prospectées. Ceci peut renforcer l'effet assainissant de la jachère sur les nématodes, notamment dans jachère à *C. Odorata*.

Parmi les nématodes phytoparasites recensés à Oumé, *Helicotylenchus* et *Meloidogyne* sont ubiquistes. Si *Helicotylenchus* est considéré comme phytoparasite mineur (Mateille, 1992) à cause de ses dégâts limités sur les cultures, cela n'est pas le cas pour *Meloidogyne*. Ce nématode est l'un des rares genres qui provoque des galles sur les racines des plants parasités (De Guiran et Netscher, 1970). Ces galles ont été observées dans les jachères, d'une part sur les racines d'adventices annuelles *Euphorbia heterophylla* et *Bidens pilosa*, et d'autre part, sur certaines légumineuses telles que *A. auriculiformis*, *A. mangium*, *A. farnesiana*. Cette flore qui joue le rôle de réservoir permanent d'inoculum, pourrait avoir une incidence négative sur les cultures sensibles mises en place après les jachères.

Les champs des paysans pilotes sont infestés par un inoculum résiduel de *Meloidogyne* à cause des précédents culturaux (Tableau 2). Dans ces conditions, la vulgarisation de *A. mangium* qui est un hôte favorable de ce nématode (Duponnois *et al.* 1997) risque d'accentuer la pression parasitaire sur ces parcelles. Cette situation pourrait compromettre les résultats escomptés avec la restauration de la fertilité par les légumineuses. En outre, Bhuvanewari *et al.*, (1980) ont montré que les nématodes à galles affectent la fixation de l'azote par les légumineuses. Cela mettrait définitivement en péril, la pratique d'une agriculture durable à faible apport d'intrants telle qu'on la conçoit à travers l'enrichissement des jachères par les légumineuses.

Ce constat souligne :

- la nécessité d'évaluer la sensibilité des essences forestières à *Meloidogyne* et *Pratylenchus*, deux nématodes endoparasites ubiquistes et très polyphages en Côte d'Ivoire (Luc, de Guiran 1960)
- l'intérêt de *C. odorata*, une Astéracée envahissant les jachères naturelles et reconnue avoir des potentialités agronomiques supérieures à celle de *Cajanus cajan* (Ballet, 1990), et présentant l'avantage de ne pas héberger ces deux parasites majeurs des cultures vivrières (Ubramaniyan, 1985 ; Gnonhouri, 1997).

Références bibliographiques

- Anderson, J. M. 1972 et SWIFT, M.J. 1983. Decomposition in tropical forests. In Sutton, S. L. Whitmore, T. C and Management. *Black well scientific Publications, Oxford*, 287-309p.
- Anonyme 1995. Bilan partiel de l'avenant 1, Devis-Programme de l'année 2. Division Agroforesterie. IDEFOR/DFO ; 15 p.
- Bachelier, G. 1978. La faune des sols, son écologie et son action. ORSTOM; Bondy 391p.
- PITY B. 1990. Résultat d'un essai d'enrichissement de jachère : utilisation du *Cajanus cajan* comme plante améliorante. Défis de la stabilisation des systèmes traditionnelles de cultures en Côte d'Ivoire. Actes du 3^e Atelier OFRIC (M. Diomande ed.) Abidjan 9-11p.
- Bernard-Reversat, F., Diangana, D., Tsata, M. 1993. Biomasse minéralomasse et productivité en plantation d'*Acacia mangium* et *A. auriculiformis* au Congo. *Bois et forêts des tropiques*, 238 p. 35-43.
- Bhuvanewari, T.V., Bhagwa et Baner W. D. 1980. Early event in the infection of soyabean (*Gycine may L. Merr*) by *Rhizobium javanica* : Localisation of infectible root cells. *Plant physiol.* 66. 1027-1031p.

- Bouhot, D. 1982 Un test biologique à deux niveaux pour l'Etude des fatigues de sol *In* : "Evolution du niveau de fertilité de sol dans différents systèmes de culture. Critères pour mesurer cette fertilité". Séminaire CEE-Agrimed, Bari, 28-30 novembre 1981, 77-87.
- Cayrol, J.C. 1971. Rôle des nématodes dans l'équilibre biologique des sols. *In* Les nématodes des cultures. Eds. ACTA-FNGPC journée d'études et d'information. PARIS - 67-142 p..
- Coleman, D. C. ; Edwards, A. J. & Mwonga, S. 1991. The distribution and abundance of soil nematodes in East African Savana. *Biology and fertility of soil*. 12/67-72.
- De Guiran, G. et Netscher, C. 1970. Les nématodes du genre *Meloidogyne* parasite de cultures maraîchères au Sénégal. *Cah. ORSTOM, Série Biol.* 11, 151-158.
- Duponnois, R., Cadet, P., Senghor, K., Sougoufara, B., 1997. Etude de la sensibilité de plusieurs acacias australiens au nématode à galle *Meloidogyne javanica*. ORSTOM-Dakar, 15 pages.
- Ferris, V. R. et Ferris, M. J. 1974. Interrelationships between nematodes and plant communities in the agricultural ecosystem. *Agro-Ecosystems* 1 : 275-299
- Gautier, L. 1992. Contact Forêt-Savane en Côte d'Ivoire centrale : Rôle de *Chromolaena odorata* dans la dynamique de la végétation. Thèse doctorat es-sciences, 260p.
- Gnonhouiri, G. P. 1997. Effets des adventices de l'ananas sur *Pratylenchus brachyurus* en Côte d'Ivoire. *Cahiers Agriculture* 6, 199-202
- Iccare L. 1994. Inventaire des données prétraitements pour la Côte d'Ivoire, le Togo et Bénin. Antenne Hydraulique ORSTOM-Côte d'Ivoire, 62p.
- Leonard, E. ; OSWALD, M. 1996. Une agriculture forestière sans forêt. Changements agro-écologiques et innovations paysannes en Côte d'Ivoire. *Natures - Sciences - Sociétés* 4 (3), 203-215.
- Luc, M. ; De Guiran, G. 1960. Les nématodes associés aux plantes de l'Ouest africain. Liste préliminaire. *L'agronomie tropicale* 15 : 434-439.
- Oliver, R. ; Ganry, F. 1994. Etude des modifications de fertilité, induites par une jachère arborée ; cas de la zone forestière de Centre Ouest de Côte d'Ivoire. Compte rendu de fin d'étude IDEFOR/DFO ; 27p.
- Osseni, B. et Diomande, M. 1989. Importance de la jachère dans les systèmes traditionnels de culture en Côte d'Ivoire. *Fruits* 44 (1) 13-19.
- Mateille, T. 1992. Contribution à l'étude des relations hôte-parasite entre le bananier *Musa acuminata* (Groupe "AAA") et trois nématodes phytophages : *Radopholus similis*, *helicotylenchus multicinctus* et *Hoplolaimus pararobustus* (Tylenchida). Thèse de doctorat. 251 p. ORSTOM, Paris.
- Seinhorst, J. W. 1962. Modification of the elutriation method for extraction nematodes from soil. *Nematologica* 8: 117-128.
- Seinhorst, J. W. 1950. De betekenis van de toestand van de grond voor het optreden van aans tasting door het stengelaaltje (*Ditylenchus dipsaci*) *Tijdschr Pl. Ziek.* 56 : 229-319.
- Subramaniyan, S. 1985. Effect of *Chromolaena odorata* roots on root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*). *Nematol. Medit.* 247.
- Viglierchio, R. D. 1991. The world of nematodes, Davis, California. 261 p.
- Webster, J. M. 1972. Nematodes and biological control 469-496p. *In* Economic Nematology. Eds J. M. Webster Academic Press, New York.

Production fourragère des graminées *Andropogon gayanus* Kunth et *Panicum maximum* Jacq. cv. C₁ utilisées en substitution de la jachère en Haute Casamance au Sénégal.

A. DIATTA, A. BODIAN et D. BABENE

Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) - BP 3120 - Dakar, Sénégal

Résumé

En 1995, un essai de substitution à la végétation herbacée naturelle d'une jachère par deux graminées pérennes fourragères, *Andropogon gayanus* Kunth et *Panicum maximum* Jacq. cv. C₁, a été implanté au Centre de Recherches Zootechniques de Kolda en Haute Casamance au Sénégal en vue d'évaluer leur effet fertilisant sur le sol et leur production fourragère. L'essai est exécuté sur un sol acide, à faible teneur en matière organique, bien décomposée, à faible teneur en éléments fins (argile + limon), à la capacité d'échange très faible et à fort taux de saturation. Les premiers résultats montrent que *A. gayanus* et *P. maximum* se sont bien implantés dès la première année. Les rendements moyens en fourrage obtenus après une coupe effectuée en avril 1997 sont respectivement de 5,875, 10,941 et 8,291 t ms ha⁻¹ pour la jachère naturelle, *A. gayanus* et *P. maximum*.

Mots clé : fertilité - *Andropogon gayanus* - *Panicum maximum* - Sénégal.

Forage production of two gramineae *Andropogon gayanus* Kunth and *Panicum maximum* Jacq. cv. C₁ used as substitution of the herbaceous vegetation of a fallow.

Abstract

In order to determine the fertilizing effect and forage production of two graminaceous *Andropogon gayanus* Kunth and *Panicum maximum* Jacq. cv. C₁, used as substitution of the herbaceous vegetation of a fallow, an experiment was conducted at the Zootechnical Research Center of Kolda, in Upper Casamance, Senegal. The experimental is implanted on an acidic soil with a high decomposed organic material, a low percentage of clay and loam, low sum of exchangeable bases and cation exchange capacity and a high rate saturation. The preliminary results showed that *A. gayanus* and *P. maximum* were well established from the first year of experience. Thus, as a result the quantities of forage harvested per hectare on april 1997 were 5,875 ; 10,941 and 8,291 tons of dried matter from fallow, *A. gayanus* and *P. maximum*, respectively.

Key words : fallow - fertility - *Andropogon gayanus* - *Panicum maximum* - Senegal.

Introduction

En Haute Casamance au Sénégal, la végétation naturelle des jachères de courte durée est constituée principalement d'annuelles herbacées, d'arbrisseaux, d'arbustes et d'arbres pour les pérennes. Sa composante herbacée, qui, en saison sèche devient de la paille, n'autorise qu'une lente remontée de la fertilité, est en plus, peu à moyennement intéressante pour l'alimentation des ruminants domestiques. Pire, elle est chaque année la proie des feux de brousse qui débutent dès la fin de la saison des pluies. Elle devrait pouvoir être avantageusement remplacée par des graminées fourragères vivaces, adaptées et à enracinement puissant comme *Andropogon gayanus* Kunth et *Panicum maximum* Jacq.

Dans ce cadre, un essai a été mis en place au Centre de Recherches Zootechniques (CRZ) de Kolda, à partir de la saison des pluies 1995, pour évaluer à moyen terme, l'effet fertilisant de deux graminées, (*Andropogon gayanus* Kunth et *Panicum maximum* Jacq. cv C₁), sur les rendements des cultures de la rotation (arachide, sorgho, mil, maïs) et pour mesurer leur production fourragère en comparaison avec celle de la jachère naturelle. Les résultats préliminaires qui sont présentés dans cette communication, n'abordent que la partie concernant les productions fourragères.

Matériel et méthodes

La Haute Casamance au Sénégal regroupe les deux départements de Kolda et de Vélingara de la région de Kolda, qui en compte trois. Celui de Kolda qui abrite le CRZ, est compris entre les parallèles 12°30' Sud et 13°30' Nord et les méridiens 14°00' Est et 15°30' Ouest. La moyenne pluviométrique annuelle enregistrée entre 1962 et 1996 à Kolda est de 1016,5 mm. En 1995 et 1996, des quantités de pluies de 959,4 et 1064,5 mm y ont été respectivement enregistrées (DIATTA *et al.*, 1997).

L'essai a été mis en place sur des sols ferrugineux tropicaux lessivés (Pereira-Barreto et Raynal, 1962), dans une parcelle de 180 m x 60 m (10 800 m²) cultivée auparavant de manière presque continue pendant plus d'une décennie dans un système de rotation mil/arachide. Elle devait ainsi être mise en jachère pour permettre une reconstitution de sa fertilité. Nous avons donc essayé de substituer les herbacées naturelles spontanées des jachères, par une introduction de graminées pérennes performantes.

Le matériel végétal introduit est constitué de deux graminées fourragères, *Andropogon gayanus* Kunth et *Panicum maximum* Jacq. C₁. On compare la production à celle d'une jachère naturelle.

Le dispositif expérimental est constitué d'une parcelle de 180 m x 60 m subdivisée en trois sous-parcelles de 60 m x 60 m chacune. Elles correspondent respectivement aux parcelles des deux graminées et à celles de la jachère naturelle. Elles ont chacune une surface utile de 2 500 m² (50 m x 50 m).

Pour l'évaluation de l'effet fertilisant, deux échantillons moyens de sol par sous-parcelle ont été réalisés en première année à partir de neuf prélèvements effectués à la tarière à la profondeur de 0-30 cm. En quatrième année, six autres échantillons moyens de sol seront constitués dans les mêmes conditions avant la remise en culture de maïs, mil, sorgho et arachide des trois sous-parcelles. Ces cultures de la rotation permettront de valider ou d'infirmer à travers les rendements les résultats des analyses chimiques de sol.

On a procédé à une répartition aléatoire des trois traitements par l'utilisation de la table des permutations au hasard de trois éléments (Lellouch et Phillippe, 1974). Après la préparation du sol des deux sous-parcelles destinées aux deux graminées fourragères, l'implantation a été réalisée par repiquage d'éclats de souche suivant des écartements de 50 cm entre les lignes et sur les lignes, entre le 31 juillet, le 14 août 1995. Elle a par la suite été suivie par des travaux d'entretien et de remplacement des pieds morts.

Les principales observations ont porté au cours des deux premières années sur la caractérisation initiale du sol, la vigueur d'implantation des deux graminées, la production fourragère et la composition floristique de la parcelle de jachère naturelle.

Pour la production fourragère, l'unité d'échantillonnage est une parcelle de 1 m². Lors de l'estimation des rendements en fourrages, vingt unités ont été choisies au hasard dans chaque sous-parcelle. Après les fauches et les pesées, deux échantillons de 500 g de matière verte chacun ont été prélevés par traitement, pour la

détermination des matières sèches par séchage à l'étuve à 70°C jusqu'à poids constant. Cette estimation, effectuée le 2 avril 1997, a été suivie d'une exploitation par pâturage avec des bovins des trois sous-parcelles qui constituent ainsi des réserves fourragères sur pied.

Résultats et discussions

Caractérisation initiale du sol

Les résultats des analyses chimiques des échantillons de sol figurent dans le tableau 1. Sur la base de la classification des sols cultivés en quatre grandes catégories suivant quatre zones de pH eau (Ndiaye, 1992), la parcelle d'essai se retrouve dans la catégorie des sols acides, car le pH eau moyen qui est de 6,0 est compris entre 5,6 et 6,5. Son pH eau varie entre 5,7 et 6,3. La teneur moyenne en éléments fins (argile + limon) est de 12,9% et traduit des teneurs faibles en ces éléments. Ces dernières varient entre 11,8 et 14,5%. Le rapport C/N moyen qui est de 10 indique une matière organique bien décomposée (Mémento de l'agronome, 1991). Le rapport C/N varie entre 9 et 13.

Tableau 1. Résultats des analyses de sol

Trait-Echant	Jachère		Andropogon gayanus		Panicum maximum	
	1. Est	2. Ouest	1. Est	2. Ouest	1. Est	2. Ouest
Paramètres						
pH eau	5,68	6,31	5,76	6,15	5,94	5,93
pH KCl	5,17	5,51	4,94	5,18	4,94	4,72
Argile + limon (%)	12,8	12,3	14,5	13,8	12,5	11,8
Carbone total (‰)	5,40	3,84	3,45	3,60	3,68	3,05
Azote (‰)	0,42	0,39	0,35	0,34	0,34	0,33
Rapport C/N	13	9	10	10	11	9
P ₂ O ₅ assimilable (ppm)	14,2	13,34	16,10	13,80	14,26	12,42
Ca (meq/100 g)	1,20	1,00	1,00	1,20	0,80	1,40
Mg (meq/100 g)	0,40	0,32	0,24	0,31	0,23	0,13
Na (meq/100 g)	0,076	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
K (meq/100 g)	0,096	0,064	0,060	0,042	0,048	0,038
Somme (S)	1,77	1,39	1,30	1,55	0,108	0,57
Total (T)	1,97	2,18	1,79	2,07	1,59	0,83
V = S/T x 100	90	63	73	75	68	68

La somme des bases échangeables (S), la capacité d'échange (T) présentent des valeurs très faibles, le taux de saturation est relativement fort.

Vigueur d'implantation des deux graminées

La vigueur d'implantation des deux graminées a été appréciée en décembre 1995 par un recensement exhaustif des éclats de souche morts et en vie. Pour l'*Andropogon gayanus*, sur 10201 éclats de souche repiqués, 7 960 survivants ont été recensés, soit un taux de survie de 78,0%. Concernant le *Panicum maximum*, sur le même effectif total d'éclats de souche implantés, 9 848 survivants ont été recensés, soit un taux de survie de 96,5%. Ces résultats indiquent une bonne implantation des deux graminées malgré des conditions pluviométriques peu favorables pendant la période de repiquage.

Composition floristique de la jachère naturelle

Les relevés phytosociologiques réalisés en décembre 1996 ont permis de recenser 59 espèces dont 41 herbacées et 18 ligneuses, de déterminer les abondances-dominances qui varient de un à trois et les taux de recouvrement correspondant qui varient entre 0 et 10%. Parmi les herbacées, neuf espèces réputées fourragères, dont six graminées et trois légumineuses, ont été inventoriées : *Andropogon gayanus* Kunth, *Andropogon pseudapricus* Stapf., *Pennisetum pedicellatum* Trin., *Pennisetum subangustum* Stapf. Et Hubb., *Eragrostis tremula* Hochst. Et *Digitaria velutina* P.Beauv. pour les graminées, et *Alysicarpus ovalifolius* (S. et Th.) Léon., *Alysicarpus rugosus* (Willd.) DC., et *Stylosanthes mucronata* Willd. pour les légumineuses.

Rendements en fourrage

Après le séchage à l'étuve à 70°C jusqu'à poids constant des deux échantillons de matière verte (mv) par traitement, les pourcentages moyens de matière sèche (ms) ci-après ont été obtenus :

Herbacées des jachères naturelles	98,8%
<i>Andropogon gayanus</i>	92,9%
<i>Panicum maximum</i>	95,3%.

Les rendements obtenus à la suite des fauches sont repris dans le tableau 2.

Analyse statistique des rendements en fourrages

L'analyse de la variance à un critère de classification a été utilisée pour comparer les trois traitements et les comparer aussi deux à deux.

Les résultats de cette analyse apparaissent dans le tableau 3.

Tableau 2. Rendements en fourrages des deux graminées et de la jachère

Trait-Rdt N° Plac.	Jachère		A. gayanus		P. maximum	
	Kg mv m ⁻²	t ms ha ⁻¹	kg mv m ⁻²	t ms ha ⁻¹	kg mv m ⁻²	t ms ha ⁻¹
1	0,70	6,915	1,000	9,292	0,800	7,624
2	0,80	7,903	1,100	10,221	0,900	8,577
3	0,70	6,915	1,150	10,686	0,800	7,624
4	0,80	7,903	1,200	11,150	0,800	7,624
5	0,50	4,940	1,100	10,221	0,750	7,148
6	0,60	5,927	1,100	10,221	1,050	10,007
7	0,65	6,421	1,100	10,221	1,000	9,530
8	0,95	9,385	1,200	11,150	0,900	8,577
9	0,60	5,927	1,050	9,757	0,750	7,148
10	0,30	2,964	1,050	9,757	0,800	7,624
11	0,80	7,903	1,250	11,615	1,050	10,007
12	0,70	6,915	1,950	18,119	0,800	7,624
13	0,70	6,915	1,000	9,292	0,850	8,101
14	0,65	6,421	1,200	11,150	1,050	10,007
15	0,55	5,433	1,250	11,615	0,800	7,624
16	0,60	5,927	1,200	11,150	0,900	8,577
17	0,70	6,915	1,000	9,292	1,100	10,483
18	0,25	2,470	1,050	9,757	0,750	7,148
19	0,15	1,428	1,000	9,292	0,750	7,148
20	0,20	1,976	1,600	14,867	0,800	7,624
Moyenne	0,595	5,875	1,178	10,941	0,870	8,291
Ecart-type	± 0,21	± 2,083	± 0,0222	± 2,064	± 0,114	± 1,091

Tableau 3. Comparaison des traitements

Analyse de la variance des trois traitements : Jachère naturelle, A. gayanus et P. maximum						
Sources de variation	DDL	SCE	CM	F	ETE	CVE
Diff. entre traitement	2	256,836	128,418	37,38***	2,500	29,869%
Diff. entre place (dans trait.)	57	195,823	3,435		1,854	22,147%
Totaux	59	52,659				
Analyse de variance des deux traitements : Jachère et A. gayanus						
Sources de variation	DDL	SCE	CM	F	ETE	CVE
Diff. entre traitement	1	256,654	256,654	56,69***	3,551	42,227%
Diff. entre place (dans trait.)	38	172,028	4,527		2,128	25,305%
Totaux	39	428,681				
Analyse de variance des deux traitements : Jachère et P. maximum						
Sources de variation	DDL	SCE	CM	F	ETE	CVE
Diff. entre traitement	1	58,378	58,378	20,06***	1,655	23,511%
Diff. entre place (dans trait.)	38	110,582	2,910		1,706	24,083%
Totaux	39	68,960				
Analyse de variance des deux traitements : A. gayanus et P. maximum						
Sources de variation	DDL	SCE	C	F	ETE	CVE
Diff. entre traitement	1	70,222	70,222	24,47***	1,835	19,083%
Diff. entre place (dans trait.)	38	109,037	2,869		1,694	17,615%
Totaux	39	179,259				

DDL : Degrés de Liberté.
ETE : Ecart-Type Estimé

SCE : Somme des Carrés des Ecarts.
CVE : Coefficient de Variation Estimé.

CM : Carré Moyen

Les résultats de l'analyse de la variance montre que les différences entre les rendements moyens en fourrages des traitements sont très hautement significatives. La jachère naturelle, l'*A. gayanus* et le *P. maximum* ont donné des rendements moyens respectifs des herbacées de 5,875 ; 10,941 et 8,291 t ms ha⁻¹.

Conclusions

Les résultats de la caractérisation initiale du sol montrent que cet essai est implanté sur un sol acide, à matière organique bien décomposée, à la somme des bases échangeables et à la capacité d'échange très faibles et à fort taux de saturation. La teneur moyenne en éléments fins (argile + limon) est de 12,9% et indique des teneurs faibles en ces éléments.

Les taux de survie de 78,0 et 96,5% obtenus respectivement avec *Andropogon gayanus* Kunth et *Panicum maximum* cv. C₁ en décembre 1995 montrent une bonne implantation de ces deux graminées fourragères pérennes dès l'année d'installation.

Les relevés phytosociologiques effectués dans la jachère en décembre de la deuxième année ont permis de recenser 59 espèces dont 41 herbacées et 18 ligneuses, de déterminer les abondances-dominances qui varient entre un et trois et les taux de recouvrement correspondants qui varient entre 1 et 10%.

Concernant la biomasse fourragère des herbacées, la jachère naturelle, l'*A. gayanus* et le *P. maximum* ont donné des valeurs moyennes en fourrages respectives de 5,875 ; 10,941 et 8,291 t ms ha⁻¹ en une coupe réalisée en avril 1997. Les différences observées, considérées à trois et deux à deux sont très hautement significatives.

En 1998, des mesures de production fourragère et l'exploitation par pâturage seront effectués et six nouveaux échantillons moyens de sol seront constitués en vue de la caractérisation finale du sol. En saison des pluies, des cultures de la rotation (maïs, mil sorgho et arachide) seront mises en place pour évaluer les arrière-effets des trois traitements sur les rendements de ces cultures.

Références bibliographiques

- Diatta, A. ; Diallo, A. A. & Babene, D. 1997. Etude, amélioration et gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest - évaluation de l'effet fertilisant et de la production fourragère de deux graminées utilisées en substitution de la jachère naturelle. Rapport de deuxième année. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Dakar, 17p.
- Lellouch, J. & Philippe, L. 1974. Méthodes statistiques et expérimentation biologique. Statistique en biologie et en médecine. Flammarion Médecine-Sciences, Paris, 270p.
- Mémento de l'Agronome, 1991. Collection « Techniques Rurales en Afrique ». Quatrième édition. Ministère de la Coopération et du Développement de la République Française, 1635p.
- Ndiaye, J. P. 1992. Le rôle de l'analyse du sol dans la formulation de conseil de fumure minérale. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Dakar, 40p.
- Pereira-Barreto, S. & Raynal, J. 1962. Reconnaissance pédobotanique de la sisaleraie de Kolda (en vue de la création d'un centre zootechnique). Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer. Ministère de l'Economie et de la Coopération. Service de l'Elevage. Centre de Recherches Pédologiques, Hann-Dakar.

Potentialités d'utilisation de *Gliricidia sepium* et *Leucaena leucocephala* en alternative à la jachère naturelle dans les systèmes de production agricole au Mali.

M. SIDIBE¹, M. DJIMDE², D. DIARISSO¹, B. OUOLOGUEM¹,
D. TIMBELY³, M. SOUNTOURA¹

1. Institut d'Economie Rurale, BP 258 Sotuba - Bamako - Mali

2. ICRAF, BP 320 Samanko - Bamako - Mali

3. IER, Cinzana - Ségou - Mali

Résumé

La courte durée laissée à la jachère dans la zone semi aride ne lui permet plus de restaurer la fertilité des sols et de couvrir les besoins d'entretien des animaux en protéines et en sels minéraux pendant la saison sèche. Les résultats des essais de culture en couloirs et de banque fourragère permettent d'espérer que l'introduction d'une sole de *Gliricidia sepium* et/ou de *Leucaena leucocephala* dans les systèmes de production agricole pourrait contribuer à restaurer la fertilité des sols et à procurer du fourrage de qualité en saison sèche. Il est apparu que l'effet de l'enfouissement de la biomasse foliaire de *Gliricidia sepium* sur le rendement du mil dans un système de culture en couloirs en zone soudano-sahélienne correspond à un apport de 100 kg.ha⁻¹ de complexe céréale (15N, 15P, 15K) et de 50 kg.ha⁻¹ d'urée et que le fourrage des deux espèces est riche en N, P, Ca et en énergie (0.53 UF/kgMS⁻¹ pour *Gliricidia sepium* et 0.51 UF/kgMS⁻¹ pour *Leucaena leucocephala*).

Mots-clé : *Gliricidia sepium* - *Leucaena leucocephala* – jachère - fertilité des sols - rendement mil - valeur alimentaire - saison sèche – engrais.

The potential in the use of *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala* for forage production and soil fertility restoration as alternative to fallow in Mali.

Abstract

The short time duration imposed on fallow in the semi arid zone does not allow for proper fertility restoration in soil and the provision of animal needs in protein and mineral salt during the dry season. The results obtained with alley cropping experiment and that obtained with fodder bank allow us to hope that the introduction of a sole of *Gliricidia sepium* or of *Leucaena leucocephala* in the cropping system will restore the soil fertility and improve the nutrition quality of the livestock in time of shortage. The effect of burying leaf biomass of either one of the two above plants is equal to the cumulative effect of spreading 50 kg of nitrogen and 100 kg of cereal fertilizer (15 N - 15 P - 15 K) on the yield of millet. Also the forage of both species is rich in N, P, Ca and energy (0.53UF for *Gliricidia* or 0.51 for *Leucaena*).

Key words : fallow - semi-arid zone - *Gliricidia sepium* - *Leucaena leucocephala* – forage - soil fertility - millet yield - alley cropping - fodder bank.

Introduction

L'agriculture et l'élevage sont les principales activités des populations rurales de la zone semi aride caractérisée par une longue saison sèche de 8 à 9 mois. Dans le but de programmer les activités du réseau SALWA/ICRAF "*Semi arid Low Land of West Africa/International Centre for Research in Agroforestry*", des enquêtes D & D "*Diagnostic & Design*" ont été réalisées en 1989 par une équipe nationale assistée par des experts de l'ICRAF. A l'issue de cette enquête, la baisse de fertilité des terres et la disette en saison sèche y ont été identifiées respectivement comme des contraintes de l'agriculture et de l'élevage. En effet, soumis à la culture continue, la plupart des sols Africains perdent vite leur fertilité, même avec un apport régulier d'engrais (M.R Rao *et al.*, 1990). La jachère y est habituellement pratiquée pour restaurer la fertilité des terres. Mais suite à la pression démographique, on assiste depuis de nombreuses années au raccourcissement de la durée de la jachère. Un des systèmes d'exploitation des terres qui pourrait permettre d'intensifier l'agriculture tout en rétablissant la fertilité des sols est la culture en couloirs. En effet *Leucaena leucocephala* et *Gliricidia sepium*, utilisés en culture en couloirs avec d'autres espèces ont permis, dans l'Ouest du Kenya, d'améliorer le rendement en poids sec du maïs grain de 10 à 50% (Rao *et al.*, 1990). Selon Cobbina et Atta-Krah (1992), *Gliricidia sepium* a une croissance rapide avec une grande teneur en matières azotées brutes, environ 20% à 25% (Djimé *et al.*, 1996). Quant au *Leucaena leucocephala*, il est utilisé pour le brouet (Grantt, 1953 ; Humphreys, 1962 dans Djimé *et al.*, 1996) et comme culture fourragère (Takahashi et Ripperton, 1949 ; Ferraris, 1979 dans Savory *et al.*, FAO, 1979). Un essai de culture en couloirs et des essais de banques fourragères ont été installés respectivement à Cinzana et à Nyékentoumou au Mali. Les résultats de recherche révèlent les potentialités de *Gliricidia sepium* et *Leucaena leucocephala* dans la restauration de la fertilité et la supplémentation des animaux en saison sèche. Mais le transfert de la technologie se heurte à un certain nombre de difficultés contre lesquelles la présente étude propose une alternative potentielle.

Matériel et méthodes

Essai culture en couloirs

L'essai, installé à la station de recherche agronomique de Cinzana au Mali (13° 15' de latitude N, 5° 58' de longitude W, 280 m d'altitude et 690 mm de pluviométrie) vise à déterminer l'effet de la biomasse foliaire de *Gliricidia sepium* et de *Leucaena leucocephala*, seule et/ou associée à l'engrais minéral, sur la fertilité du sol et le rendement du mil dans un système de culture en couloirs. Le site se trouve dans les anciens alluvions du fleuve Bani. Il a été adopté un dispositif en blocs complets randomisés avec 4 répétitions. Les facteurs étudiés sont l'effet de l'engrais avec 3 niveaux et l'effet du paillage avec 3 niveaux. Le premier facteur comporte un témoin sans engrais ; un apport de 100 kg.ha⁻¹ de complexe céréale (15N - 15P - 15K) au semis et 50 kg.ha⁻¹ d'urée à la montaison correspondant respectivement à un apport de 100 et 50% de la dose vulgarisée dans la zone. Le deuxième facteur comporte un témoin absolu sans paillage et deux autres traitements dont l'un reçoit le paillage de *Gliricidia sepium*, et l'autre celui de *Leucaena leucocephala*. Les haies sont constituées de 3 lignes de 16 m de long plantées d'arbres à un écartement de 1 m sur la ligne. Les cultures sont installées dans les inter-bandes de 4 m de large. Chaque parcelle élémentaire a une superficie de 192 m² dont 72 m² de surface nette. La phytomasse provient des coupes effectuées tous les ans à 0,5 m du sol en Juin et en Août et enfouie au moment du labour et du sarclage. Les produits des coupes des 3 haies de chaque traitement sont pesés puis épandus sur la parcelle correspondante. La composante agricole a été installée en 1993 soit un an après la mise en place des haies de *Gliricidia sepium* et de *Leucaena leucocephala*. Le mil est semé à une densité de 0,5 x 0,80 m. Au démarrage de l'essai, des échantillons de sol ont été prélevés pour déterminer le niveau de fertilité initial et après la mise en culture en 1993 et 1994 afin de suivre l'évolution de la fertilité. Les trois sites de sondage ont été répartis sur la parcelle expérimentale de manière à couvrir la diversité morphologique du milieu. Les échantillons ont été prélevés à deux niveaux de profondeur : 0 à 20 cm et 20 à 40 cm. Les analyses de sol ont été effectuées au laboratoire sol/eau/plante de Sotuba. L'influence sur le rendement est évaluée sur la base du poids des grains du mil récolté.

Essai banques fourragères

Cette recherche a consisté à réaliser une série d'essais et de tests. L'étude de l'influence de l'écartement et de la période de coupe sur la production et la qualité fourragère de *Gliricidia sepium* et de *Leucaena leucocephala*; le test d'appétibilité des ces espèces et le test de transfert de la technologie des banques fourragères ont été effectués à Nyékentoumou (12° 81' de latitude N, 7° 30' de longitude W, 340 m d'altitude et 780 à 800mm de pluviométrie). L'essai d'embouche ovine a été conduit à la station de recherche agronomique de Sotuba (7° 56

de longitude W , 12° 39 de latitude N, 320 m d'altitude et 900 mm de pluviométrie annuelle). Dans le premier essai, le dispositif expérimental est un essai factoriel en blocs complets randomisés avec 3 répétitions. Les deux facteurs étudiés sont la période de coupe en saison sèche et la densité de plantation. Les fins des mois de Mars, Avril, Mai et Juin ont été retenues pour les coupes de saison sèche parce que cette période correspond au moment où toutes les réserves traditionnelles de fourrage utilisées en supplémentation telles que les fanes d'arachide et de niébé sont épuisées. Les plants ont été mis à un écartement de 0,5m sur la ligne x 2m entre les lignes et de 1m sur la ligne x 2m entre les lignes soit respectivement une densité de 5 000 et 10 000 plants.ha⁻¹. La distance de 2m entre les lignes a été choisie en vue de disposer d'espace approprié pour exploiter le fourrage des ligneux. Les distances de 0,5m et 1m sur la ligne sont en général les écartements considérés dans les différentes études sur l'espèce. Les parcelles élémentaires brute et nette sont respectivement de 64 m² et 24 m². La hauteur de coupe est fixée à 50 cm. Une coupe d'uniformisation est effectuée chaque année après la saison des pluies en fin Octobre/début Novembre. La première coupe a été effectuée en fin Octobre 1992. La quantité de fourrage a été déterminée après chaque coupe. La biomasse fourragère observée inclue les feuilles et toutes les autres parties végétatives non lignifiées. La qualité du fourrage a été déterminée pour la saison sèche 1994. Les échantillons de fourrage ont été prélevés en fin Mars, Avril, Mai et Juin. Ces échantillons séchés à l'étuve à 55°C, ont ensuite été broyés et tamisés avec un tamis possédant des mailles de 1mm. Les paramètres analysés sont : la matière sèche, l'azote total, la cellulose brute, les cendres, le calcium et le phosphore selon les méthodes du CIRAD-IEMVT (Duche *et al.* 1992), les parois cellulaires, par les procédés de Van Soest et Robertson (1985) et la digestibilité de la matière organique (DMO) par la méthode de Tilley et Terry (1963). Les matières azotées digestibles (M.A.D) sont déterminées à partir de la teneur en matières azotées brutes (M.A.B) en utilisant la formule de Demarquilly *et al.*, 1970 citée dans Djimdé *et al.*, 1996. Un test d'appétabilité sommaire a été conduit en Mars 1993 sur 3 bovins, un ovin et un caprin. L'étude des possibilités de substitution de fanes d'arachide par le fourrage de *Gliricidia sepium* ou de *Leucaena leucocephala* a été faite à Sotuba avec 31 moutons de la race Djallonké, âgés de 1 à 1,5 ans. Après avoir soustrait les animaux destinés à l'évaluation de la qualité initiale de la viande, 3 lots ont été constitués pour 3 traitements qui ont reçu une ration de base de 70% de paille de riz associés selon le cas à 30% de fane d'arachide, 30% de fourrage de *Gliricidia sepium* et 30% de fourrage de *Leucaena leucocephala*. L'essai a duré 62 jours et a été exécuté en saison pluvieuse. A la lumière des résultats préliminaires obtenus en station, *Gliricidia sepium* a été choisi pour le test de transfert de la technologie des banques fourragères. Auprès de 5 paysans volontaires, il a été établi des parcelles de 450 m² entourées d'une haie vive de *Ziziphus mauritiana*, dont la protection au stade juvénile devrait être assurée par des haies mortes.

Résultats et discussions

Essai culture en couloirs

Influence du paillage et de la fertilisation sur le rendement de mil grain

Tableau 1. Influence combinée de la phytomasse de *Gliricidia sepium* et *Leucaena leucocephala* et de la fertilisation sur la production moyenne du mil grain en t.ha⁻¹ (1993 à 1996)

Nature de la phytomasse	Sans engrais		50% de la dose		100% de la dose	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Témoins sans paillage	0, 51 c	0,08	0, 71 abc	0,16	0, 86 abc	0, 16
<i>Gliricidia sepium</i>	0, 64 bc	0, 21	0, 80 abc	0, 19	1, 14 a	0, 43
<i>Leucaena leucocephala</i>	0, 57 c	0, 25	0, 89 abc	0,16	1, 06 ab	0, 12
n = 144	Moyenne = 0, 80 T.ha ⁻¹		CV % = 29			

L'analyse statistique ne révèle aucune différence significative entre le témoin et le traitement avec de *Leucaena leucocephala* sans engrais (Tableau 1). Ceci peut s'expliquer par le faible niveau d'incorporation de la phytomasse engendrée par la forte mortalité des plants. En effet un taux de mortalité de 42% avait été observé déjà en 1993 pour l'espèce contre seulement 7% pour *Gliricidia sepium* (Sidibé *et al.*, 1996). De 1993 à 1996, 7,55 t.ha⁻¹.an⁻¹ de phytomasse de *Gliricidia sepium* ont été incorporées dans les parcelles non fertilisées contre

seulement 1,95 t.ha⁻¹.an⁻¹ pour *Leucaena leucocephala*. Par contre le seul apport de *Gliricidia sepium* permet d'améliorer le rendement du mil de 25%. Le meilleur rendement est obtenu avec le traitement associant le paillage de *Gliricidia sepium* avec la dose complète de fertilisation minérale où une augmentation de 123% a été observée. Une augmentation de 108% a été enregistrée avec le traitement associant le paillage de *Leucaena leucocephala* avec la dose complète d'engrais qui à elle seule n'améliore que de 69% le rendement du mil.

Influence du paillage et de l'engrais sur la fertilité du sol

Etat de la fertilité initiale avant la mise en culture

L'état physico-chimique initial du sol est consigné dans le tableau 2. Les résultats montrent que le sol, avant la mise en culture avait une bonne teneur en matière organique, une faible teneur en phosphore assimilable et en azote total. Les observations de terrain révèlent que le sol a une structure fragmentaire polyédrique, une bonne porosité et un drainage normal à modéré.

Tableau 2. Etat physico-chimique du sol avant la plantation des arbres à Cinzana

Profondeur en cm	Paramètres granulométriques					Paramètres chimiques			
	Sable	Limon	Argile	Classe texture	pH eau	Matière organique	N total	CEC méq	P assimilable en ppm
0 à 20	73,8	17,2	8,7	LS	4,9	1,56	0,04	4,6	5,27
20 à 40	43,3	23,6	33,1	LA	5,3	-	-	10,92	0,7

Evolution de la fertilité après la monoculture du mil

Avant la mise en culture, le sol avait une teneur en matière organique de 1,56% (Tableau 2). Dès sa mise en culture, il a été observé une diminution de la teneur en matière organique (Tableau 3). Ce changement rapide est fréquent dans nos conditions où les premières années de culture sont toujours très « consommatrices » de matière organique après une jachère restaurée. Mais après la première année, on observe une relative stabilisation du taux de minéralisation, la partie fugace ayant disparu.

Tableau 3. Evolution de quelques paramètres du sol sous monoculture du mil à Cinzana (Horizon 0 à 20 cm)

Source de phytomasse	Matière en organique %		pH eau		Phosphore en Assimilable ppm	
	1993	1994	1993	1994	1993	1994
Témoin sans paillage	0,67	0,49	6,02	5,57	4,89	4,80
<i>Gliricidia sepium</i>	0,73	0,50	5,69	5,36	5,92	6,57
<i>Leucaena leucocephala</i>	0,77	0,41	5,79	5,44	8,81	6,41

Dans le cas de l'essai culture en couloirs, réalisé à Cinzana, en dépit de la monoculture du mil, l'enfouissement de la phytomasse de *Gliricidia sepium* atténué relativement mieux la dégradation de la matière organique (67% de diminution contre respectivement 72% et 73% pour le témoin et le traitement avec *Leucaena leucocephala*). Quoique l'enfouissement de la phytomasse des 2 espèces n'arrive pas à compenser le taux de minéralisation de la matière organique du sol, elle permet de retarder l'appauvrissement rapide du sol en cette composante. Ainsi le délai d'exploitation se trouve amélioré (*sustainable farming*).

Evolution de la teneur du sol en phosphore assimilable

Comparativement aux parcelles témoins dont la teneur en phosphore assimilable a diminué de 7,2 à 8,9% respectivement en 1993 et 1994, celle des parcelles qui ont bénéficié de l'apport de phytomasse de *Leucaena leucocephala* et de *Gliricidia sepium*, ont augmenté. Pour *Gliricidia sepium*, cette augmentation a été de 67,2 et 21,6% respectivement en 1993 et 1994. Pour *Leucaena leucocephala*, on note une progression entre 1993 et 1994 où l'augmentation a été respectivement de 12,3 et 24,7%.

Evolution de la réaction du sol

L'enfouissement de la phytomasse de ligneux atténue légèrement l'acidification liée à l'utilisation des engrais et à la mise en culture. *Gliricidia sepium* module plus efficacement le pH du sol que *Leucaena leucocephala* en présence d'engrais acidifiant.

Essai banques fourragères

Les résultats des essais de banques fourragères ont montré la grande potentialité des deux espèces dans la supplémentation des animaux en saison sèche. Les deux espèces sont bien appréciées par les petits et grands ruminants. Mais *Gliricidia sepium* est plutôt préféré à l'état sec alors que *Leucaena leucocephala* est consommé aussi bien l'état frais que sec. Elles croissent rapidement et sont capables de produire du fourrage vert en saison sèche après une coupe opérée en fin de saison pluvieuse.

La production de fourrage en matière sèche à la première coupe, 15 mois après transplantation s'élevait en moyenne à 2 t.ha⁻¹ pour *Gliricidia sepium* et 1,07 t.ha⁻¹ pour *Leucaena leucocephala* (Djimé et al., 1996). Selon les mêmes auteurs, la production d'un ha de *Gliricidia sepium* en saison sèche (fin Mars, Avril, Mai et Juin) permet de satisfaire les besoins d'entretien en protéines respectivement de 16, 15, 27 et 51 UBT durant le mois suivant la coupe. Les productions les plus importantes, sont obtenues lors des coupes de fin Juin avec environ 13 t.ha⁻¹ de matière verte pour *Gliricidia sepium* et 8 t.ha⁻¹ pour *Leucaena leucocephala*. Puisque cette forte production intervient en un moment où l'herbe est disponible, elle peut servir d'engrais vert. En compensation, les grandes productions enregistrées lors des coupes de fin de saison pluvieuse, juste avant les récoltes (3, 23 t.ha⁻¹ de matière sèche pour *Gliricidia sepium* 1,7 t.ha⁻¹ pour *Leucaena leucocephala*) peuvent servir de réserves fourragères. Ces chiffres peuvent être revus à la hausse car les coupes d'uniformisation ont été faites en fin Octobre/début Novembre. Or une récolte tardive peut entraîner une baisse de rendement de 70% (R. Savory et al.,).

L'essai avec les ovins a montré que le fourrage de chacune des deux espèces peut remplacer la fane d'arachide en raison du fait qu'il n'y a eu aucune différence significative entre les traitements mais le meilleur gain pondéral journalier a été obtenu avec *Leucaena leucocephala* (34,4g) suivi de la fane d'arachide (20,8g) et de *Gliricidia sepium* (13,9g).

Il ressort également des analyses chimiques que le fourrage des deux espèces est très riche en protéines brutes (19% en moyenne). La digestibilité en matière organique est moyenne. Les teneurs en Ca et en P sont élevées. La valeur en énergie est respectivement de 0,53 UF.kg⁻¹ et de 0,51 UF.kg⁻¹ respectivement pour *Gliricidia sepium* et *Leucaena leucocephala*. Ces valeurs sont plus élevées au cours de la période de pénurie alimentaire en saison sèche (Sidibé et Ouologuem, 1996).

Conclusion

Les résultats des essais de culture en couloirs confirment les potentialités des deux espèces à améliorer la fertilité des sols et le rendement des cultures associées (Jabbar M.A et al., 1994 Duguma B. et al. 1994). Cependant le transfert de la technologie pourrait se heurter à diverses difficultés. Dans la zone semi-aride où les animaux sont laissés en divagation en saison sèche, la nécessité de protéger les ligneux pour permettre leur survie représente une contrainte majeure pour l'adoption des cultures en couloirs. L'introduction des ligneux dans les systèmes de production doit être liée à des profits percevables par les paysans comme par exemple la production de fourrage.

Les premiers résultats des tests de banques fourragères en milieu réel indiquent que les populations rurales sont très réceptives à la technologie. Cela représente une porte d'entrée à une alternative agroforestière que l'on pourrait dénommer banque mixte à cause de sa double fonction de restauration de la fertilité et de production de fourrage. Il s'agira de consacrer, suivant la taille des exploitations, une parcelle d'au moins un demi hectare à une plantation de *Gliricidia sepium* ou de *Leucaena leucocephala* destinée à fournir du fourrage en saison sèche et de l'engrais vert pour les cultures. Les produits générés par une telle technologie peuvent justifier les mesures de protection indispensables à l'instar des parcelles de manioc au Mali et d'autres cultures de contre saison que le paysan prend spontanément l'initiative de clôturer.

Il serait plus facile d'implanter *Gliricidia sepium* parce qu'il est peu apprécié à l'état vert par animaux contrairement à *Leucaena leucocephala* dont les animaux sont friands et affiche une grande susceptibilité aux termites (R. Savory et al. ; Sidibé et al., 1997). En effet, selon R. Savory et al., là où les chèvres pâturent librement, il est inutile d'essayer de produire *Leucaena leucocephala*, sauf si l'on place une clôture grillagée. De plus, non seulement *Leucaena leucocephala* contient de la mimosine (Tingre and Cherey, 1980), mais il peut subir des attaques éventuelles de *Heterophylla cubana*. Tant de raisons qui ne facilitent pas la création de plantations difficiles avec cette espèce.

Dans une telle banque mixte, les plants peuvent être plantés à un écartement de 1 x 2 mètres soit une densité de 5000 plants. ha⁻¹ (Sidibé et al., 1997). La parcelle sera divisée en deux parties dont la première (P₁) est réservée à la production exclusive de fourrage et la seconde (P₂) à une production de fourrage et/ou d'engrais vert. La mise en place doit être faite en Août. Les parcelles seront clôturées de haies vives protégées au stade juvénile par une haie morte. La première coupe d'uniformisation interviendra 14 mois après la mise en place de la parcelle dont les produits serviront de réserves fourragères.

Les coupes seront effectuées à 0,50 m du sol pour favoriser le développement des rejets. (ICRAF, 1990). A partir du 20^{ème} mois, P₁ sera coupé selon les besoins de fourrage de supplémentation jusqu'en Juin. Il en sera ainsi tous les ans en fin Septembre/début Octobre et entre Avril et Juin. Dans le premier scénario concernant P₂ la parcelle subira deux coupes, l'une en fin de saison pluvieuse pour produire des réserves fourragères et l'autre en Juin pour produire de l'engrais vert. L'incorporation des quantités de biomasse produites sur un demi ha (6,5 t.ha⁻¹) pourraient induire une augmentation importante de rendement du mil quand on tient compte qu'une augmentation de 25% a été observée avec l'incorporation de 7,55 t.ha⁻¹ de phytomasse de *Gliricidia sepium* en cultures en couloirs (Sidibé, 1997) malgré les diverses concurrences entre les ligneux et les cultures associées pouvant entraîner des réductions de rendement (Rao et Roger, 1990 ; Coe, 1994). En effet les racines des ligneux ont une croissance latérale très rapide pouvant atteindre plusieurs mètres par an et prélèveront ainsi eau et en éléments nutritifs (Richard Coe, 1994) au détriment des plantes cultivées. Par exemple, on a observé que les racines de *Leucaena leucocephala* âgées de 8 ans non taillées à la station expérimentale de l'ICRAF (Machakos), s'étendent latéralement sur plus de 4 m et verticalement sur plus de 2 m. (Rao et Roger, 1990). Dans le second scénario, la parcelle P₂ peut être réservée exclusivement à la restauration de la fertilité. Dans ce cas elle sera coupée en Juin pour incorporer la phytomasse au sol au moment du labour et en Août lors du sarclage. En effet dans l'essai culture en couloirs, on a observé une production de 3,62 t.ha⁻¹ de matière verte de *Gliricidia sepium* en Août après avoir été coupé en Juin (Sidibé et al., 1996).

La banque mixte semble être un système agroforestier de substitution à la jachère naturelle, à grandes potentialités pour la restauration de la fertilité des sols et l'approvisionnement en fourrage de supplémentation en saison sèche. Elle a l'avantage d'éviter la compétition entre la composante ligneuse et les cultures dans le système de culture en couloirs mais d'en tirer les avantages liés au maintien de la fertilité. Les charges liées au transport de la source de matière organique sont minimisées par la présence de la parcelle sur le site de l'exploitation. Des recherches doivent être conduites en milieu réel pour en cerner tous les aspects d'ordre biophysiques et en particulier socio-économiques.

Références bibliographiques

- Berthé M. 1996. Influence de la supplémentation de la paille de riz avec *Gliricidia sepium* et *Leucaena leucocephala* sur le rendement carcasse (mémoire d'ingénieur de l'Institut Polytechnique Rural de Katibougou/Institut de Formation et Recherche Appliquée), 36p.
- Cobbina J. and Atta-Krah A. N. 1992. Forage productivity of *Gliricidia* accessions on a tropical alfisol soil in Nigeria, *Tropical Grass Lands*, Vol 26 : 248-254. ICRAF, Nairobi.
- Coe R. 1994. "Dix problèmes courants de la recherche sur la culture en couloirs" *Agroforestry today* 6 : 11-14.
- Demarquilly C., Weiss P. 1970. Tableau de la valeur alimentaire des fourrages. Versailles, I.N.R.A.. 64 p
- Djimé M., Sidibé M. et Ouologuem B. 1996. Potentialités fourragères de *Gliricidia sepium* en saison sèche dans la zone semi-aride du Mali, Actes colloque international sur l'intensification agricole au Sahel, Bamako 28-11 au 02-12 1995 du Projet Soudano-sahélienne, 11 p. (sous presse)
- Duche A., Lefevre P., Saboux V., Berdon D. et Bernard G. 1992. Les techniques d'analyse d'aliments du bétail appliquées au CIRAD-IEMVT, Montpellier, France, 79p.
- Duguma B., Tonye J., Kanmegne J. Manga T., Enoch T., 1994. Growth of ten multipurpose tree species on acid soils in Sangmelima, Cameroon. *Agroforestry systems*, Vol. 27, 2.
- Duguma, B ; Tonye, J. ; Kanmegne, J. ; Manga, T. ; Enoch, T. 1994. Growth of ten multipurpose tree species on acid soils in Sangmelima, Cameroon, *Agroforestry systems*, Vol. 27, 2 : 107-119
- Ferraris, R. 1979. Productivity of *Leucaena leucocephala* in the wet tropics of North Queensland. *Trop. Grassl.* 13 : 20-27.
- Gantt, P. A. 1953. Utilization of *Leucaena glauca* as a feed in the Philippines. Proceeding 8th Pacific Science Congress (IVB) : 601-603.
- Humphreys L. R. 1962. *Leucaena glauca* *Queensl. Agric. J.* 88 : 617- 618.
- ICRAF 1990 : Expérimentations agroforestières sur le terrain, ICRAF, Nairobi, 38p.
- Jabbar M. A ; Larbi A. ; Reynolds L. 1994 : Profitability of alley farming with and without fallow in southwest Nigeria. *Experimental agricultural*, Vol. 30, 3 : pp 319-327
- Rao M. R. et Coe R. 1990 : Les expérimentations agroforestières sur le terrain : évaluation des résultats de la recherche agroforestière *Agroforestry today* Vol. 4 (1) : p 4-9
- Rao M.R., Kamara C. S., Kwestiga F. Bahiru et Duguma B. 1990. Les expérimentations agroforestières sur le terrain : la recherche sur les jachères améliorées. *Agroforestry today*, 2 : pp 8-12
- Roger J. et Rao M. R. 1990. "Les expérimentations agroforestières sur le terrain : allons au fait !, 1^{ère} partie : à propos de statistique" *Agroforestry today* 2 : pp 4 - 7
- Savory R. Breen J. A., Beale C.I.A. 1979. Le *Leucaena* comme culture fourragère dans de petites fermes au Malawi. Projet d'élevage MLW/75/002, Lilongwe, FAO, Rome : 399-414
- Sidibé M, 1997. Les cultures en couloirs : rapport de recherche de la campagne 1996 présenté à la 3^{ème} réunion du comité de programme, Septembre 1997, 12p. - IER, Bamako, Mali
- Sidibé M. et Bara Ouologuem: 1996. Composition chimique et valeur nutritive de *Gliricidia sepium* et *Leucaena leucocephala* : communication présentée au Comité technique régional de Sotuba, Bamako, Mali, 10p.
- Sidibé M., Djimé M ; Timbély D., Koné Y. 1996. Cultures en couloirs, rapport du projet collaboratif IER/ICRAF de la période 1991-1995, 17p. - IER, Bamako Mali
- Sidibé M., Timbély D. 1997. Rapport de synthèse des activités du projet collaboratif IER/ICRAF : communication présentée à l'atelier régional SALWA , Niamey, 1997, 31p.
- Tilley J. M. A. et Terry R. A. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grassl. Soc.* 18 : 104-111
- Tingre S.B. and Cherey P. A. 1980. Koobabool (*Leucaena* spp) as a fodder tree in *tropic Indian Bee Journal* , *livestock adviser* pp. 13-16
- Van Soest P. J. and Robertson J. B. 1985. Analysis of forage and fibrous foods. A laboratory Manual for Animal Science 613. Cornell University, 202p.

Annexe 1

RECOMMANDATIONS DE L'ATELIER « JACHERE ET MAINTIEN DE LA FERTILITE » (Bamako, 2 au 4 octobre 1997)

- La « fertilité » ou « aptitude à produire » d'un milieu est une propriété relative à un mode de mise en valeur. Il convient donc de l'évaluer par les résultats des systèmes de culture actuels. L'évaluation des paramètres « génériques » de la fertilité physico-chimique est cependant une première étape pour trier *a priori* les situations avant de passer au diagnostic agronomique proprement dit.
- Compte-tenu du poids de l'héritage écologique et du facteur texture sur la teneur en Matière organique (MO) des sols, la recherche de l'impact des systèmes de culture sur les paramètres génériques de la fertilité par enquête synchrone est délicate. Il faut d'abord travailler sur un nombre de parcelles important. L'effort d'échantillonnage doit être adapté à la variabilité de chaque paramètre. Enfin, il faut utiliser la teneur en éléments fins comme co-variable.
- L'indicateur MO totale et MO/éléments fins, pertinent pour évaluer la fertilité chimique, est d'intérêt controversé pour évaluer la dégradation de la structure, car c'est moins le stock de MO que les processus biologiques qui comptent.
- Il faut tendre à assurer une couverture totale et permanente du sol, assurant la protection de la surface du sol contre les agressions climatiques et un bon recyclage des éléments minéraux. Il faut intensifier les recherches sur les plantes de couverture et prendre connaissance des résultats déjà acquis dans d'autres pays.
- Il faut renforcer des recherches sur le recyclage des nutriments (composition chimique des litières des jachères)
- Il faut privilégier les différents modes de gestion des résidus organiques pour l'amélioration de la fertilité du sol et les différents systèmes de fertilisation pour lutter contre le *Striga*.
- Il faut renforcer des recherches sur les potentiels biochimiques et biophysiques de la micro, méso et macrofaune des jachères. Le fonctionnement biologique (et surtout microbiologique du sol) reste une boîte noire au sein de la jachère ; il serait nécessaire de développer les études sur l'impact des jachères, sur la microbiologie et les bactéries du sol (en particulier celles impliquées dans le recyclage des nutriments) ;
- Des études approfondies et une recherche bibliographique devraient être faites sur *Eucalyptus camaldulensis* en vue de fournir des données (chiffrées) sur son impact sur l'environnement (acidification, dessèchement, appauvrissement du sol) et son utilité.
- Il faut approfondir les connaissances sur les fonctions et le rôle des espèces indicatrices de la fertilité en général et des Andropogonées en particulier en vue de mieux restituer les savoirs scientifiques, les utilités, les utilisations et les connaissances paysannes.
- La jachère arborée ne doit pas avoir pour seul objectif l'amélioration des propriétés physico-chimiques du sol. Sa conception doit tenir compte des aspects environnementaux (microclimat, biodiversité, lutte contre l'érosion), des aspects biologiques du sol (nématodes, mycorhizes, etc.) et des produits forestiers.
- Dans la région sahélo-soudanienne pour la culture du mil, il faut prendre en compte la distribution de la fertilité le long des toposéquences et la variabilité du terrain. Il faudrait concentrer sur les meilleurs endroits les soins de culture (densité élevée de poquets, priorité de sarclage, démarrage, apport de fumure).

- Considérant que la technique du ZAI est une pratique endogène utilisée par les paysans pour assurer une production sur les terres dégradées, considérant que cette technique malgré sa pénibilité est très utilisée au Burkina Faso et se développe dans les pays voisins, face à la pression démographique sur les terres, l'atelier recommande que la recherche développe des stratégies pour améliorer cette technique, la rendre moins pénible par la mécanisation. Il faut aussi évaluer son coût pour une utilisation efficiente.
- De multiples méthodes d'amélioration de la jachère ont été testées au sein du projet ; il serait nécessaire de mieux évaluer en temps de travail ce que cela pourrait représenter et les conséquences potentielles de leur intégration dans les systèmes de production.
- Dans les publications, Il faudrait éviter les appréciations vagues sur la durée des jachères (exemple : « jachère courte », « une jachère moyenne », « une jachère longue ». Il faut mieux préciser la durée de la jachère en terme d'années.
- Il faut mieux caractériser les stations et terroirs où sont conduites les études et expérimentations afin de permettre la comparaison et l'extension des résultats à l'échelle régionale.
- Il faut assurer un équilibre plus satisfaisant entre les analyses de laboratoire et les observations visuelles pour juger d'un état ou d'un résultat d'expérimentation (ex : états de surface ; profil cultural).
- Il faut favoriser les recherches en milieu réel.
- Il est nécessaire de travailler en équipe pluridisciplinaire pour mieux cerner les aspects physiques, chimiques, biologiques du sol avant, pendant, et après les essais sur le cycle culture-jachère.

Annexe 2

Recherche sur l'amélioration et la gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest Projet de l'Union Européenne n° 7 ACP RPR 269

RESUME DU PROJET

L'objectif du projet est de mettre en place un programme d'étude, d'amélioration et de gestion de la jachère au niveau de terroirs villageois dans des pays de l'Afrique tropicale. Il s'agit d'insérer le cycle culture-jachère, ou les modes de substitution à la jachère lorsqu'elle a disparu, dans une stratégie de développement durable.

En effet, en Afrique tropicale, un des systèmes traditionnels de l'utilisation des sols consistait souvent en une phase de culture qui durait de 5 à 15 ans, suivie d'un abandon cultural après la baisse des rendements. Cette seconde phase permettait la remontée de la fertilité grâce à un retour à la savane arbustive ou arborée qui, dans bien des endroits, peut être considérée comme une jachère de longue durée.

Ce système de cycles culture-jachère a bien fonctionné jusqu'à une date récente. Actuellement, les temps de jachère se sont considérablement raccourcis. Parallèlement, les prélèvements de bois et de phytomasse sur les pâturages se sont accrus. Le feu contrarie également la remontée biologique par régénération naturelle, qui est devenue plus lente. L'évaporation et l'érosion prennent de l'importance.

Dans les zones densément cultivées, lorsqu'elle n'a pas disparu, on a limité la jachère naturelle à quelques années, incluses dans l'assolement. On a souvent cherché à compenser la perte de fertilité du sol, suite au raccourcissement de la jachère, par des apports d'engrais et de matière organique. Beaucoup de résultats montrent, à terme, un épuisement des sols, une acidification, et une baisse des rendements malgré l'apport d'engrais. La disponibilité en fumier et en engrais reste très limitée. La jachère joue le rôle de source de bois de feu (commercialisable), de petits fruits ; elle sert de pâturage aux animaux locaux ou transhumants. Même si à terme le recours à la jachère peut diminuer, il subsistera des parcelles qui seront abandonnées suite à la baisse des rendements et qu'il faudra gérer au mieux.

Le programme du projet est très vaste puisqu'il concerne tous les rôles de la jachère (**production** pastorale et ligneuse, **maintien de la fertilité**, influence sur les parasites des cultures, etc.). Par ailleurs, beaucoup d'équipes travaillent non pas sur les méthodes d'aménagement de la jachère naturelle, mais sur les **méthodes de substitution** à la jachère qui tend à disparaître, et sur la réhabilitation de terres laissées en jachère à cause de leur dégradation.

Le projet repose sur des recherches en station, mais surtout sur des recherches en **terroirs villageois**. Sur les 5 pays, une vingtaine de terroirs sont ainsi considérés qui se répartissent selon un gradient climatique (400 à 1200 mm) et selon un gradient d'anthropisation (système agraires très contrastés).

Le projet comporte :

- *des actions de pré-vulgarisation de techniques transférables, grâce à des contrats avec des organisations paysannes ;*
- *des recherches sur de nouvelles techniques (ex : la jachère améliorée agro-forestière) ;*
- *des recherches d'accompagnement (ex : indicateurs d'état de dégradation ou de régénération du milieu, jachère et nématodes, jachère et mycorhization du mil, etc.).*

Le projet se déroule sur 5 ans.

Les pays participant au projet sont les suivants : Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Mali, Niger, Sénégal.

Le projet, patronné par la CORAF, est exécuté par des organismes de développement et de recherche privés ou publics, sous le contrôle d'une institution contractante principale désignée par le pays. L'ORSTOM, initiateur du projet, a une mission d'assistance technique et scientifique. D'autres organismes européens interviennent par des consultations ou des sous-contrats : CNRS, CIRAD, etc.

Ce projet est financé (1994-1999) par l'Union Européenne DG VIII (2.800.000 Ecus) et par des fonds propres des organismes participants.

Un projet complémentaire (1994-1998) est financé par la DGXII (430.000 Ecus) : « Raccourcissement du temps de jachère, biodiversité et développement durable, en Afrique centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Mali, Sénégal) ».

La dynamique de recherche coopérative en réseau entre les 5 pays est bien lancée. Réseau complexe, puisqu'au total, une cinquantaine d'organismes de recherche ou de développement africains et européens sont concernés. La formation au niveau universitaire est également active puisqu'une trentaine de thèses ont été mises en place autour du thème de la jachère. Ceci a ouvert la collaboration avec de nombreuses universités africaines et étrangères.

Institutions responsables

CORAF (Secrétariat Exécutif, Dakar)

Burkina Faso (CNRST)

Cameroun (IRA)

Côte d'Ivoire (IDEFOR)

Mali (IER)

Niger (Faculté d'Agronomie)

Sénégal (ISRA/DRPF)

France (ORSTOM, CIRAD)

Coordination régionale

Christian Floret, ORSTOM - BP 1386 - Dakar.

Tél. : (221) 832 34 80 Fax : (221) 832 26 98.

Improvement and management of the fallow lands in West Africa (European Union Project n° 7 ACP RPR 269)

SUMMARY

The object of this project is to set up a program for the improvement and the management of village fallow land in West Africa. The aim of the Program is the integration of the crop/fallow cycle or a substitution for fallow, within the strategy of a sustainable development plan.

At the moment the traditional system of soil management in tropical Africa consists of the continual use of land during a period of five to fifteen years followed by its abandonment due to a drop in crop yield. This latter phase allows for the eventual increase in soil fertility due to the savanna bush and woodland which in certain areas could be considered as a long term fallow period.

This system of cycles crop/fallow was working well just until quite recently. In actual fact the length of time for the fallow period has been considerably shortened. At the same time the removal of wood and phytomass on grazing land has risen. Fire outbreaks also counteract the biological recovery by natural regeneration, slowing down this process even further. Additionally evaporation and erosion take a major role.

In densely cultivated areas where the crop/fallow system is used, the fallow system is limited to a few years which are included in the rotation. Fertiliser and organic material have often been used to compensate for the loss in soil fertility due to the shortening of the fallow period. Despite the use of fertiliser the results of much research show in the long run, an impoverishment and acidification of soils and a drop in crop yield. The availability of manure and fertiliser is also very limited. The fallow period provides an important source of firewood (marketable), small fruits, also providing a grazing area for local animals and transhumants. Even if in the end the practice of fallowing diminishes there still remains plots of abandoned land after a drop in yield which must be better managed.

The program for the project is expansive because it incorporates all the different functions of fallow management (pastoral and lignous production, the fertility maintenance, the influence of parasites on crops etc). In addition to this many research teams rather than working on methods for organisation of fallow land, are working on its substitution and the rehabilitation of the abandoned plots that have been left fallow because of their degradation.

The project relies on research at the agricultural station but most important is the research on village land plots. Out of five countries, twenty plots of land have been chosen which are distributed along a climatic gradient of 400-1200m and a gradient of anthropisation (with highly contrasting agrarian systems).

The project includes:

- Briefing of techniques that can be passed on due to contracts with rural organisations.
- Research on new techniques (ex. Improved fallow management through agro-forestry).
- Auxiliary research (ex. indicators to measure the state of degradation or regeneration of the environment, fallow land and nematodes, fallow land and the mycorrhisation of millet).

The study will take place over a period of five years and the participating countries are : Burkina Faso, Ivory Coast, Mali, Niger and Senegal. CORAF is heading the project which is carried out by either public or private organisations for development and research. This is controlled by a major institution chosen by each respective country. ORSTOM being the initiator of the project gives technical and scientific assistance. Other European organisations are involved by consultation or by sub-contracts: CNRS, CIRAD, etc.

The finance (1994 -1999) is provided by the European Union « Direction Generale VIII » (2. 800.000 Ecus) and by the respective funds of each the participating organisations.

A complementary project (1994 -1998) is financed by the « Direction Generale XII » (430.000 Ecus). It is entitled : The shortening of the fallow period, biodiversity and sustainable development in Central Africa (Cameroon) and West Africa (Mali, Senegal).

This collaboration of research which networks between five countries is well underway. Round fifty African and European organisations for research or development are involved and provide a complex network. The training at university level is also considerable as there are at least thirty thesis being produced on the subject of fallow land, thus permitting the exchange of knowledge between the universities on each side of the continent.

Heading institutions

CORAF (Executive Office, Dakar)
CNRST (Burkina Faso)
IRA (Cameroon)
IDEFOR (Ivory Coast)
IER (Mali)
Faculty of Agronomics (Niger)
ISRA/DRPF (Senegal)
ORSTOM/CIRAD/CNRS (France)

Regional Coordination

Christian FLORET, ORSTOM - BP 1386 - Dakar.
Tel : (221) 832 34 80. Fax : (221) 832 26 98.