

Matières Organiques et Activités Biologiques dans les sols tropicaux des cycle Culture-Jachère

Masse D. *, Hien V. **, Bilgo A. **, Diatta M. ***, Manlay R.J. **** Chotte J-L. *****,

- * IRD, BP182, Ouagadougou, Burkina Faso
- ** INERA, BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso
- *** ISRA, BP 3120, Dakar, Senegal
- **** ENGREF, BP 44494 - 34093 Montpellier Cedex 5, France
- ***** IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France

RESUME

La jachère, état d'une de la terre d'une parcelle entre la récolte d'une culture et le moment de la mise en place de la culture suivante, est ainsi une phase de restauration d'un écosystème dont l'état final doit procurer des conditions de fertilité renouvelées pour la culture suivante, en particulier un milieu assaini et des éléments nutritifs plus abondants, plus disponibles et plus accessibles aux racines.

Dans le cadre des programmes régionaux coopératifs sur « la Jachère en Afrique Tropicale », de nombreux sites ont fait l'objet d'investigations concernant les bio-indicateurs de fertilité des sols dans le cycle culture-jachère. Les stocks de matière organique, l'abondance et la diversité des principales composantes biotiques des sols au cours des différentes phases culturales ou de jachère ont été caractérisés sur plusieurs sites : Sare Yorobana et de Sonkorong au Sénégal, et de Bondoukuy dans la région Ouest du Burkina Faso.

Concernant l'évolution des teneurs en matière organique des sols, il est montré que les techniques culturales ou les modes de gestion pratiqués à l'échelle des cycles culture/jachère semblent plus importants à prendre en compte que les principales séries agro-écologiques décrites, que sont la culture itinérante ou permanente. Des modèles conceptuels ont été proposés pour interpréter la faible réponse des stocks de carbone des sols sableux à la jachère, en réévaluant le rôle biologique joué par le carbone. Dans ces sols tropicaux sableux, la biosphère contrôle fortement les propriétés physiques du sol et la disponibilité en éléments minéraux pour la plante. Les systèmes racinaires pérennes des ligneux, ou les apports de fumure organique exogène, sont nécessaires au maintien de l'intégrité fonctionnelle de l'écosystème sol. Les entrées de carbone que représentent ces systèmes assurent la fourniture de l'énergie et des éléments minéraux nécessaires à l'entretien des communautés biologiques des sols.

La dynamique des groupes microbiens ou fauniques apparaît contrastée. Alors que la biomasse microbienne ou la diversité des champignons mycorhiziens (relation avec une diminution de la diversité végétale) semblent diminuer, l'abondance des nématodes phytoparasites reste constante. Néanmoins, la structure du peuplement est fortement affectée, la jachère favorisant l'apparition d'espèces les moins pathogènes pour les cultures. Pour les termites, l'abondance des différents groupes trophiques évolue au cours des différentes phases du cycle culture-jachère. Les indicateurs de restauration des sols définis à partir de l'évolution de certains groupes biologiques apparaissent ainsi pertinents dans le cadre du cycle culture-jachère.

Concernant les alternatives au raccourcissement du temps de jachère, l'utilisation d'espèces végétales améliorantes basées sur des systèmes racinaires abondants comme les graminées pérennes ou la production de matières organiques de bonne qualité comme les légumineuses ligneuses a été testée.

INTRODUCTION

La gestion durable des sols est un thème majeur de la recherche agronomique et pédologique. L'identification d'indicateurs de la qualité des sols par rapport à un usage donné (agriculture, foresterie...) est nécessaire pour assurer cette gestion durable à la fois par les agriculteurs, les aménagistes ou les décideurs.

La matière organique est un constituant essentiel des sols. Elle lui confère des propriétés physiques en participant au maintien de sa structure, chimiques par la constitution de réserves disponibles pour les plantes et les animaux d'éléments nutritifs ou énergétiques. Pour ces raisons, la matière organique des sols est considérée comme un indicateur important participant à la définition de la fertilité des sols.

Le sol abrite de nombreux organismes vivants. Ils agissent sur les autres constituants des sols en consommant par exemple des matières organiques et en excréant des produits organiques secondaires. Certains animaux, comme les termites, peuvent transformer les minéraux tel que les argiles. Ces organismes pour constituer leur habitat modifient également la structure des sols. Enfin, certains sont des pathogènes pour les plantes cultivées. Ces organismes vivants interviennent donc également dans la définition de la qualité d'un sol pour un usage agricole ou pour définir des aménagements durables.

Dans les régions soudaniennes et soudano-sahéliennes d'Afrique de l'Ouest, la gestion de la fertilité était généralement basée sur l'alternance d'une phase de culture suivie d'une période de jachère plus ou moins longue. Ces jachères interviennent dans la reconstitution des éléments de fertilité des sols. Les modifications dans les jachères sont essentiellement du fait de la dynamique de la végétation après défriche : les productions ligneuse et herbacée définissent de nouveaux cycles des matières organiques, et de ses déterminants biologiques, la dynamique de la végétation après défriche élimine les adventices ... etc. Toutefois, ces transformations pendant la période de la jachère sont déterminés par les modes de gestion de ces jachères : le pâturage, les prélèvements divers ou les feux modifient la dynamique végétale après abandon cultural (Figure 1). Les techniques agricoles utilisées au cours du précédent cultural à la jachère déterminent également les dynamiques des différents paramètres d'évolution de la qualité des sols : un dessouchage total après défriche d'une savane ou d'une jachère limite la capacité de régénération des ligneux. Enfin, à l'échelle du paysage, les jachères et les parcelles cultivées constituent une mosaïque jouant un rôle essentiel sur des déterminants environnementaux (ruissellement ou d'érosion, biodiversité).

Dans le cadre du programme Jachère mené entre 1994 et 2001 sous la direction de Roger Pontanier en tant que responsable d'unité de recherche de l'ORSTOM puis de l'IRD, des travaux ont été réalisés dans différents pays d'Afrique de l'Ouest sur la qualité des sols en fonction de leur mode de gestion. L'évolution des matières organiques du sol et des paramètres biologiques des sols au cours du cycle culture-jachère ont été des opérations de recherche majeures du programme Jachère. Cet exposé reprend les principaux résultats obtenus au cours de ces 10 dernières années sur les matières organiques et l'activité biologique dans les sols de jachère et de culture en Afrique soudano-sahélienne.

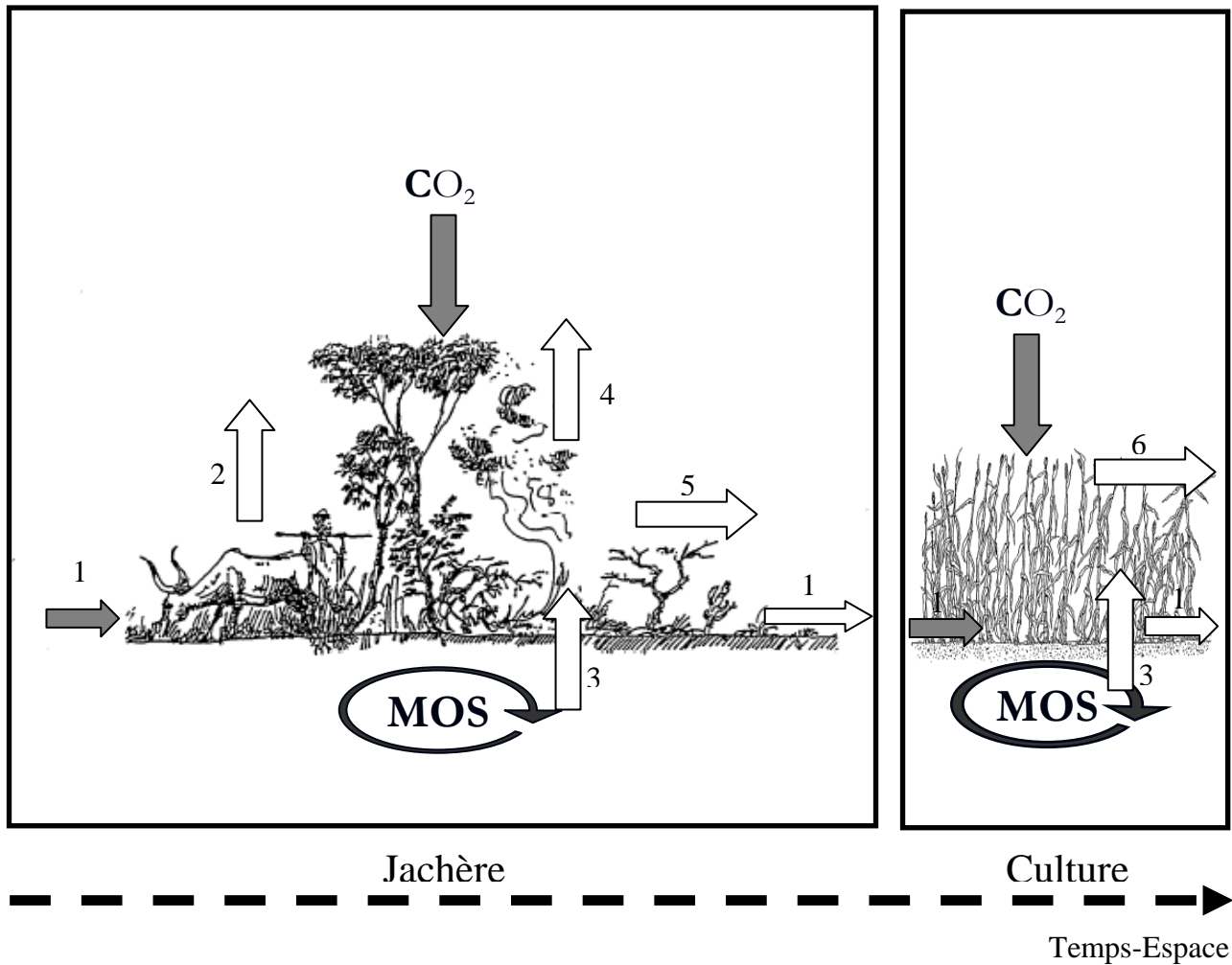


Figure 1 : Cycle Culture-Jachère dans les régions soudano-sahéliennes et soudaniennes en Afrique de l'Ouest. Représentation simplifiée du cycle du carbone.

1. Erosion
2. Activité biologique (notamment des animaux domestiques)
3. Activité biologique des sols
4. Feux
5. Prélèvements (cueillette, bois énergie, bois d'oeuvre)
6. Récolte

Trois terroirs étudiés au Burkina Faso et au Sénégal

Le programme Jachère en Afrique de l'Ouest a fait l'objet de nombreuses investigations concernant différentes disciplines et surtout de nombreux modèles de terrain. Cependant, deux sites particuliers ont fait l'objet d'une approche systémique permettant entre autres d'obtenir des données sur diverses situations :

- Le terroir de Sonkorong représentatif du Bassin Arachidier dans le centre du Sénégal.

- Cette grande zone agroécologique appartient au domaine soudano-sahélien (pluviosité annuelle 500-800 mm). Cette zone caractérisée par une forte pression foncière liée à la culture de l'arachide. Elle présente de nombreuses contraintes au développement agricole et rural : sécheresse, érosion éolienne et hydrique, dégradation du couvert ligneux et herbacée, extension des terres dégradés. On assiste alors à une diminution des rendements, un déficit fourrager et une pénurie de bois-énergie et de bois d'œuvre.
- Le terroir de Sare Yorobana en Haute Casamance (Sénégal) appartient au domaine soudano-sahélien avec une pluviosité annuelle de 800 à 1000 mm. Elle est caractérisée par une pression anthropique relativement peu élevée avec des faciès végétaux encore diversifiés (jachère longue, savane boisée, forêt sèche). Dans cette zone à vocation agro-sylvo-pastorale, la production arachidière et cotonnière se développe rapidement.
- Le terroir de Bondoukuy au Burkina Faso, au climat nord soudanien au sud soudanien (800-1000 mm), est caractérisé par une pression foncière de plus en plus forte. Le système de production est à base de coton à l'Ouest et céréalière au Sud-Ouest. Le développement de la culture de coton attire des migrants en provenance de la zone nord. Les sols cultivés, en général de nature sablo-limono-argileuse plus ou moins lessivés perdent de plus en plus leur fertilité par appauvrissement de la matière organique.

Sur ces deux sites des études ont été menées sur les dynamiques agraires, ainsi que les dynamiques des sols et des végétations dans les parcelles de jachère ainsi que sur les parcelles cultivées. Dans le cadre de cet exposé on s'intéressera plus particulièrement aux teneurs en carbone des sols en tant qu'indicateur de mesure de la matière organique des sols. La partie supérieure des sols (0-10 cm) à l'interface du système sol-plante, et qui subit donc les modifications les plus importantes, est privilégiée dans notre analyse. Les méthodes d'analyse dans des sols tamisés à 2mm du carbone total sont identiques dans les deux études (méthode Walkley-Black).

Teneurs en carbone total dans les sols des parcelles de jachère et de culture

Les teneurs en carbone total des sols (0-10 cm) sont représentés sur la Figure 2 en fonction de la teneur en éléments fins du fait de la forte corrélation entre argile et teneur en carbone (Feller & Beare, 1997). Si on observe dans un premier temps les teneurs en carbone des sols des jachères de longue durée (>10 ans) des trois sites en y incluant tous les types de sol, on peut distinguer deux droites de régression entre carbone et éléments fins du sol. Ouattara & Serpantié définissent à travers l'analyse de l'occupation des parcelles comme deux séries agro-écologiques distinctes : l'une correspondrait à des parcelles proches de formations forestières et qui subissent peu de périodes de culture (« droite des forêts »), l'autre indiquerait un équilibre de savanes où la culture itinérante a été largement pratiquée (« droite des savanes ») (Ouattara *et al.*, 1997). Ces deux types de sol qui se distinguent par le mode de gestion conserveraient des matières organiques du sol caractéristiques de leur système. Si on représente les teneurs en carbone de jachère d'âge inférieur à 10 ans et de parcelles cultivées, on remarque que les points se répartissent autour de ces droites.

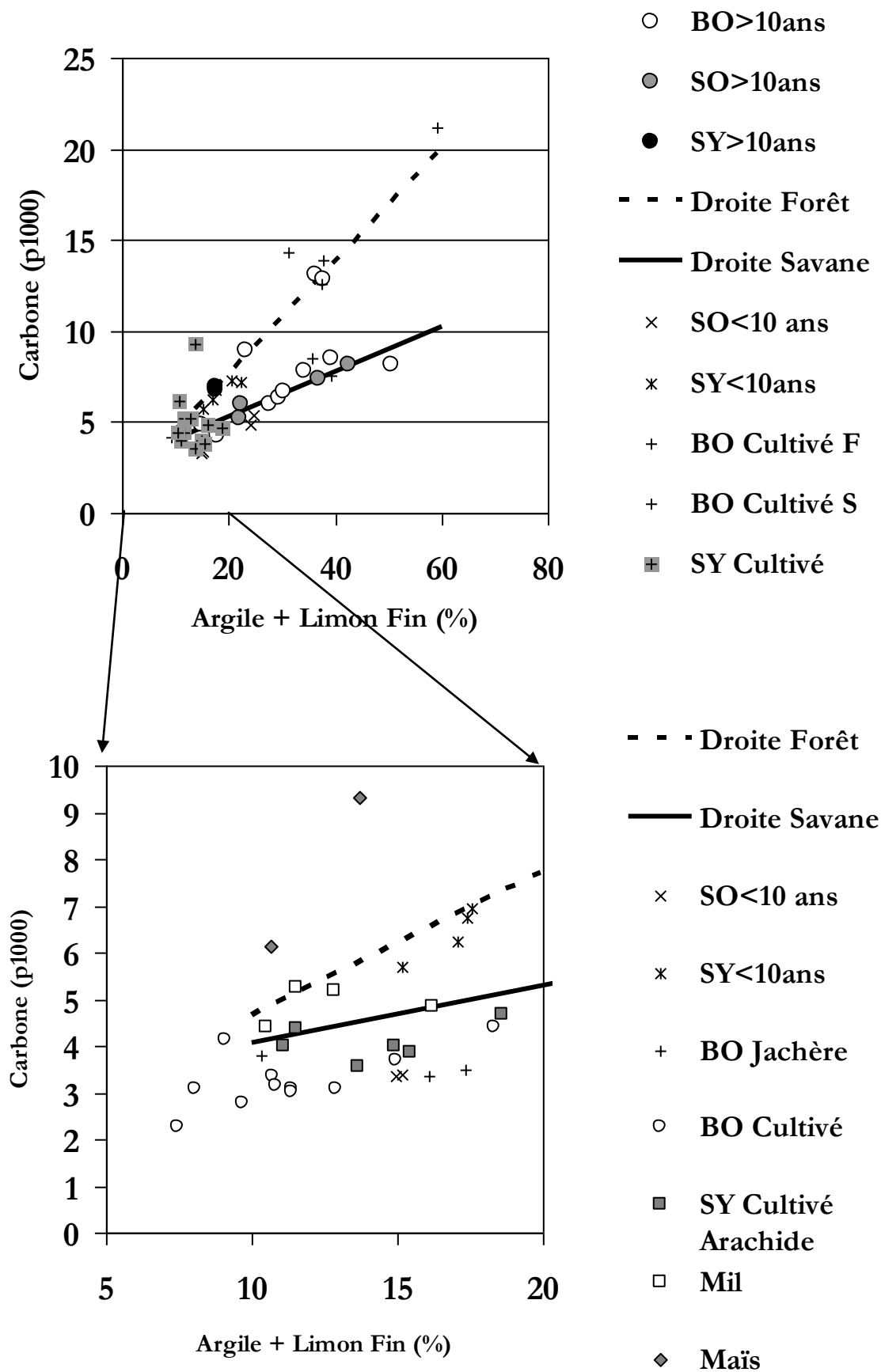


Figure 2 : Teneurs en carbone des sols (mg.kg-1) en fonction de la texture pour différentes parcelles de jachère et de culture sur les sites de Bondoukuy BO (Burkina Faso), Sonkorong SO et Sare Yorobana SY (Sénégal).

En revanche, n'apparaît pas de différences entre les occupations au moment du prélèvement ; parcelles cultivées ou jachère ne présentent pas de teneur en carbone significativement différente (relativement à leur teneur en éléments fins).

Si on se concentre sur les sols les plus sableux, qui sont les sols les plus représentés dans les zones étudiées, il apparaît que les différences sont peu significatives entre les différents modes d'occupation culture ou jachère. Seules deux points se distinguent avec des teneurs en carbone relativement élevé. Ils représentent des champs de case qui ont des sols fortement amendés en matières organiques provenant des habitations ou des animaux domestiques.

Ces résultats indiqueraient la mise en place d'un équilibre du statut organique des sols largement tributaire d'un passé culturel et écologique assez lointain, mais beaucoup moins influencé par le passé culturel récent (10-15 ans). Cette différence serait d'autant plus importante que les teneurs en argile et limon fin seraient élevées. Le retour d'un sol, qui a subi de nombreux cycles culturels et qui se situerait dans un système de savane, à un équilibre originel semblerait alors extrêmement difficile qui ne pourrait pas être atteint après des jachères de moyenne durée (10-20 ans). Ces hypothèses restent à vérifier, de même qu'une caractérisation plus précises des formes de ces matières organiques dans les deux systèmes décrits.

L'autre interprétation de ces résultats est que les matières organiques dans les sols sableux étant peu protégées de la minéralisation (notamment physiquement), les sols de ces agro-systèmes ne sont pas en mesure de stocker de la matière organique. Les flux des matières dans les sols sont extrêmement rapides, et par conséquent fortement tributaire des entrées (en quantité et en qualité), et des acteurs biologiques de la décomposition. Les jachères ont donc un rôle majeure à l'échelle du terroir comme zone de production de matière organique (production primaire) qui sera transféré soit spatialement (transfert par les animaux domestiques, l'homme) soit temporellement (rotation culture jachère) (Manlay, 2000).

Flux de carbone à l'échelle d'un terroir agricole de Haute-Casamance

Une étude a été menée entre 1994 et 1999 sur le terroir de Sara Yorobana en Haute Casamance au Sénégal. Ce terroir agro-sylvo pastoral présente une organisation en auréole autour du village, assez classique en zone soudanienne et soudano-sahélienne.

L'observation du système complet sol-plante par classe d'âge de jachère montre que la succession postculturelle est avant tout un processus cumulatif de biomasse, puisque de 26 tCha⁻¹ accumulées dans les jachères anciennes, une tonne provient du sol (Figure 3). Les propriétés physico-chimiques du sol évoluent peu. Le stockage du carbone a lieu aussi bien dans la fraction grossière sableuse que dans la fraction argilo-limoneuse, ce qui est inattendu dans ces sols sableux. La défriche, durant laquelle les herbes, les rameaux et les feuilles sont brûlés et les troncs exportés au village, entraîne une perte de plus de 50 % du capital minéral accumulé dans la biomasse.

A partir des mesures des stocks de matières organiques (sol, végétation) dans les différentes parcelles selon leur mode d'occupation, et une évaluation des transferts de matières organiques entre les différentes parcelles ou village, Manlay et al. (Manlay *et al.*, 2002a ; Manlay *et al.*, 2002b ; Manlay *et al.*, 2002c ; Manlay *et al.*, 2004b ; Manlay *et al.*, 2004c) ont pu établir un bilan de carbone, d'azote et de phosphore à l'échelle du terroir (Figure 4). L'auréole de brousse est la principale source de carbone du village, sous la forme de nourriture, de bois et de foin. Mais en raison de sa superficie étendue, les sorties de carbone ne représentent encore que 8,9 % des stocks de carbone dans la biomasse aérienne, litière non comprise (Manlay, 2000). Dans cette auréole, la perte de carbone est forte dans les champs cultivés (75 % du carbone dans la biomasse aérienne

BA) et faible dans les jachères (3,2 % de carbone dans la BA). Des valeurs élevées ont aussi été enregistrées pour les cultures vivrières des champs de case (65 %) et des rizières (68 %). Mais la redistribution du carbone bénéficie à l'auréole de case aux dépens des autres auréoles. Les apports en carbone dans les cultures vivrières de cette auréole (3,8 tC ha 1 an 1) sont plus importants que les quantités généralement préconisées pour compenser la minéralisation du carbone organique du sol.

Selon la dynamique des éléments minéraux, les sorties d'azote et de phosphore ont été bien équilibrées entre les champs de culture pluviale et les autres systèmes d'utilisation de l'espace, mais ces champs cultivés ont représenté 74 % des pertes d'azote et de phosphore, dont la presque totalité a bénéficié aux cultures vivrières, entraînant là un bilan positif en azote et en phosphore. Ainsi, le système actuel agit comme un impluvium pour le carbone et les nutriments, puisqu'il draine les ressources organiques des zones périphériques vers les cultures vivrières pluviales. En outre, le modèle d'organisation en auréoles permet une culture continue et durable de céréales à des rendements relativement élevés sur 7 % de la surface gérée par le village

D'un point de vue biogéochimique, la jachère et la fumure animale diffèrent dans le sens où la jachère constitue un processus vertical d'accumulation du carbone et, dans une moindre mesure, de l'azote et du phosphore, alors que la fumure est une simple redistribution de matière. Cependant, l'établissement de flux stables d'énergie, de carbone et de nutriments maintient aussi la durabilité du système agropastoral de Sare Yorobana à un niveau plus global que celui de la parcelle. Des transferts significatifs de matière organique sont nécessaires depuis les aires périphériques pour assurer l'équilibre minéral des cultures permanentes de l'auréole de case.

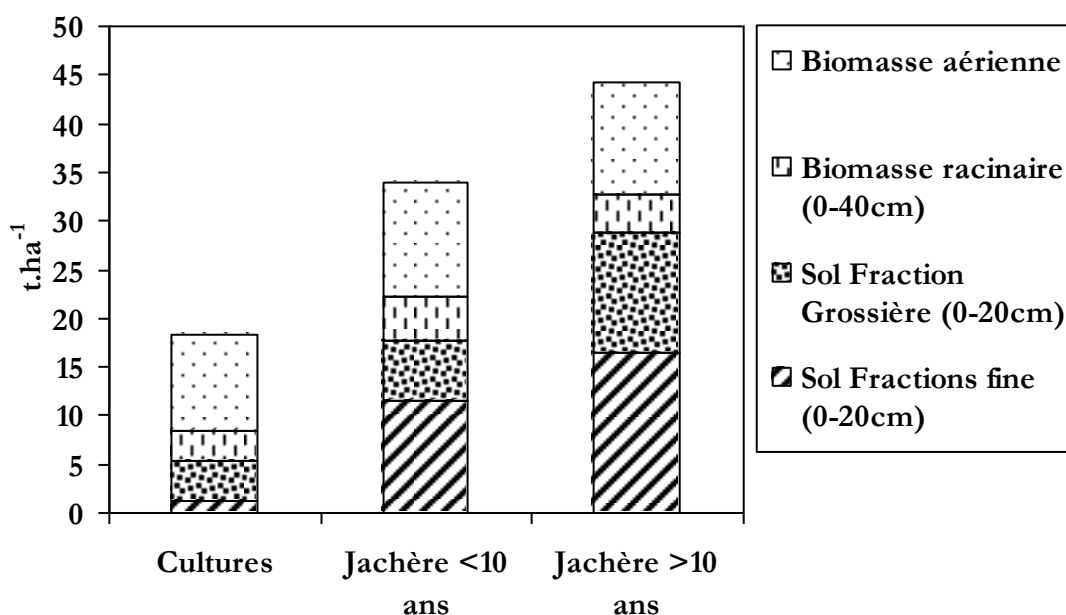


Figure 3 : Stocks de carbone (tCarbone.ha⁻¹) dans le système sol-plante des parcelles cultivées et en jachère sur le terroir de Sare Yorobana (Haute Casamance, Sénégal).

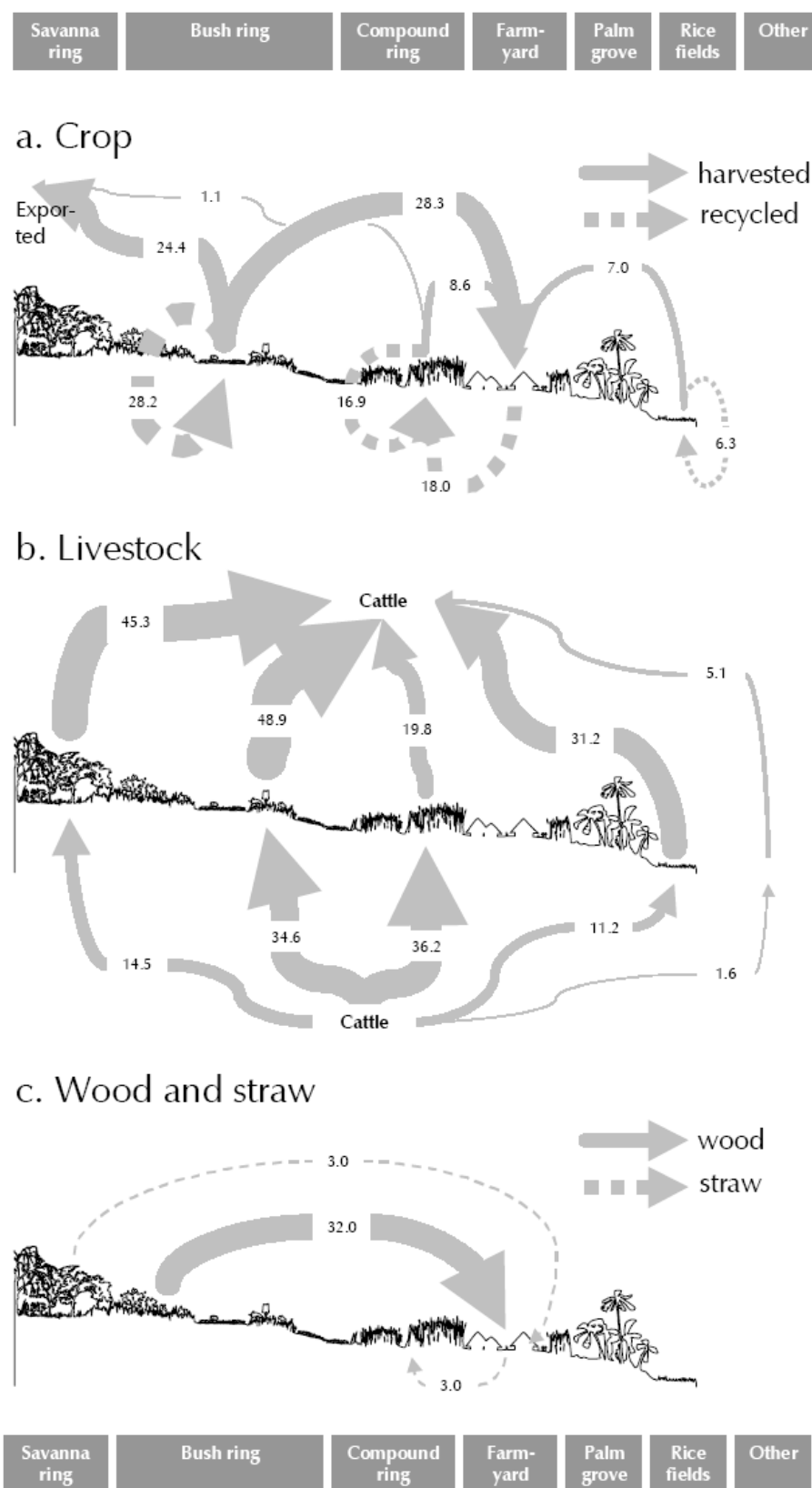


Figure 4 : Flux anthropogéniques de carbone (tonnes) établis de novembre 1996 à novembre 1997 à Sare Yorobana (Haute Casamance, Sénégal).

Les flux liés au bétail concernent la saison sèche uniquement. La largeur des flèches est proportionnelle à la valeur du flux. (d'après Manlay (2000).

Biodiversité dans les sols des jachères

L'augmentation limitée du carbone organique dans les sols sous jachère, voire dans les sols cultivées fortement fumées, ainsi que des décompositions racinaires très rapides mesurée in situ (Manlay *et al.*, 2004a), indique l'existence de puits biologiques de carbone important dans les sols des agrosystèmes (Manlay, 2000). L'activité biologique apparaît un élément essentiel dans le rôle des jachères sur les propriétés des sols et la définition de leur qualité. Plusieurs équipes participantes au programme Jachère ont effectuées des travaux sur différents groupes biologiques du sol dans les jachères.

Macrofaune du sol

Sur les sites expérimentaux de Sonkorong et Sare Yorobana au Sénégal, la macrofaune totale des sols de jachères d'âge différent a été évalué selon la méthode TSBF (Sarr *et al.*, 1998 ; Chotte *et al.*, 2000 ; Fall *et al.*, 2000 ; Lavelle *et al.*, 2000). (La figure 5) montre la forte variabilité de la densité totale de la macrofaune qui semble toutefois se stabiliser avec la durée de la jachère. Les groupes les plus abondants sont les termites et les fourmis. La densité des termites, ainsi que celles de la plupart des groupes, ont tendance à augmenter avec l'âge de jachère ainsi qu'avec la mise en défens des parcelles. Les groupes fonctionnels définis à l'intérieur des différents groupes taxonomiques présentent des dynamiques plus marquées par rapport au temps de mise en jachère (Figure 6). Ainsi, les vers endogés géophages apparaissent plus abondants dans les jachères anciennes avec toutefois une tendance à la diminution dans les jachères plus anciennes (30 ans). En revanche, les vers épigés qui vivent et se nourrissent principalement dans la litière sont plus présents dans les anciennes jachères comparativement aux jachères plus jeunes. De même pour les termites, la dynamique des différents groupes trophiques différent selon l'âge de jachère. Alors que les champignonistes, tel que *Microtermes hollandei* sont les plus abondants principalement dans les jachères de courte durée, les humivores comme *Ancistrotermes crucifer*, second groupe par leur abondance, sont particulièrement fréquents dans les jachères de longue durée (Figure 6).

La diversité des nématodes dans les jachères au Sénégal

Les jachères ont également un rôle d'assainissement des terres après une période de culture. Les adventices sont éliminées dès les premières années de jachère (Fournier *et al.*, 2000). De même, les nématodes phytoparasites constituent une des contraintes importantes dans la production agricole. L'influence de la jachère naturelle sur le développement des nématodes phytoparasites a été étudiée au Sénégal (Cadet & Floret, 1995 ; Cadet *et al.*, 2000 ; Cadet *et al.*, 2005).

Aucune variation significative du nombre totale de nématodes phytoparasites n'est enregistrée entre les différentes situations (culture ou jachère). En revanche la diversité spécifique s'accroît avec l'âge de jachère et surtout la structure spécifique des nématodes phytoparasites est profondément modifiée (Figure 7). Les espèces pathogènes dominantes dans les parcelles cultivées telle que *Scutellonema cavenessi* toujours présente dans les vieilles jachères mais sont nettement moins abondante. D'autres espèces dominant alors la population des nématodes telle que *Helicotylenchus dihystera*. Des essais ont permis de montrer que les cortèges d'espèces que l'on retrouve dans les jachères âgées sont beaucoup moins pathogènes que les populations des parcelles cultivées ou de jeunes jachères (Villenave & Cadet, 2000). L'accroissement de la diversité spécifique et le changement dans la composition spécifique sont synonymes de baisse de l'effet pathogène, indépendamment du nombre de parasites présents. Les résultats obtenus indiquent qu'il suffirait de maîtriser la composition spécifique d'un peuplement de nématodes pour diminuer son effet pathogène plutôt que de chercher par des moyens chimiques à éradiquer totalement les nématodes phytoparasites.

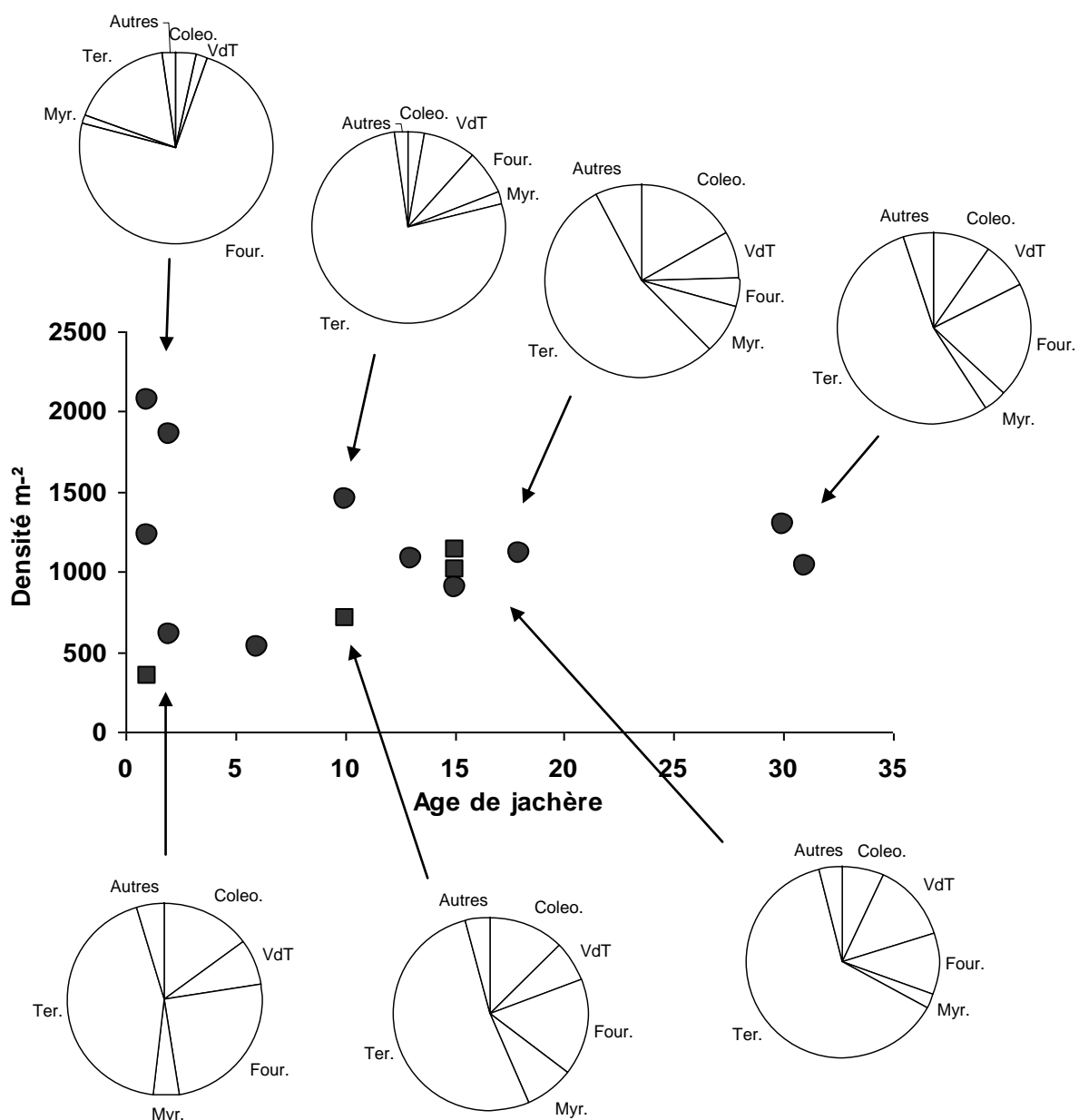


Figure 5 : Diversité et densité de la macrofaune totale en fonction du temps de jachère sur les terroirs de Sare Yorobana (rond noir) et Sonkorong (carré noir) évaluée par la méthode TSBF. Ter termites ; Myr myriapodes ; Four fourmis ; VdT vers de terre ; Coleo coleoptères. (d'après Fall et al. (2000), et Lavelle et al. (2000))

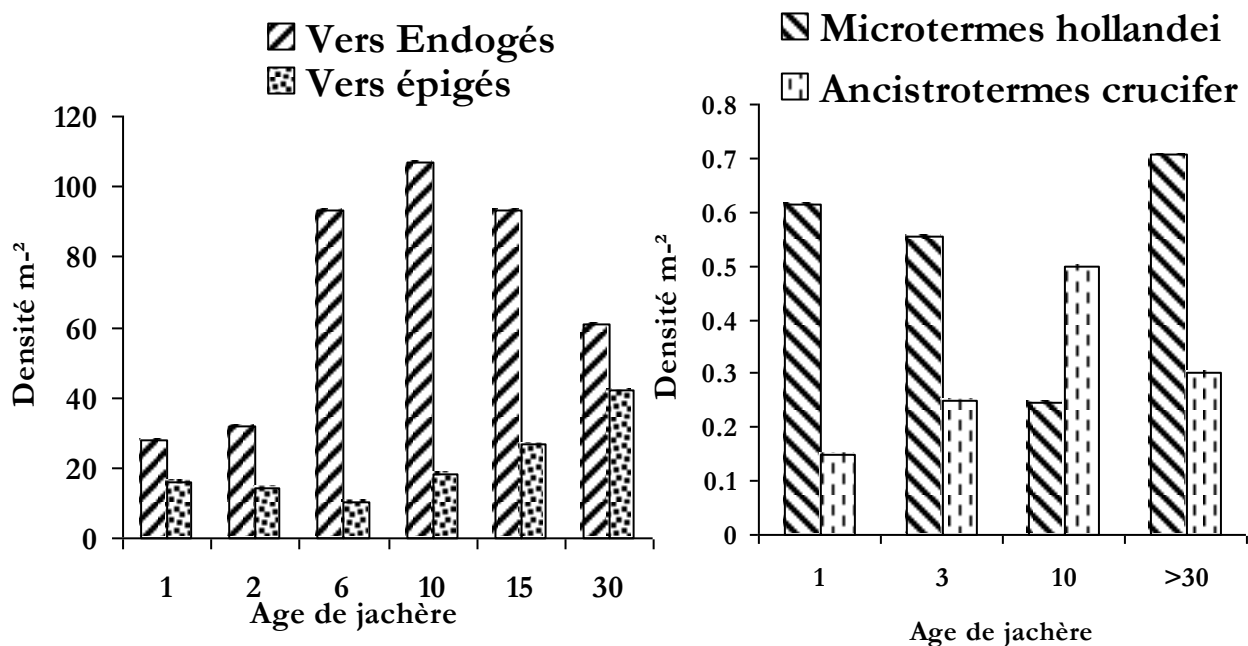


Figure 6 : Densité des groupes biologiques de vers de terre (graphe de gauche) et de termites (graphe de droite) en fonction de l'âge de jachère sur le terroir de Sara Yorobana (Sénégal) (d'après Fall *et al.* (2000) et Sarr *et al.* (Lavelle *et al.*, 2000 ; , 2000))

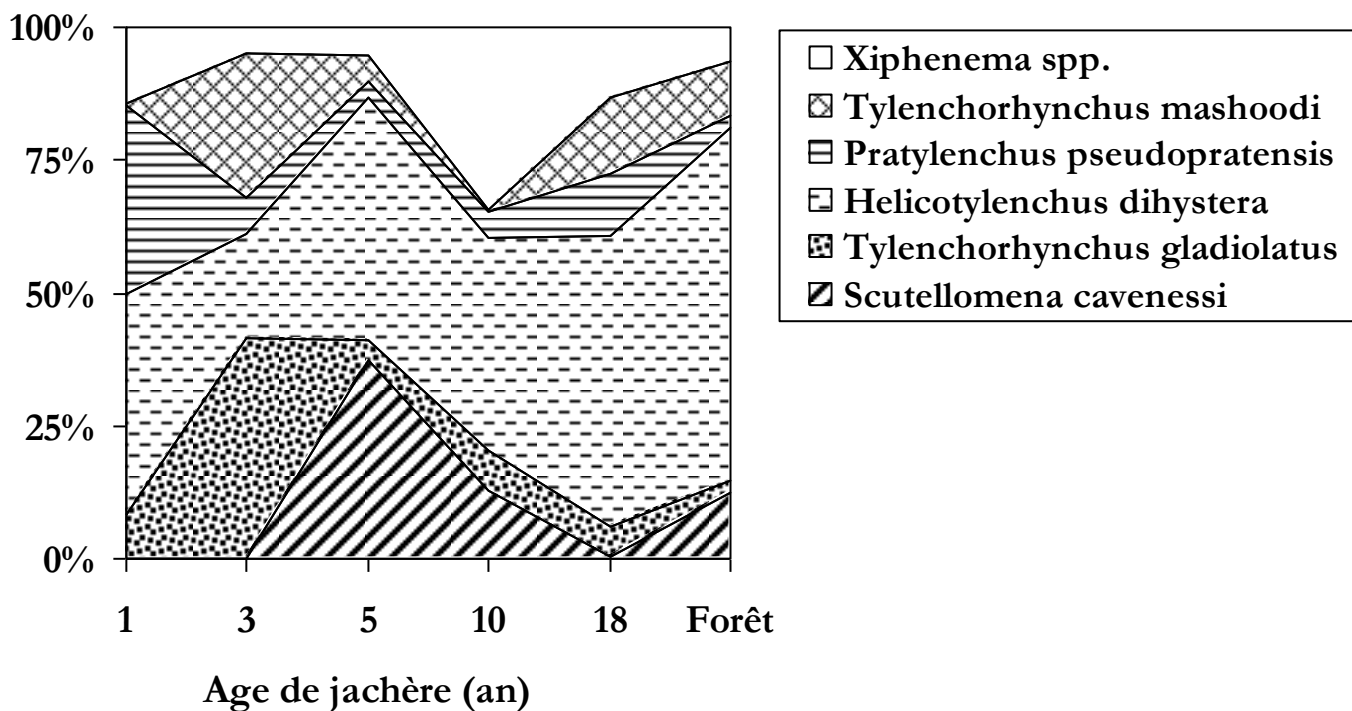


Figure 7 : Structure du peuplement de nématodes phytoparasites dans différentes jachères de différents âge et dans une formation forestière au Sénégal (d'après Cadet *et al.* (2000).

Activité et diversité microbienne dans les sols de jachère

Champignons mycorhiziens

Dans les sols des différentes jachères du site de Sonkorong, le genre *Glomus*, dont les spores sont marron à marron foncé, est le plus abondant ; il représente plus de 93% du nombre total moyen de spores (116,4 spores 100g⁻¹ dans la jachère de douze ans anthropisée et de 418,8 spores 100g⁻¹ dans la jachère de quatre ans protégée) (Duponnois *et al.*, 2000). Pour *Glomus*, le nombre moyen de spore le plus élevé a été enregistré dans les jachères de 4 ans (de 224 à 382,4 spores.100 g⁻¹ de sol) et le plus bas dans la jachère de 12 ans (110,4 spores.100 g⁻¹ de sol). *S. verrucosa* a été détecté en abondance dans le sol de la jachère protégée la plus ancienne (20 ans, protégée). L'abondance des spores est fortement corrélée à la texture et aux caractéristiques chimiques du complexe d'échange des sols des différentes jachères ; la présence de *S. verrucosa* est liée aux sols à texture grossière alors que les glomales sont observées dans des sols les plus argileux. L'abondance de ces groupes est aussi liée à certains éléments chimiques du sol ; la présence des glomales est corrélée positivement aux teneurs en magnésium, en calcium et en phosphore, alors que celle de *S. verrucosa* et de est corrélée positivement à la teneur en phosphore.

De longues périodes d'abandon des cultures aboutissent généralement à une diminution de la présence et de l'activité de la symbiose mycorhizienne. Les résultats obtenus dans ce programme indiquent que le nombre de spores est maximal dans les jachères de moins de cinq ans. Cela suggère que le phénomène symbiotique peut être optimisé sur une courte période lorsque la végétation est protégée de l'impact des populations (feux de brousse, passage de troupeaux, etc.).

Biomasse et diversité microbienne

Des mesures dans les sols de Sonkorong et de Sare Yorobana au Sénégal indiquent peu de variations dans les premiers centimètres de sol de modification majeure de la biomasse microbienne en fonction de l'âge de la jachère (Figure 8). Toutefois, une mise en défens total pendant plus de 10 ans révèle une augmentation de la biomasse microbienne. Cet effet de la jachère relativement faible peut être attribué, corrélativement à l'évolution de la matière organique des sols, à la nature sableuse des sols étudiés (N'Dour *et al.*, 2000).

L'activité enzymatique mesurée sur ces mêmes sols révèle une augmentation des activités phosphatases, hétérosidases (β Glucosidases) et polysaccharidases en fonction de l'âge de la jachère. L'effet est nettement plus important dans les sols prélevés sous la canopée des arbres dans les jachères anciennes (N'Dour *et al.*, 2001). L'activité potentielle de fixation d'azote a été comparée entre des jachères de 3 ans et des jachères de longue durée (19 ans). Le gain enregistré sur la durée de la jachère serait de l'ordre de 90% ; cette amélioration serait le fait d'une augmentation de l'activité potentielle de fixation de l'azote pour l'essentiel dans les fractions plus grossières de ces sols (>50 μ m) (Chotte *et al.*, 2002).

Conclusion

La biodiversité des organismes vivants dans le sol évolue au cours de la période d'abandon cultural dans les systèmes de rotation culture jachère. Si spécifiquement peu de changement significatif apparaissent, il semble bien que, pour la plupart des taxons, la structure des peuplements à l'image des nématodes soient modifiés et fasse apparaître la domination de certains groupes fonctionnels ou trophiques. Ces évolutions sont déterminées par la nature des sols. En ce sens, la dominance de sols sableux dans les régions soudaniennes et soudano-sahéliennes limite l'effet des jachères sur les modifications de la qualité biologique des sols. Enfin, les arbres ont un rôle important dans les transformations des sols notamment à travers la litière et le système racinaire qui créent des conditions favorables à une amélioration de la diversité et l'activité biologique ; les espèces

herbacées ayant moins d'effets sur les sols (Masse et al., soumis). Il apparaît donc que la gestion et l'amélioration des jachères passent par une manipulation de la végétation ; c'est ce que nous avons tenté dans le cas des études sur le raccourcissement du temps de jachère et l'amélioration par l'introduction d'espèces végétales améliorantes dès les premières années de mise en jachère.

Dynamique et amélioration des jachères de courte durée

Face aux évolutions démographiques, les besoins en production agricole ont eu pour conséquence une diminution des temps de mise en jachère dans les systèmes de rotation culture-jachère. S'est alors posé la question de l'intérêt d'étudier la dynamique des sols dans les jachères de courte durée et de tester des voies d'amélioration de leur capacité à modifier les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols.

La végétation post-culturelle jouant un rôle déterminant dans les modifications des sols sous jachère, il semblait que la première façon de transformer la jachère de courte était d'y introduire des espèces végétales améliorantes. A Sonkorong au Sénégal, un test comparant des jachères naturelles à des jachères où a été introduites d'une part une espèce ligneuse légumineuse et à croissance rapide (*Acacia holosericea*), et d'autre part une graminée pérenne (*Andropogon gayanus*) couramment rencontré dans les jachères de plus de 6 ans et les savanes (Masse *et al.*, 1998 ; Masse *et al.*, 2000 ; Masse *et al.*, 2004 ; Cadet *et al.*, 2005).

Après 4 années d'expérimentation, une évaluation sur la qualité des sols (0-10 cm) a été réalisée dont quelques résultats sont présentés sur la Figure 9. Après 4 années de jachère, les quantités de carbone organique dans les sols ne sont pas significativement différents entre jachère naturelle et améliorée. En revanche, l'activité microbienne apparaît fortement influencée par la présence des *A. holosericea*. Les jachères avec introduction d'espèces à forte production ont permis d'augmenter le stock de biomasse accumulée à l'image de la biomasse racinaire. En revanche, le peuplement des nématodes phytoparasites est très peu différent entre la jachère naturelle et les jachères à *Andropogon* ou *Acacia*. L'effet positif sur le rendement après défriche a été observé uniquement la première année. Ceci est dû pour l'essentiel à la forte litière produite sous *Acacia*, et qui a été brûlée pour la mise en culture fournissant ainsi une dose importante d'éléments minéraux. La gestion de la biomasse accumulée pendant la jachère même de courte durée conditionnera ainsi en partie l'effet sur le rendement suivant la défriche. Toutefois, sur ces essais, il a été montré que les bilans de certains éléments minéraux du sol (phosphore, potassium, calcium) présentent des déséquilibres (diminution des stocks) qui peuvent ainsi accentuer une dégradation chimique des sols au cours des cycles culture jachère de courte durée (Masse *et al.*, 2004). Bilgo (2005) dans son étude sur les jachères de courte durée a également observé très peu d'effets sur les propriétés biologiques des sols sous *Andropogon gayanus*.

Conclusion générale

Les divers travaux menés dans le cadre du programme Jachère sur la gestion de la fertilité biophysique des sols dans les régions soudano-sahéliennes et soudaniennes ont révélés l'importance de la dynamique de la végétation dans le déterminisme de l'évolution de la qualité des sols au cours de la jachère. La végétation est à l'origine de l'accumulation de matière organique, permettant un recyclage et un stockage des éléments minéraux qu'ils proviennent des horizons supérieurs (immobilisation) ou des horizons en profondeur (remontée). Dans cette végétation, les ligneux apparaissent comme l'élément clé. Ils sont capables de fixer des éléments minéraux en profondeur, de modifier les sols par leur système racinaire et de favoriser la diversité des niches écologiques et par conséquent des organismes vivants du sol et de leur activité. Le temps nécessaire pour qu'une jachère atteigne un niveau qualitatif suffisant pour assurer un état du sol propice à la mise en culture sera donc tributaire de la vitesse de croissance des ligneux. De même certains graminées pérennes

sont capables de transformer les propriétés physico chimiques des sols (par exemple *Andropogon gayanus*) mais d'un point de vue du bilan minéral, ces plantes auront tendance à n'assurer qu'une immobilisation des minéraux se trouvant en surface et donc dans la zone cultivée. Seule les légumineuses peuvent apporter un surplus d'azote provenant de la fixation de l'azote atmosphérique.

Pour assurer leur efficacité sur la qualité des sols, les jachères doivent naturellement être gérées pour maximiser la production et la diversité végétale. Un contrôle des feux de brousse et des prélèvements (fourrage, bois) est ainsi nécessaire. De plus, les techniques de défriche peuvent également limiter l'efficacité d'une jachère sur la période de culture suivante (brûlis, dessouchage, etc.). Le maintien de certaines souches peut être un gage pour un maintien de la diversité au cours des rotations culture-jachère successives. Enfin, le système racinaire apparaît déterminant étant la seule partie qui ne subit pas de prélèvements ou de brûlis. Les ligneux ou herbacées possédant un système racinaire conséquent permettraient donc à la jachère d'assurer une efficacité maximale sur la restauration d'une qualité biophysique des sols.

Cependant, les jachères de longue durée sont amenées à disparaître au profit de jachères de courtes durées. Dans la majorité des exemples, ces jachères de courte durée ne sont pas capables de modifier les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols. L'amélioration par des espèces à croissance rapide, ligneuse et légumineuse comme les *Acacia*, ou les graminées pérennes ne permettent pas de restaurer une qualité suffisante pour la mise en culture par rapport à une jachère naturelle. Il existe même un risque d'accentuation de la dégradation des propriétés minérales des sols si une mauvaise gestion de la biomasse végétale est faite au moment de la défriche. La jachère de courte durée peut alors devenir une pratique minière sur les stocks d'éléments minéraux du sol au même titre qu'une culture non fertilisée. Il peut alors également être intéressant de fertiliser ou amender un sol pendant la phase de jachère ; par exemple, on peut utiliser la capacité d'une végétation ligneuse à croissance rapide à solubiliser des phosphates naturels à travers les symbioses mycorhiziennes que peuvent établir ces plantes.

Cependant, le maintien de jachères de courte durée n'apparaît pas efficace au niveau de la gestion de la fertilité des sols d'un terroir sauf, si la jachère de courte durée s'inscrit dans un autre objectif par exemple une production fourragère ou une gestion foncière du terroir.

Il semble plus important de pouvoir intensifier les cultures à l'image des champs de case qui sont cultivés de façon permanente grâce à l'apport d'importantes quantités de matières organiques (déchets domestiques, fécès d'animaux). L'association agriculture élevage revêt ici toute son importance ainsi que toutes les techniques favorisant le recyclage de matières organiques (gestion des résidus de récolte, fosses fumières, composts, etc.). Les techniques agroforestières doivent alors être associées pour réintroduire les arbres dans le système agricole. Ces arbres seront préférentiellement introduits sans qu'ils soient une contrainte à la culture permanente limitant ainsi l'immobilisation de surfaces cultivées pendant une période donnée. Deux options sont alors possibles : l'arbre sous forme de parcs arborés tels qu'ils existent dans de nombreuses régions (parcs à *Acacia albida*, *Cordyla pinnata*, *Vitellaria paradoxa*), ou l'arbre déplacés en limite de parcelles cultivées avec la création de haies vives et un embocagement du paysage.

Il est évident que toutes ces options doivent être confrontées aux autres rôles dévolus à la jachère dans les systèmes de production en Afrique de l'Ouest

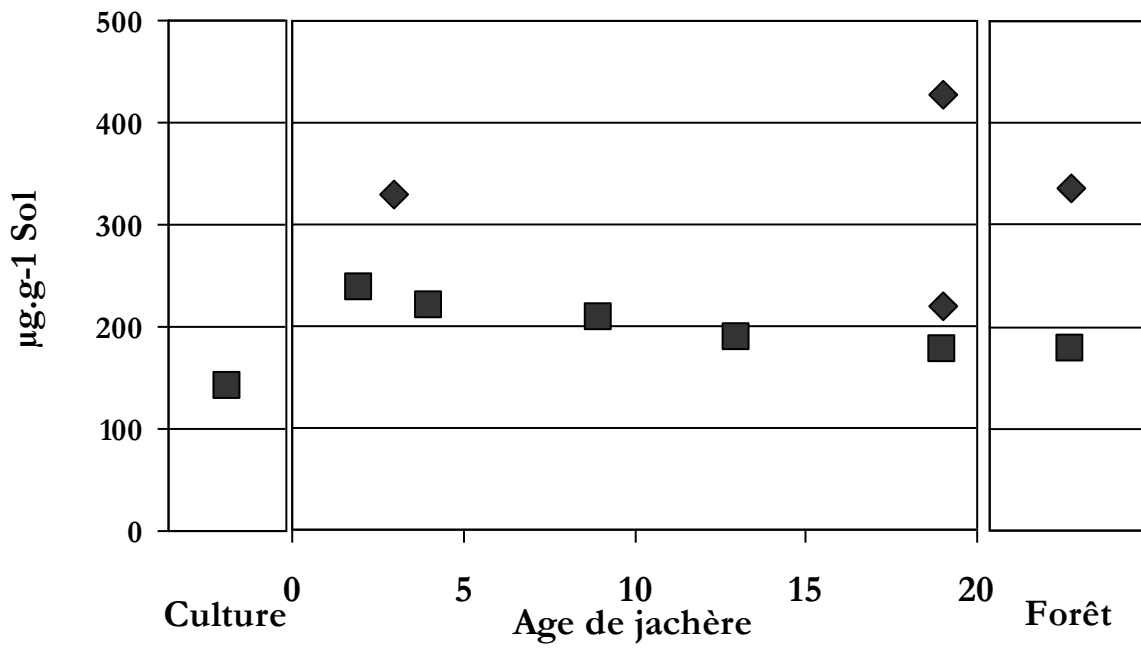


Figure 8 : Biomasse microbienne mesurée sur des sols (0-10 cm) cultivés, de jachère d'âge différent, et de forêt sur les terroirs de Sare Yorwana (losange) et Sonkorong (carré).

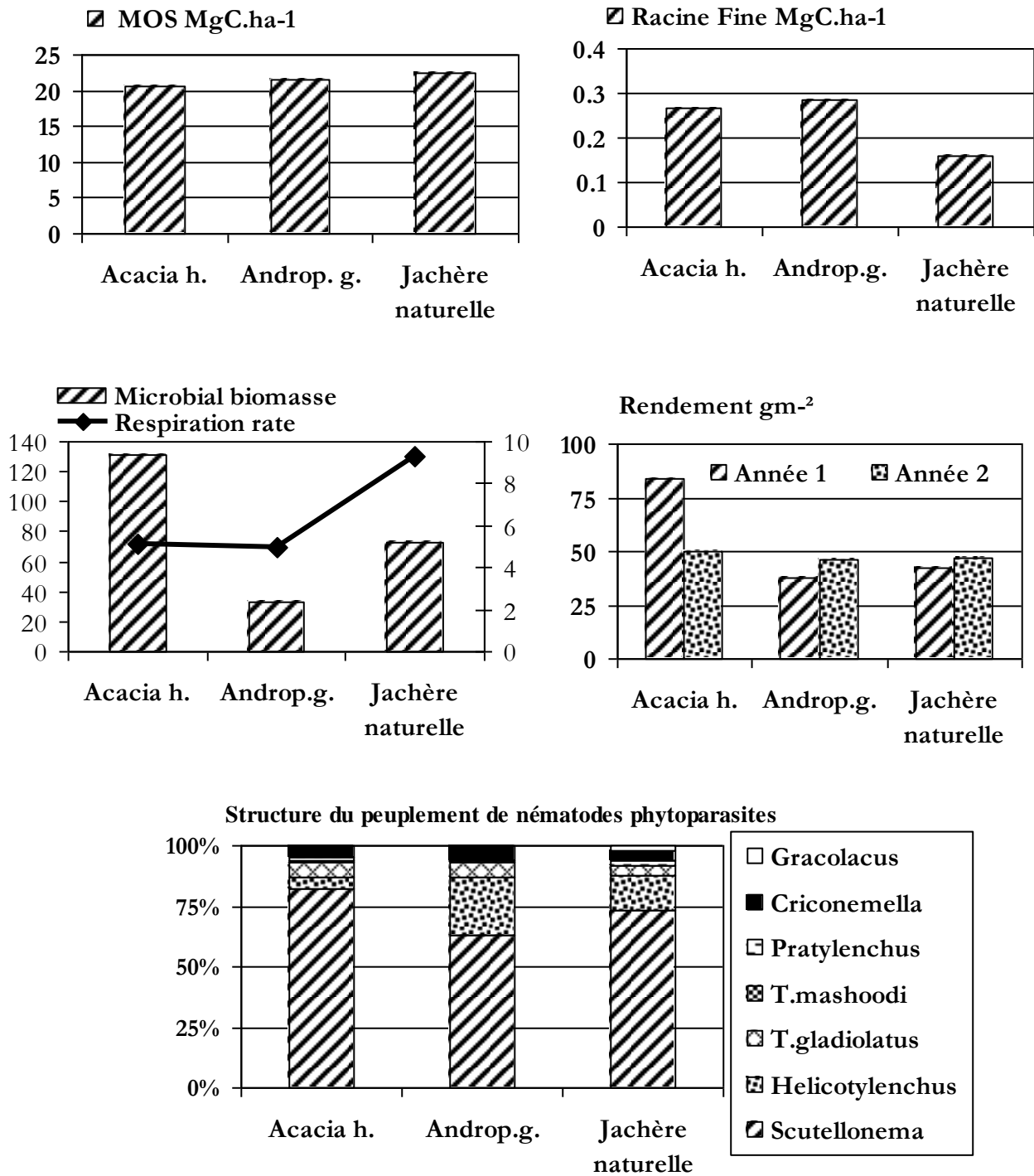


Figure 9 : Modification dans les sols (0-10cm) des jachères de courte durée (4 ans) naturelle, et après l'introduction d'une espèce ligneuse légumineuse (*Acacia holosericea*) ou d'une graminée pérenne (*Andropogon gayanus*) à Sonkorong, Sénégal.

BIBLIOGRAPHIE

- Bilgo, A. 2005. *Statut organo-minéral et biologique des sols dans les systèmes culture-jachère naturelle de courte durée ou améliorée à Andropogon gayanus Kunth. Cas de Bondoukuy en zone sud soudanienne du Burkina Faso*. Université de Ouagadougou, Ouagadougou.
- Cadet, P., Bois, J.-F., Pate, E., N'Diaye-Faye, N., & Floret, C. 2000. Diversité des nématodes phytoparasites et durabilité du système culture-jachère au Sénégal. In: *La jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagements, Alternatives* (ed. C. Floret & R. Pontanier) pp. 268-282. John Libbey Eurotext, Paris.
- Cadet, P., & Floret, C. 1995. An initial study of fallow periods on the nematode community in the Soudanese-Sahelian zone of Senegal. *Acta Oecologica*, 16, 77-88.
- Cadet, P., Masse, D., & Thioulouse, J. 2005. Relationships between plant-parasitic nematode community, fallow duration and soil factors in the Sudano-Sahelian area of Senegal. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 108, 302-317.
- Chotte, J.-L., Duponnois, R., Cadet, P., Adiko, C., Villenave, C., Agboba, A., & Brauman, A. 2000. Jachère et biologie du sol en Afrique tropicale. In: *La Jachère en Afrique tropicale. De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances* (ed. C. Floret & R. Pontanier) pp. 95-121. John Libbey Eurotext, Paris.
- Chotte, J.L., Schwartzman, A., Bailly, R., & Jocteur Monrozier, L. 2002. Changes in bacterial communities and Azospirillum diversity in a tropical soil under 3yr and 19yr natural fallow assessed by soil fractionation. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 1083-1092.
- Duponnois, R., Ba, A.M., Planchette, C., Thioulouse, J., & Cadet, P. 2000. Effet de la jachère sur des populations de champignons mycorhiziens à arbuscules au Sénégal. In: *La Jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagements, Alternatives* (ed. C. Floret & R. Pontanier) pp. 325-332. John Libbey Eurotext, Paris.
- Fall, F., Sarr, M., Rouland, C., Agboba, A., & Brauman, A. 2000. Effet de l'âge de la jachère et de la saison sur la densité et la diversité des termites (Haute-Casamance, Sénégal). In: *La jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagements, Alternatives*. (ed. C. Floret & R. Pontanier) pp. 259-267. John Libbey Eurotext, Paris.
- Feller, C., & Beare, M.H. 1997. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geoderma*, 79, 69-116.
- Fournier, A., Floret, C., & Gnahoua, G.M. 2000. Végétation des jachères et succession post-culturale en Afrique tropicale. In: *La jachère en Afrique tropicale. De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances* (ed. C. Floret & R. Pontanier) pp. 123-168. John Libbey Eurotext, Paris.
- Lavelle, P., Villenave, C., Rouland, C., & Derouard, L. 2000. Dynamique des peuplements de macro-invertébrés du sol aux diverses étapes de la Jachère en Afrique Tropicale. In: *La Jachère en Afrique Tropicale. Rôles, Aménagement, Alternatives* (ed. C. Floret & R. Pontanier) pp. 236-241. John Libbey Eurotext, Paris.
- Manlay, R.e.I.J., Masse, D., Chevallier, T., Russell-Smith, A., Friot, D., & Feller, C. 2004a. Post-fallow decomposition of woody roots in the West African savanna. *Plant and Soil*, 260, 123-136.

- Manlay, R.J. 2000. *Organic matter dynamics in mixed-farming systems of the West African savanna: a village case study from south Senegal*. ENGREF, Paris.
- Manlay, R.J., Chotte, J.-L., Masse, D., Laurent, J.-Y., & Feller, C. 2002a. Carbon, nitrogen and phosphorus allocation in agro-ecosystems of a West African savanna; III. Plant and soil components under continuous cultivation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88, 249-269.
- Manlay, R.J., Ickowicz, A., Masse, D., Feller, C., & Richard, D. 2004b. Spatial carbon, nitrogen and phosphorus budget in a village of the West African savanna--II. Element flows and functioning of a mixed-farming system. *Agricultural Systems*, 79, 83-107.
- Manlay, R.J., Ickowicz, A., Masse, D., Floret, C., Richard, D., & Feller, C. 2004c. Spatial carbon, nitrogen and phosphorus budget of a village in the West African savanna--I. Element pools and structure of a mixed-farming system. *Agricultural Systems*, 79, 55-81.
- Manlay, R.J., Kaire, M., Masse, D., Chotte, J.-L., Ciornei, G., & Floret, C. 2002b. Carbon, nitrogen and phosphorus allocation in agro-ecosystems of a West African savanna: I. The plant component under semi-permanent cultivation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88, 215-232.
- Manlay, R.J., Masse, D., Chotte, J.-L., Feller, C., Kaire, M., Fardoux, J., & Pontanier, R. 2002c. Carbon, nitrogen and phosphorus allocation in agro-ecosystems of a West African savanna; II. The soil component under semi-permanent cultivation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88, 233-248.
- Masse, D., Cadet, P., Chotte, J.-L., Diatta, M., Floret, C., N'Diaye-Faye, N., Pate, E., Pontanier, R., Thioulouse, J., & Villenave, C. 1998. Jachères naturelles et restauration des propriétés des sols en zone semi-aride. Cas du Sénégal. *Agriculture et développement*, 18, 31-38.
- Masse, D., Manlay, R.J., Diatta, M., Pontanier, R., & Chotte, J.-L. 2004. Soil organic matter dynamic and nutrients balance in a short-term fallows with different types of vegetation experiments in Senegal. *Soil Use and Management*, 20, 92-95.
- Masse, D., Silva Da Conceicao, K., Diatta, M., & Madinan, I. 2000. Végétation des jachères de courte durée et rendement du mil après défriche au Sénégal. In: *La Jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagements, Alternatives* (ed. C. Floret & R. Pontanier) pp. 127-134. John Libbey Eurotext, Paris.
- N'Dour, N.Y., Chotte, J.L., Pate, E., Masse, D., & Rouland, C. 2001. Natural and improved fallows in tropical semi-arid zone (Sénégal) : variations in soil enzyme activities. *Applied Soil Ecology*, 18, 229-238.
- N'Dour, Y.B., Fardoux, J., & Chotte, J.-L. 2000. Statut organique et microbiologique de sols ferrugineux tropicaux en jachère naturelle (Sénégal). In: *La Jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagements, Alternatives* (ed. C. Floret & R. Pontanier) pp. 354-360. John Libbey Eurotext, Paris.
- Ouattara, B., Serpantié, G., Ouattara, K., Hien, V., Lompo, T., & Bilgo, A. 1997. Etats physico-chimiques des sols cultivables en zone cotonnière du Burkina Faso. Effets de l'histoire culturelle et du type de milieu. Pages 17-32 in C. Floret & R. Pontanier, editors. *Jachère et maintien de la fertilité*. IER-ORSTOM, Bamako, Mali.
- Sarr, M., Agboba, A., & Russel-Smith, A. 2000. Abondance et diversité des termites dans les jachères sahéliennes. Effets des termites et autres macrofaunes du sol sur l'infiltration de l'eau. In:

La jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagements, Alternatives. (ed. C. Floret & R. Pontanier) pp. 242-249. John Libbey Eurotext, Paris.

Sarr, M., Agbogba, C., & Russell-Smith, A. 1998. The effects of length of fallow and cultivation on termite abundance and diversity in the sahelian zone of Senegal : A preliminary note. *Pedobiologia*, **Vol.** 42, 56-62.

Villenave, C., & Cadet, P. 2000. Rôle particulier de *Heliconthylenchus dihystra* au sein des peuplements de nématodes phytoparasites (Sénégal). In: *La Jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagements, Alternatives* (ed. C. Floret & R. Pontanier) pp. 291-299. John Libbey Eurotext, Paris.