

Caractéristiques organique, physique et microbiologique du sol soumis à l'influence des termites

Étude comparative de deux espèces dominantes des sols en jachère (Haute-Casamance, Sénégal)

Alain Brauman*, Saliou Fall*, Jean-Luc Chotte*

Les inventaires de macrofaune réalisés dans les sols de jachère au Sénégal ont révélé la prééminence des termites (Sarr *et al.*, 1998 ; Fall *et al.*, 2000). Parmi les groupes trophiques inventoriés, deux sont dominants, les termites champignonnistes, présents dans l'ensemble des jachères mais particulièrement actifs dans les jachères jeunes, et les termites humivores, caractéristiques des jachères âgées et (ou) protégées. Les impacts de ces deux régimes alimentaires sur les sols semblent très différents (Boyer, 1977 ; Garnier-Sillam & Harry, 1995 ; Brauman & Fall., 1998) en raison de leurs relations spécifiques avec le sol. Chez les termites champignonnistes, le sol est un matériel de construction qu'ils mélangent avec de la salive pour construire leurs nombreuses structures (galeries, nids, plaquages). Chez les espèces humivores, le sol constitue à la fois leur habitat et leur substrat alimentaire, leurs constructions sont donc formées de fèces mélangés aux particules de sol. Malgré leur importance écologique, il existe très peu d'étude sur les rôles de ces deux groupes trophiques sur les sols de savane. L'objectif de cette étude est donc de préciser l'impact d'une espèce champignonniste (*Macrotermes bellicosus*) et celui d'une espèce humivore (*Cubitermes niokoloensis*) caractéristiques des sols de jachère de Kolda (Haute-Casamance) sur le cycle de la matière organique par l'étude du compartiment organique et microbiologique de leurs termitières épigées. Cette étude doit permettre de mieux définir le rôle de ces termites dans les processus de régénération des sols de jachère.

Matériel et méthodes

Les situations

Les situations étudiées appartiennent au dispositif expérimental mis en place à Saré Yorobana (12° 50' Nord et 14° 50' Ouest ; Kaire, 1996) dans le cadre du programme jachère. Les jachères sont situées sur des plateaux résiduels (40 m) dont les bords sont matérialisés par des cuirasses affleurantes et par des glacis de raccordement, plus ou moins inclinés. Les prélèvements ont été faits sur deux termitières représentatives des deux régimes alimentaires dominants : *Cubitermes niokoloensis* (humivore) et *Macrotermes bellicosus* (champignonniste). Pour chaque termitière, quatre compartiments ont été définis selon un gradient croissant de l'activité des termites :

* Institut de recherche pour le développement (I.R.D., ex-Orstom)-Isra, Bel-Air, B.P. 1386, Dakar (Sénégal).

- le sol témoin, qui ne présente pas de trace visible de la présence des termites. Il est constitué par un mélange de dix prélèvements aléatoires de sol (horizon 0-5 cm pour l'espèce humivore et 0-20 cm pour l'espèce champignoniste), réalisés à plus de dix mètres de la termitière;
- le sol sous la termitière, ou sol remanié, qui porte la trace du passage des termites (galeries);
- la muraille externe, qui correspond à la paroi externe de la termitière pour l'espèce *C. niokoloensis* et à la muraille externe pour l'espèce *M. bellicosus*;
- la muraille interne, qui correspond à la paroi interne de la termitière pour l'espèce *C. niokoloensis* et au feuilleté pour l'espèce *M. bellicosus*.

Méthodes

Fractionnement granulométrique de la matière organique

Le sol est dispersé physiquement par agitation forte (billes de verre) dans un dispersant (solution d'hexametaphosphate de sodium) pendant seize heures (Feller *et al.*, 1991). Les fractions supérieures à deux cents μm et cinquante à deux cents microns sont séparées par tamisage. Les fractions de vingt à cinquante μm et de deux à vingt μm sont obtenues par sédimentation. La fraction de zéro à deux microns est concentrée par centrifugation après addition de chlorure de strontium.

Fractionnement en classes d'agrégats

Dans cette méthode, le sol est agité (temps) dans de l'eau distillée sans ajout de dispersant et en l'absence de billes. Les fractions sont isolées selon la procédure décrite précédemment. Cette méthode a été appliquée uniquement sur les échantillons provenant de la muraille interne de la termitière de *C. niokoloensis* et du sol témoin.

Analyses

Carbone et azote organiques

Une aliquote de sol (sol total et fractions) est séchée à l'air et ensuite broyée à deux cents μm . Le carbone organique est dosé selon la méthode de Walkley & Black et l'azote organique par la méthode de Kjeldhal. Les dosages colorimétriques sont réalisés au Technicon II. Trois répétitions sont effectuées pour chaque mesure.

Biomasse microbienne totale

La biomasse microbienne des compartiments de la termitière de *C. niokoloensis* a été déterminée par la méthode de fumigation extraction (Amato & Ladd, 1988). Trois répétitions sont effectuées pour chaque mesure. En raison d'une réponse négative des sols à la fumigation, cette méthode a été remplacée par celle de fumigation incubation (Jenkinson & Powlson, 1976) pour les dosages des compartiments de *M. bellicosus*. En raison du faible volume des échantillons, une seule répétition a été effectuée pour cette mesure.

Activités métaboliques

Les mesures d'activités métaboliques (incorporation de O_2 et émission de CO_2) ont été effectuées par respirométrie (méthode de Warburg). Ces mesures concernent uniquement la termitière de *C. niokoloensis*. Trois répétitions ont été effectuées pour chaque mesure.

Analyses statistiques

L'analyse de variance a été utilisée et les moyennes (sur trois répétitions) ont été comparées deux à deux par un test t de student.

Résultats

Formes et stock de la matière organique dans les termitières

Stocks organiques

La termitière de *C. niokoloensis* se distingue par un enrichissement significatif considérable en carbone qui est quatre fois plus élevée que celui du sol environnant (40 mg C g⁻¹ sol) [Figure 1]. Chez *M. bellicosus* les teneurs en carbone mesurées dans les différents compartiments de la termitière sont plus faibles que celle du sol témoin (6,7 mg C g⁻¹ sol). Cet enrichissement en matière organique se traduit également par un changement de la qualité. En effet les valeurs du ratio carbone sur azote (C/N) de la matière organique des sols des termitières sont plus basses (8 et 11) que celles du sol témoin.

Formes de la matière organique

Les bilans pondéraux des fractionnements granulométriques sont proches de cent pour cent (Tableau I). Quelle que soit la termitière étudiée, la répartition pondérale des fractions dans les compartiments diffère significativement de celle du sol témoin (Tableau I). Les compartiments des termitières sont plus riches en fractions fines et plus pauvre en fraction grossières (supérieures à 200 µm) que les sols témoins. C'est la termitière de l'espèce humivore qui présente les différences les plus importantes par rapport au sol témoin ; les murailles interne et externes sont trois à cinq fois plus riches en fractions fines (2-20 µm et 0-2 µm). En revanche, la termitière de *M. bellicosus* se distingue surtout par des différences importantes constatées entre la muraille externe, proche du sol témoin, et la muraille interne, plus riche en fraction fine (2 fois), mais surtout très appauvrie en fraction grossière. Cette analyse montre que si l'ensemble de la termitière de l'espèce humivore se distingue nettement du sol témoin, en revanche, chez l'espèce champignoniste, seule la partie interne du nid se révèle différente du sol environnant.

Les bilans carbone des différentes fractions granulométriques (Tableau I) sont, à l'exception de trois situations, supérieurs à quatre-vingt-dix pour cent. La présence de composés carbonés hydrosolubles entraînés lors du fractionnement, non dosés, peut en partie expliquer ce déficit. Pour l'espèce humivore, les teneurs en carbone (mg C g⁻¹ fraction) des différentes fractions granulométriques sont supérieures à celles mesurées dans les fractions isolées du sol témoin. Les différences sont particulièrement élevées pour les fractions supérieures à deux cents µm ; ainsi, pour la muraille interne, la teneur en carbone de cette fraction est près de dix fois plus élevée que celle isolée du sol témoin. Pour la fraction argileuse (0-2 µm), l'enrichissement en carbone dans la muraille interne est moins important (49 mg C g⁻¹ fraction), mais significatif (35 mg C g⁻¹ fraction dans le sol témoin). Pour l'espèce champignoniste, les teneurs en carbone des fractions isolées des différents compartiments sont inférieures ou égales à celles des mêmes fractions isolées du sol témoin (Figure 1).

Les résultats de carbone, exprimés en milligramme de carbone par gramme de sol montrent que, quelle que soit l'espèce de termites, la majeure partie de carbone organique est associée aux fractions fines : deux à vingt µm et zéro à deux µm. Il existe cependant des différences selon les régimes alimentaires, particulièrement dans la muraille interne. Pour *C. niokoloensis*, le carbone est distribué de façon homogène dans les fractions deux à vingt µm et zéro à deux µm. Celles-ci concentrent respectivement vingt-quatre et trente-quatre pour cent de carbone total. En revanche pour *M. bellicosus*, le carbone de la fraction deux à vingt µm ne représente que huit pour cent du carbone total, alors que près des deux tiers du carbone du sol total est isolé dans les argiles dispersées (F 0-2 µm).

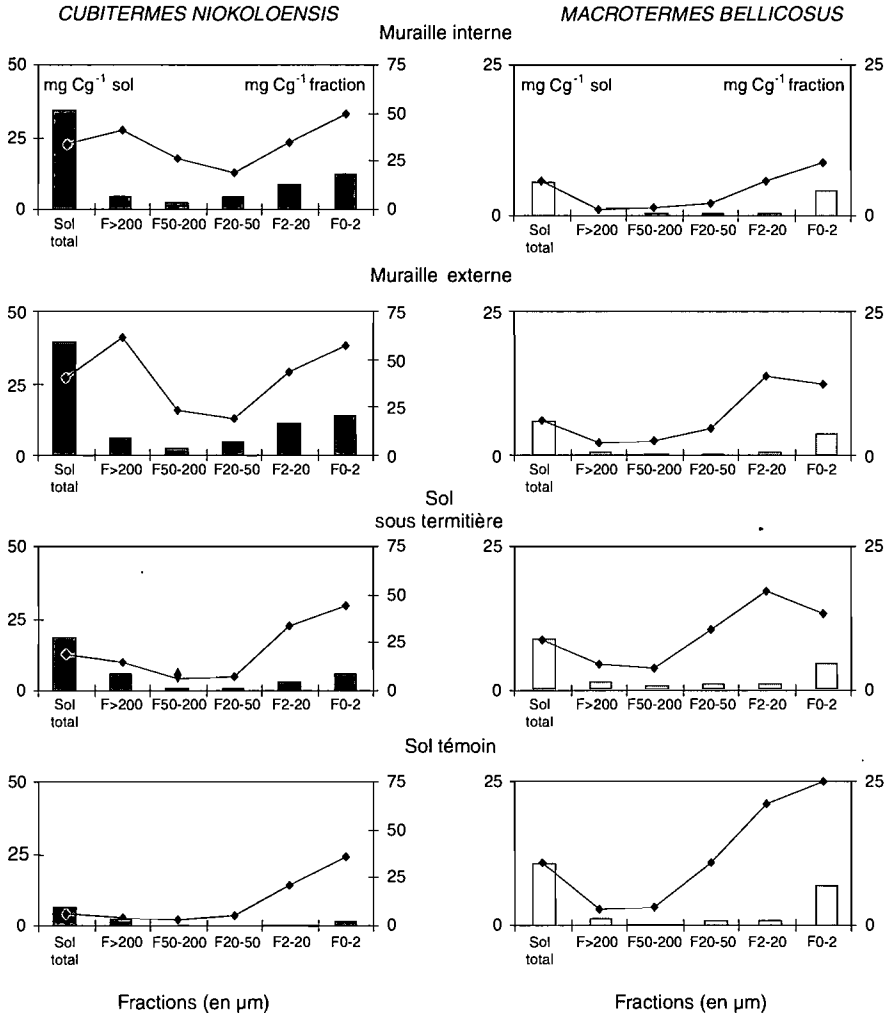


Figure 1. Teneurs en carbone organique, exprimées en mg C g^{-1} sol (histogramme) et mg C g^{-1} fraction (courbe), des fractions organiques des différentes parties des termitières de *M. bellicosus* et de *C. niokoloensis*.
*Carbon content, expressed as mg C g^{-1} soil (columns) and mg C g^{-1} fraction (points) in the different parts of *M. bellicosus* and *C. niokoloensis* nests.*

Agrégation

Pour déterminer l'influence des termites sur la structure (agrégation) de la termitière, une méthode de dispersion ménagée sans bille et dispersant, a été entreprise (Tableau II). La distribution pondérale des fractions obtenues est, à l'exception de la fraction supérieure à deux cent μm , différente de celle mesurée lors de l'étude des formes de la matière organique (Tableau II). Ainsi, les argiles non dispersées, qui participent à la formation des agrégats, se répartissent dans des fractions différentes selon la nature de l'échantillon. Pour le sol témoin, ces argiles qui représentent cinquante-deux pour cent des argiles granulométriques, se répartissent principalement dans la fraction deux à vingt μm . En revanche, pour le sol de la

Tableau I. Distribution pondérale (g 100 g⁻¹ de sol sec) des fractions organiques (FGMO) isolées des différentes parties des termitières de *C. niokoloensis* et *M. bellicosus*.*Weight distribution (g 100 g⁻¹ dry soil) of the organic particle-size fraction (FGMO) isolated from the different part of nests of C. niokoloensis et M. bellicosus.*

Fractions	<i>C. Niokoloensis</i>				<i>M. bellicosus</i>			
	M. int.	M. ext.	Sol ss ter	Sol tém.	M. int.	M. ext.	Sol ss ter	Sol tém.
F200 µm	11,39	10,48	41,94	67,10	8,36	37,38	32,80	45,42
F50-200 µm	11,11	11,58	17,58	16,20	20,24	18,64	17,51	14,34
F20-50 µm	26,09	27,10	15,00	6,30	10,22	7,51	8,88	8,81
F2-20 µm	25,51	26,10	10,53	3,98	9,96	5,81	6,51	5,01
F0-2 µm	25,90	24,74	14,94	6,42	51,22	30,66	34,30	26,42

M.int : muraille interne ; M.ext. : muraille externe ; S ss ter : sol sous termitière ; c. : Sol témoin.

M.int. : internal Wall ; M.ext. : External wall ; S ss Ter : undernest soil ; Sol Tém : Control soil.

muraille interne de la termitière, les argiles non dispersées, qui représentent cinquante-cinq pour cent des argiles totales, participent à la formation d'agrégats vingt à cinquante µm et cinquante à deux cents µm. Ces fractions sont pondéralement plus abondantes que celles isolées par la méthode de fractionnement de la matière organique (Tableau II). Cependant, ces conclusions s'appuient sur les bilans nets de matière. Il n'est pas exclu que des particules de la taille de limons fins (2-20 µm) participent à la formation d'agrégats de taille supérieure et que des argiles s'agrègent pour former des agrégats deux à vingt µm.

Tableau II. Distribution pondérale (g 100 g⁻¹ de sol sec) des fractions organiques (FGMO) et des agrégats (FGAg) isolés de la muraille interne de *C. niokoloensis* et du sol témoin.*Weight distribution (g 100 g⁻¹ dry soil) of the organic particle-size fractions and the aggregates isolated from the internal wall of C. niokoloensis nest and the control soil.*

Fractions	Sol témoin			Muraille interne		
	FGMO	FGAg	FGAg (%) FGMO	FGMO	FGAg	FGAg (%) FGMO
F200 µm	67,10	66,91	100	11,39	11,56	101
F50-200 µm	16,20	17,94	111	11,11	18,44	166
F20-50 µm	6,30	6,54	104	26,09	33,27	128
F2-20 µm	3,98	5,51	138	25,51	24,99	98
F0-2 µm	6,42	3,10	48	25,90	11,74	45

Caractéristiques microbiologiques des termitières

Densité des microorganismes dans les termitières

Chez les deux espèces étudiées, la muraille interne possède la biomasse microbienne la plus importante (Figure 2). Au sein de la termitière de *C. niokoloensis*, cette biomasse est significativement (p inférieur à 0,05) supérieure (10 fois) à celle du sol témoin alors qu'au

sein de la termitière de *M. bellicosus*, la biomasse de la muraille interne est à peine le double de celle du sol témoin.

Activités métaboliques

L'activité métabolique de la muraille interne est significativement supérieure (p inférieur à 0,05) à celle enregistrée pour les autres compartiments (Figure 3). Cependant, malgré une biomasse nettement plus faible (Figure 2), l'activité respiratoire au niveau du sol sous termitière est également très significative. Cette mesure du gaz carbonique dégagé permet de calculer l'intensité de minéralisation (CO_2 émis/carbone total) de la matière organique présente dans chaque compartiment. Malgré son taux de carbone important et son importante biomasse microbienne, ce n'est pas la muraille interne qui possède l'activité minéralisatrice la plus importante, mais le sol sous termitière.

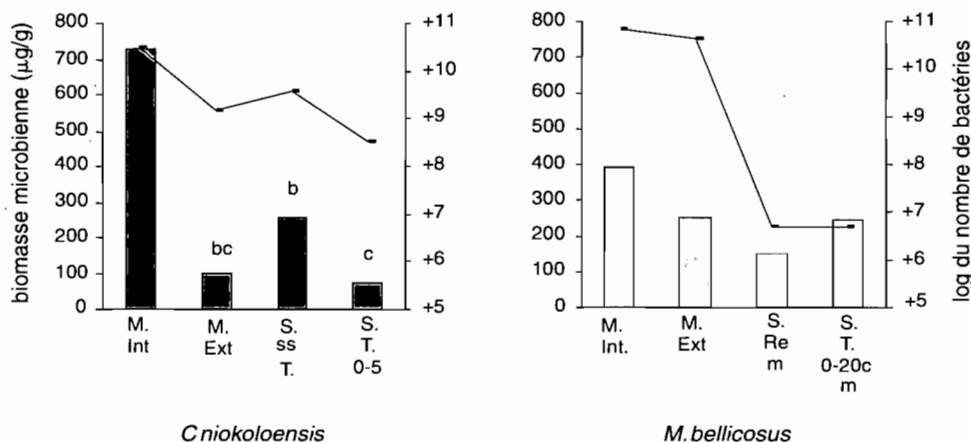


Figure 2. Biomasse microbienne (en colonne) et énumération bactérienne (en courbe) dans les différents compartiments de termitière de *C. niokoloensis* et *M. bellicosus*. Les colonnes portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes ($p < 0,05$).

Microbial biomass (bars) and microbial enumeration (curve) in the different nest compartments of C. niokoloensis and M. bellicosus. Bars with the same letters are not significantly different. ($p < 0,05$).

Discussion

Cette étude avait pour but de caractériser l'impact des termites sur les propriétés, organiques physiques et microbiologiques de leurs termitières et des sols remaniés. L'étude a porté sur deux termitières d'espèces modèles, *Macrotermes bellicosus* et *Cubitermes niokoloensis*, caractéristiques des deux régimes alimentaires dominants des jachères des zones soudano-guinéennes du Sénégal : les termites champignonnistes et les termites humivores (Fall *et al.*, 2000).

Caractéristiques organiques

L'impact des activités des termites sur la matière organique du sol est très différent selon le régime alimentaire étudié. Chez l'espèce humivore, les teneurs en matière organique de différentes parties de leur édifice sont près de quatre fois supérieures à celle du sol environnant. En revanche, les résultats obtenus pour l'espèce champignonniste indiquent un appau-

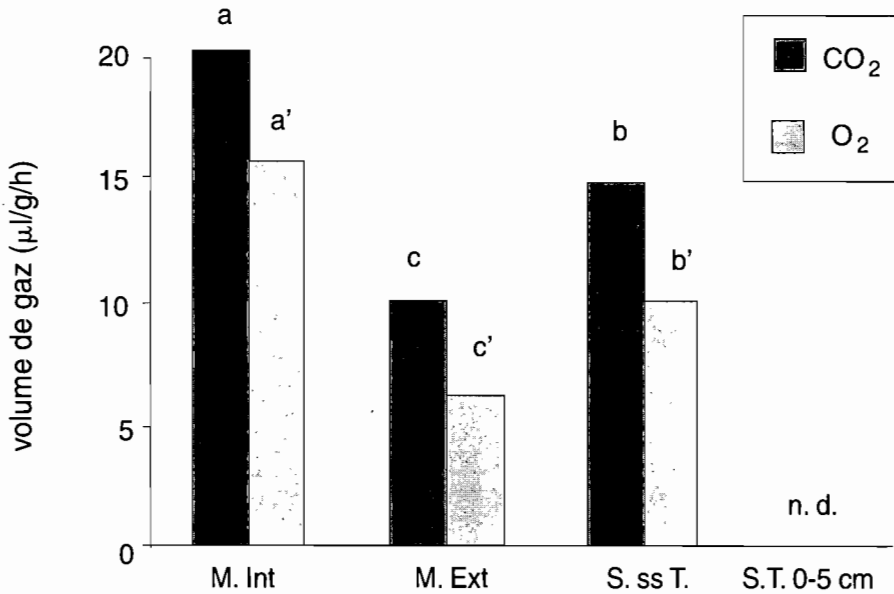


Figure 3. CO₂ dégagé et O₂ incorporé dans les différents compartiments de la termitière de *C. niokoloensis*. Les barres qui portent les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes. CO₂ emission and O₂ incorporation in the different nest compartments of *C. niokoloensis*. Bars with the same letters are not significantly different ($p < 0,05$).

vrissement en matière organique des principaux compartiments de la termitière. Ces différences ont pour origine les matériaux de constructions utilisés. L'espèce humivore se sert de ses déjections, riches en composés organiques (Garnier-Sillam *et al.*, 1988), pour la construction de leur termitière. L'espèce champignonniste utilise des matériaux remontés des horizons profonds mélangés à leur salive (Grassé, 1984). Leurs excréments ne constituent qu'une partie négligeable de leur édifice (Boyer, 1973). Ces résultats confirment ceux obtenus précédemment, (Boyer, 1973; Anderson & Wood, 1984; Garnier-Sillam & Harry, 1995).

L'étude de l'abondance des particules minérales présentes dans les nids et le sol environnant a permis de confirmer la sélection granulométrique opérée par les termites pour édifier les termitières (Boyer, 1973; Wood & Sands, 1978; Garnier Sillam & Harry, 1995). Cependant, ce processus ne s'exerce pas aux dépens des mêmes particules selon les espèces. Chez l'espèce humivore, cet effet est sensible dans l'ensemble de la termitière. Elle contient respectivement quatre et cinq fois d'argiles et de limons fins que le sol environnant. En revanche, l'espèce champignonniste, *M. bellicosus*, exerce une sélection significative (du simple au double) des matériaux de construction (argile), mais pour la seule édification du feuillet interne, l'abondance des différentes fractions de la muraille externe étant très peu différente de celle du sol témoin. Cette sélection s'opère avec des éléments du sol superficiel chez l'espèce humivore (Garnier-Sillam & Harry, 1995), alors que chez l'espèce champignonniste, les matériaux proviennent des horizons profonds (Wood, 1988). Le prélèvement sélectif opéré par les termites entraîne une profonde modification de la texture du sol environnant. Pour l'espèce champignonniste, cet effet est mesurable à plusieurs dizaines de centimètres de la termitière. Il se limite à une zone proche de la termitière (inférieur à 20 cm) pour l'espèce humivore. Chez l'espèce humivore, l'ensemble des fractions granulométriques est enrichie en carbone. Cependant cet enrichissement est inversement proportionnel à

la taille des fractions. Le rôle protecteur, joué par la fraction minérale fine, vis-à-vis des composés organiques colloïdaux qui leur sont associés pourrait en partie expliquer la richesse en carbone des argiles (Hassink, 1997). Cet effet est beaucoup moins visible chez la termitière de *M. bellicosus*.

Caractéristiques physiques

L'accumulation sélective de particules minérales fines dans les constructions de l'espèce humivore modifie profondément les propriétés physiques du sol. La muraille interne contient quatre fois plus d'argiles granulométriques que le sol environnant. La moitié de ces particules participent à la formation d'agrégats stables de la taille des limons grossiers et des sables fins. Dans le sol témoin, si, comme précédemment, la moitié des argiles participent à la formation d'agrégat, ce processus concerne des quantités d'argiles quatre fois inférieures (respectivement 3 g et 14 g pour le sol témoin et celui de la muraille interne) et des agrégats de la taille des limons fins (2-20 μm). Les agrégats vingt à cinquante μm semblent donc plus caractéristiques de l'activité des termites dans les sols à texture sableuse. Si ce résultat se confirme pour d'autres espèces humivores, ces agrégats pourraient être utilisés comme un indicateur de la présence des termites.

Caractéristiques microbiologiques

La muraille interne du nid de l'espèce humivore se distingue par une biomasse microbienne dix fois supérieure à celle du sol témoin. Chez l'espèce champignonniste, la biomasse microbienne de cette partie de l'édifice de la termitière est seulement une fois et demi supérieure à celle du sol environnant. La forte humidité relative et la richesse en matière organique de la muraille interne de l'espèce humivore peuvent en partie expliquer ce résultat. La biomasse importante dans le sol sous termitière de l'espèce humivore est probablement due à la présence de galeries, riches en matière organique et très humides. L'activité métabolique de ce compartiment est tout juste inférieure à celle de la muraille interne pourtant trois fois plus riche en microorganismes. Cela pourrait s'expliquer par : (i) l'état de dormance des micro-organismes ; (ii) la présence d'un métabolisme anaérobie (fermentation).

La première hypothèse est peu probable, car la muraille interne représente un milieu très favorable pour l'activité bactérienne ; C/N faible, matière organique importante et disponible dans les fractions grossières, humidité suffisante. L'hypothèse d'un métabolisme fermentaire est la plus probable car l'atmosphère des chambres internes des nids est plus riche en gaz carbonique et appauvrie en oxygène (Matsumoto & Abe, 1979). Cette hypothèse semble confirmée par la mesure du taux de minéralisation de la matière organique, plus faible dans la muraille interne que dans le sol sous termitière, plus aéré, où l'activité minéralisatrice pourrait donc mieux s'exprimer.

Chez *M. bellicosus* la muraille interne possède aussi une biomasse microbienne plus importante que dans le sol témoin. Contrairement à l'espèce humivore, cette différence ne peut pas avoir comme origine la matière organique dont la teneur est plus faible que dans le sol témoin, mais semble provenir de conditions physico-chimique plus favorables (humidité et pH).

Conclusion

L'impact de ces deux espèces de termites à régimes alimentaires différents sur la matière organique peut être décrit selon deux modalités principales. (i) Les minéralisateurs (champignonnistes) assurent une dégradation complète de la matière organique végétale grâce à une

exosymbiose avec les champignons. Les quantités de matière organique associées aux constructions sont plus faibles que celles du sol environnant. Leur impact concerne essentiellement la physique du sol (texture et structure); (ii) les protecteurs (humivores) assurent la transformation par voie digestive des débris végétaux vivants et (ou) morts plus ou moins décomposés. Ils accumulent dans les termitières et le sol perturbé des composés organiques colloïdaux associés aux argiles, dont une grande partie participe à la formation d'agrégats stables. Ces structures pourraient, dans la mesure où les composés organiques qui leur sont associés ne sont pas définitivement soustraits des processus de minéralisation, représenter un site de stockage des nutriments. Cette hypothèse est l'une des voies que nous allons explorer pour améliorer la capacité de stockage des sols sableux et ainsi contribuer à lutter contre la dégradation des terres.

Références

- Amato A, Ladd J.N. (1988) « Assay for microbial biomass based on ninhydrin-reactive nitrogen in extracts of fumigated soils », *Sol Biol. Biochem*, n° 20 : pp. 107-114.
- Anderson J.M., Wood T.G. (1984). « Mound composition and soil modification by two soil-feeding termites *Termitinae*, *Termitidae* in a riparian Nigerian forest », *Pedobiologia* : pp. 77-82.
- Boyer P.H. (1973). « Action des termites constructeurs sur l'évolution des sols tropicaux », in *Ann. Sci. Nat. Zoologie*, Paris, 15, 12^e sér., pp. 329-498.
- Brauman A., Fall S. (1998). « Influence of soil feeding termite and their associated microflora on the soil organic matter transformation », *Proceeding of the XVI^e World Congress of Soil Science*, Symposium n° 9, Montpellier, 20-26 août 1998, 9 p.
- Brian M.V. (éd.). (1978). *Production ecology of Ants and Termites*, Cambridge, University Press.
- Fall S., Sarr M., Rouland C., Agbogba C., Brauman A. (2000). « Influence de l'âge de la jachère et de la saison sur la densité et la biodiversité des termites. Cas des jachères de Saré Yorobana (Haute Casamance, Senegal) », in Floret & Pontanier (éd., 2000) : vol. I, pp. 294-302.
- Feller Ch., Francois C., Villemin G., Portal J.-M., Toutain F., Morel J.-L. (1991). « Nature des matières organiques associées aux fractions argileuses d'un sol ferrillitique ». *Acad. Sci. Paris*, tome 312, vol. II : pp. 1491-1497.
- Floret Ch. (éd.). (1996). *La jachère, lieu de production*, Coraf, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 2-4 oct. 1996. 143 p.
- Floret Ch., Pontanier R. (éd.). (2000). *La jachère en Afrique tropicale*, 2 vol., vol. I, *Actes du séminaire international*, Dakar (Sénégal), 13-16 avr. 1999, 1023 p. ; vol. II, *De la jachère naturelle à la jachère améliorée : Le point des connaissances*, Paris, John Libbey.
- Garnier-Sillam E., Harry M. (1995). « Distribution of humic compounds in soil-feeding termites : its influence on soil structural stability », *Ins Soc.*, n° 42 : pp. 167-189.
- Garnier-Sillam E., Toutain F., Renoux J. (1988). « Comparaison de l'influence de deux termitières (humivore et champignoniste) sur la stabilité structurale des sols forestiers tropicaux », *Pedobiologia*, n° 32 : pp. 89-97.
- Grassé P.P. (1984). *Fondation des sociétés. Construction*, t. II, *Termitologia*, Paris, Masson, 728 p.
- Hassink J. (1997). « The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles », *Plant and Soil*, n° 191 : pp. 77-87.
- Jenkinson D.S., Powlson D.S. (1976). « The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-V. A method for measuring soil biomass », *Soil Biol. Biochem.*, n° 8 : pp. 209-213.
- Kaire M. (1996). « La production ligneuse des jachères et son utilisation par l'homme en zone soudano-soudanienne et soudano-sahélienne du Sénégal », in Floret (éd., 1996) : pp. 1-16.
- Matsumoto T., Abe T. (1979). « The role of termites in an equatorial rain forest ecosystems of west Malaysia. II. Leaf litter consumption of the forest floor », *Oecologia*, n° 38 : pp. 261-274.
- 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*, n° 42 : pp. 56-62.
- Wood T.G., Sands W.A. (1978). « The role of Termites in ecosystems », in Brian (éd., 1978) : pp. 68-73.
- Wood T.G. (1988). « Termites in the soil environment », *Biology and Fertility of soils*, n° 6 : pp. 228-236.

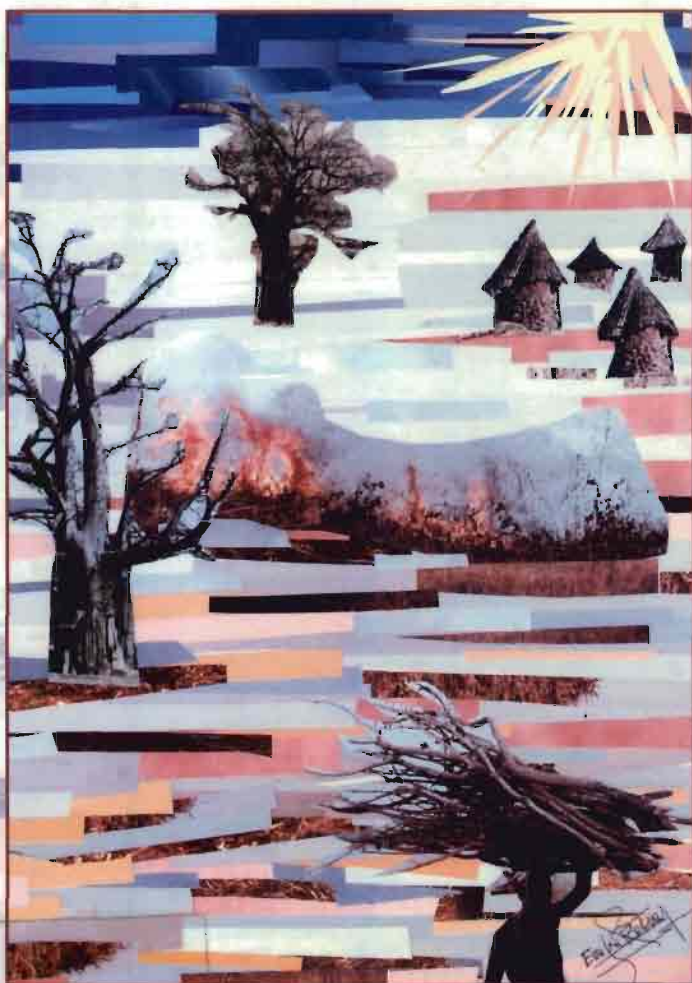
La jachère en Afrique tropicale

Rôles, Aménagement, Alternatives

Ch. Floret et R. Pontanier

Volume 1

Actes du Séminaire international, Dakar, 13-16 avril 1999



**La jachère en Afrique tropicale.
Rôles, aménagement, alternatives**

*Fallows in tropical Africa.
Roles, Management, Alternatives*

Volume I

Actes du Séminaire international

Dakar, 13-16 avril 1999

Proceedings of the International Seminary

Dakar, Avril 13-16, 1999

Édité par

Ch. Floret et R. Pontanier



ISBN : 2-7099-1442-5

ISBN : 2-7420-0301-0

Éditions John Libbey Eurotext

127, avenue de la République, 92120 Montrouge, France

Tél : (1) 46.73.06.60

e-mail: contact@john-libbey.eurotext.fr

[http : www.john-Libbey.eurotext.fr](http://www.john-Libbey.eurotext.fr)

John Libbey and Company Ltd

163-169 Brompton Road,

Knightsbridge,

London SW3 1PY England

Tel : 44(0) 23 80 65 02 08

John Libbey CIC

CIC Edizioni Internazionali

Corso Trieste 42

00198 Roma, Italia

Tel. : 39 06 841 26 73

© John Libbey Eurotext, 2000, Paris