

# Croissance en pots de quatre espèces végétales sur des substrats enrichis avec la terre de termitières de *Cubitermes*

J.A. Mokossesse<sup>1</sup>, M. Lepage<sup>2</sup> & G. Josens<sup>3</sup>

Keywords: Termite mound- *Cubitermes*- Plant growth - Mineral matters- Burkina Faso

## Résumé

*Les compartiments de termitières de Cubitermes (chapeau, colonne et base souterraine) du Burkina Faso ont été analysés et se sont avérés plus riches en phosphore assimilable, en carbone et en azote nitrique et beaucoup plus riches en azote ammoniacal que le sol témoin. Leur éventuel effet stimulant a été testé sur la croissance de jeunes plants de quatre espèces: Acacia holosericea (A. Cunn. ex G. Don.), Acacia raddiana (Sav.), Crotalaria ochroleuca (G. Don.) et Sorghum sp. (L.) pendant 47 jours. Une accélération de croissance est observée pour Sorghum sp. sur les substrats contenant 50% de poudre de chapeau ou de colonne. Cette accélération ne devient significative qu'à partir de 26 jours. Une croissance similaire pour Crotalaria ochroleuca est observée mais à partir de 40 jours.*

## Summary

### Growth Study in Pots of Various Plants Species on Substrates Enriched by Termite Mounds *Cubitermes*

*The different parts of Cubitermes mounds (cap, trunk and base) from Burkina Faso were analyzed and proved to be richer in available phosphorus, carbon and NO<sub>3</sub>-N and much richer in NH<sub>4</sub>-N than the surrounding soil. Their possible stimulating effect was tested on the seedling's growth of four species: Acacia holosericea (A. Cunn. ex G. Don.), Acacia raddiana (Sav.), Crotalaria ochroleuca (G. Don.) and Sorghum sp. (L.) during 47 days. An acceleration of growth is observed for Sorghum on the substrates containing powder 50% of cap or column. This acceleration becomes significant only from 26 days. A similar growth is observed for Crotalaria but as from 40 days.*

## Introduction

La gestion durable et la reconstitution des sols fortement dégradés constituent un défi pour l'agriculture des pays tropicaux. L'optimisation des productions nécessite un recours aux fertilisants chimiques qui restent très coûteux pour les producteurs des zones tropicales. L'une des solutions réside dans l'utilisation de fertilisants naturels comme ceux contenus dans les terres de termitières épigées.

Plusieurs synthèses ont été publiées sur le rôle pédologique des termites dans les sols tropicaux et leur utilisation possible en agriculture, souvent avec des résultats contradictoires (2). Parallèlement, les matériaux de termitières ont été utilisés dans les systèmes de cultures traditionnelles ou en parcelles expérimentales en Afrique (9, 11). Des travaux récents ont souligné le rôle important des termites dans l'agriculture traditionnelle africaine.

Les résultats apparemment contradictoires obtenus à propos de l'action des termites sur la fertilité des sols (3) proviennent, pour une grande part, de l'absence

d'information sur l'espèce de termite concernée, sur sa biologie, notamment le mode de construction de son nid et sa stratégie alimentaire. D'autre part, l'action des termites sur les sols étant multiples (8), il importe de pouvoir travailler en conditions contrôlées afin de préciser l'effet de telle ou telle espèce de termite sur la croissance végétale.

Parmi les groupes trophiques de termites, le groupe des humivores se révèle particulièrement intéressant à tester en raison de la plus grande richesse en matière organique de ses constructions. En particulier, il a été montré que les murailles de termitières appartenant au genre *Cubitermes* contenaient nettement plus de matière organique que les sols voisins (15) et étaient plus riches en azote minéral et en phosphore assimilable (12). Dans les interactions biologiques, la macrofaune du sol (termites, vers de terre) joue un rôle dont l'importance est de plus en plus reconnue. Les expérimentations consistant à améliorer et à mieux gérer la fertilité des sols en manipulant les populations

<sup>1</sup>Faculté des Sciences, BP. 908, Université de Bangui, République Centrafricaine.

<sup>2</sup>Directeur de Recherche, IRD de Ouagadougou, Burkina Faso.

<sup>3</sup>Université Libre de Bruxelles, Belgique.

Reçu le 06.02.08 et accepté pour publication le 15.06.09.

de vers de terre, sont déjà fort avancées et ont connu une application au champ (10). L'utilisation de terre de termitière du genre *Cubitermes* a montré un effet positif sur la croissance végétale en pots en raison des nutriments apportés et des interactions symbiotiques développées (12).

Dans cette optique, nous avons entrepris une étude au laboratoire de l'effet de terres provenant de termitières de *Cubitermes* sur la croissance de jeunes plantules appartenant à quatre espèces végétales et comparé cette croissance à celle obtenue sur le sol de savane.

Nous avons également voulu savoir quelle partie de termitière (à savoir le chapeau, la colonne ou partie souterraine) influencerait le mieux la croissance.

### Matériels et méthodes

Les mesures de croissance végétale ont été conduites à l'Institut de Recherche et Développement de Ouagadougou (IRD) au Burkina Faso, sous une couverture de toile à fines mailles.

#### Substrats de croissance

Les substrats de croissance sont constitués de divers mélanges. Le témoin est un sol sableux de savane qui a été stérilisé à l'autoclave à 105 °C pendant 2 heures afin d'éliminer la microflore autochtone et qui a été fourni par l'INERA de Kamboinsé. A cette terre stérilisée est ajouté un volume de 10 ou 50% de terre de termitières de *Cubitermes* sp. provenant du village de Tiogo au Burkina Faso (chapeau, colonne ou partie souterraine jusqu'à 30 cm de profondeur) émiettées dans un mortier en porcelaine, tamisées à 2 mm et homogénéisées. Dix répétitions ont été réalisées sur chaque substrat.

#### Espèces végétales

Les plantes testées sont deux ligneux de la famille des Mimosaceae: *Acacia raddiana* (Sav.) et *A. holosericea* (A. Cunn. ex G. Don.) et deux herbacées: l'une de la famille des Poaceae, *Sorghum* sp. (L) et l'autre de la famille des Fabaceae, *Crotalaria ochroleuca* (G. Don.). Les graines proviennent du Centre de Semences Forestières de l'INERA. Le choix de *Sorghum* sp. est guidé par le fait que cette Poaceae qui ne forme pas de symbiose avec des bactéries fixatrices d'azote, devrait réagir de manière beaucoup plus marquée que les autres espèces utilisées dans cette étude.

#### Analyses chimiques

Des échantillons de termitières de *Cubitermes* et de sol sableux de savane ont été analysés par un laboratoire spécialisé (le Centre pour l'Agronomie et l'Agro-industrie de la province du Hainaut, Belgique).

#### Préparation des graines

Les graines des herbacées ont été triées à la main

en fonction de leur état physique et ont été semées à raison de trois graines par pot (hauteur: 7 cm, diamètre: 6 cm). Par la suite, deux plantes sont conservées, la moins vigoureuse étant éliminée. Afin de faciliter leur germination, les graines des *Acacias* ont préalablement été scarifiées à l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) à 95% pendant une heure, rincées et ensuite immergées dans de l'eau gélosée (10 g d'agar-agar par litre et d'eau distillée) pendant 48 heures à 25 °C. Elles sont ensuite transférées dans des boîtes de Pétri sur le même milieu gélosé. Les boîtes ont été placées dans une étuve à l'obscurité entre 25 et 30 °C. Les graines utilisées sont celles dont les racines mesuraient entre 1 et 2 cm de longueur après incubation. L'arrosage des plantes a été fait à l'eau de robinet tous les deux jours.

#### Suivi de croissance

La hauteur maximale des plantes de chaque pot était mesurée à l'aide d'une règle graduée tous les lundis et jeudis pendant sept semaines. Les plantes qui sont mortes en cours d'expérimentation n'ont pas été remplacées.

#### Traitement des données

L'analyse statistique sur la hauteur des plantes a été faite par l'analyse de la variance (ANOVA) à deux critères (espèce et traitement) et à mesures répétées à l'aide du logiciel STATISTICA 7, suivie d'une comparaison des moyennes multiples par le test de Newman-Keuls.

### Résultats

#### Analyses chimiques

Les résultats des analyses chimiques figurent dans le tableau 1. Aucune différence significative n'a été décelée entre le chapeau et la colonne de la termitière, nous avons donc regroupé ces deux parties. On peut ensuite constater que la terre du chapeau et de la colonne de la termitière est en général plus riche que le sol témoin; la différence n'est cependant pas significative pour le potassium échangeable et est marginalement significative pour l'azote organique. Le phosphore assimilable et l'azote nitrique sont présents en plus grandes concentrations dans la base que dans le reste de la termitière, en revanche l'azote ammoniacal est plus concentré dans le chapeau et dans la colonne que dans la base de la termitière.

#### Influence du traitement sur la croissance

Bien que globalement significatives (ANOVA, 8 ddl,  $p=0,026$ ), les différences entre traitements ne sont pas très grandes. En fait, le test de Newman et Keuls sur les moyennes multiples montre que seuls les substrats contenant 50% de terre de chapeau ou de colonne de termitière permettent une croissance significativement plus grande (pour l'ensemble des plantes) que le substrat contenant 10% de terre de chapeau ou de partie souterraine de termitière; le

Tableau 1

Résultats (moyennes  $\pm$  écarts types) des analyses chimiques de la terre de termitière de *Cubitermes* et de sol de savane de Tiogo (Province de Boulkiendé, Burkina Faso)

Echantillons	Chapeau + colonne de la termitière	Base de la termitière	Sol sableux de savane (témoin)	ANOVA (1)	Différences significatives (2)
Nombre de mesure	6	3	4		
P assimilable (mg/100 g)	0.74 $\pm$ 0.12	1.09 $\pm$ 0.44	0.42 $\pm$ 0.04	0.008	B>T= S
K échangeable (mg/100 g)	14.7 $\pm$ 2.92	15.9 $\pm$ 3.49	11.7 $\pm$ 2.02	0.16	Ns
C (g/100 g)	1.89 $\pm$ 0.07	2.11 $\pm$ 0.30	1.57 $\pm$ 0.34	0.035	B=T> S
N organique (g/100 g)	1.49 $\pm$ 0.06	1.45 $\pm$ 0.28	1.21 $\pm$ 0.21	0.077	Ns
C/N	12.7 $\pm$ 0.7	14.6 $\pm$ 0.8	13.0 $\pm$ 1.2	0.032	B>T= S
N ammoniacal (mg/kg)	138.7 $\pm$ 18.5	56.35 $\pm$ 17.7	2.85 $\pm$ 1.81	0.0001	T>B> S
N nitrique (mg/kg)	1.64 $\pm$ 1.61	4.54 $\pm$ 3.06	0.66 $\pm$ 0.33	0.043	B>T= S

(1) valeur de p de l'ANOVA à un critère

(2) T= terre de chapeau et de colonne de termitière, B= terre de base de termitière, S= sol sableux de savane.

substrat constitué uniquement de sol stérilisé se situe au milieu de la distribution (Figure 1).

### Interférence entre espèces et traitements

Les différences entre traitements sont en partie occultées par la disparité des réactions des quatre espèces par rapport au traitement. L'ANOVA révèle en effet une interférence très significative entre les espèces et les traitements (24 ddl,  $p < 0,001$ ). Les deux espèces d'*Acacia* ainsi que *C. ochroleuca* ne montrent pas de différence significative en fonction des substrats de croissance. Seul *Sorghum* sp. s'est montrée significativement sensible aux traitements, les substrats contenant 50% de terre de colonne ou de chapeau de termitière lui assurent une croissance

très significativement plus élevée que tous les autres traitements (Newman-Keuls,  $p < 0,001$ ). La figure 2 illustre la différence de croissance entre le substrat témoin (sol sableux de savane stérilisé) et le substrat contenant 50% de terre de colonne de termitière. Cette figure montre que la croissance du sorgho sur les deux substrats reste semblable jusqu'à 26 jours. L'ANOVA à mesures répétées montre une croissance significativement plus grande à partir de 30 jours. Par la suite, la croissance sur le substrat témoin ralentit jusqu'à la fin des observations. Une accélération de croissance est par contre observée sur le substrat enrichi avec 50% de terre de colonne et se maintient jusqu'à la fin de la période d'observation.

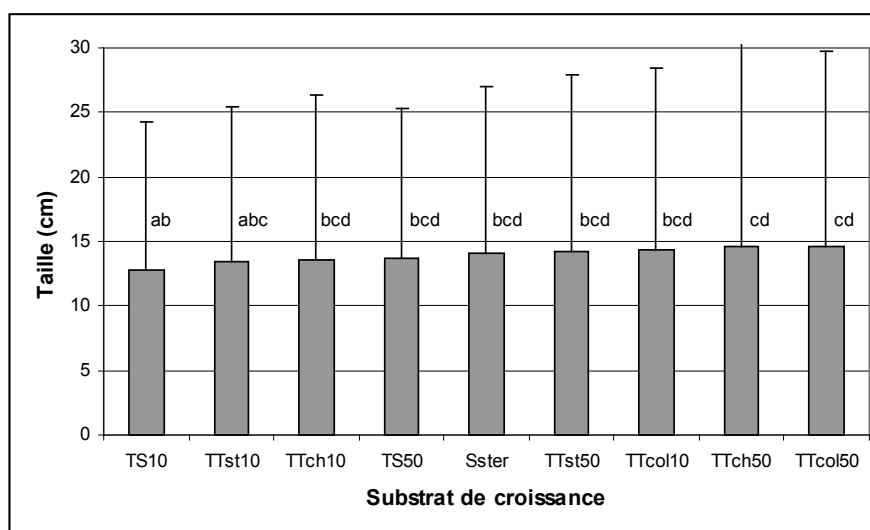


Figure 1: Comparaison des tailles des plantes (valeurs moyennes sur les quatre espèces au cours des 47 jours de croissance) en fonction des substrats de croissance (moyennes et écarts-types). Les traitements qui ont reçu les mêmes lettres ne diffèrent pas significativement entre eux. TS10= 10% de terre de savane, TTst10= 10% de terre de partie souterraine de termitière, TTch10 = 10% de terre de chapeau de termitière, TS50= 50% de terre de savane, Sster= sol stérilisé, TTst50= 50% de terre de partie souterraine de termitière, TTcol10= 10% de terre de colonne de termitière, TTcol50= 50% de terre de colonne de termitière, TTch50= 50% de terre de chapeau de termitière.

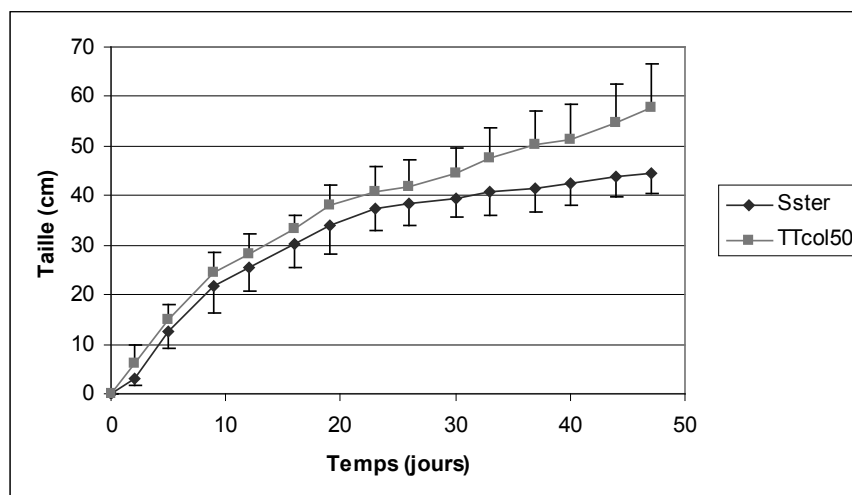


Figure 2: Comparaison des croissances (moyennes et écarts-types) de *Sorgho* sur deux substrats: Sster= sol stérilisé, TTcol50= 50% de terre de colonne de termitière.

Bien que le test de Newman & Keuls ne détecte pas d'interférence entre espèce et traitement dans le cas de *Crotalaria*, le substrat contenant 50% de terre de colonne de termitière montre une croissance significative après 40 jours d'observation (Figure 3). Cette figure montre à nouveau que la croissance sur sol de savane stérilisé ralentit et se maintient jusqu'à la fin des observations. Sur le substrat enrichi avec 50% de terre de colonne de termitières, la croissance de *Crotalaria* s'accélère à partir de 40 jours.

## Discussion

Des études récentes ont montré que si les terres de termitières de *Cubitermes* sont plus riches en azote que le sol avoisinant, c'est surtout sous la forme  $\text{NH}_4$  qu'elles le sont (de l'ordre de 125 à 250 mg d'azote ammoniacal/kg de termitière contre 2 à 5 mg/kg de terre de savane (12). Nos analyses ont confirmé ces résultats: les terres de termitières sont non seulement significativement plus riches en azote ammoniacal

mais aussi en azote nitrique, en carbone et en phosphore assimilable que le sol sableux de savane. L'apport de terre de termitière comme amendement a eu des effets sur deux des quatre espèces végétales testées dans cette étude (*Sorghum* et *Crotalaria*). Un des effets est direct (pour *Sorghum* qui ne développe pas de nodules) par la mise à la disposition des plantes, de l'azote minéral dont elles ont besoin pour leur croissance (5). L'autre aspect est indirect et concerne l'influence du complexe organo-minéral sur la capacité d'échange du sol et sur l'activité bactérienne (dans le cas de *Crotalaria* qui réalise une symbiose avec les bactéries fixatrices d'azote). On se souviendra en outre que dans le sol, deux types principaux de bactéries fixent l'azote atmosphérique. Il s'agit d'une part, des bactéries du genre *Azotobacter* qui vivent sous forme libre dans le sol et en même temps fixent l'azote libre de l'air ( $\text{N}_2$ ), et d'autre part, les bactéries de la famille des *Rhizobiaceae* (dont les plus connues sont les genres *Rhizobium* et *Agrobacterium*) qui réalisent une

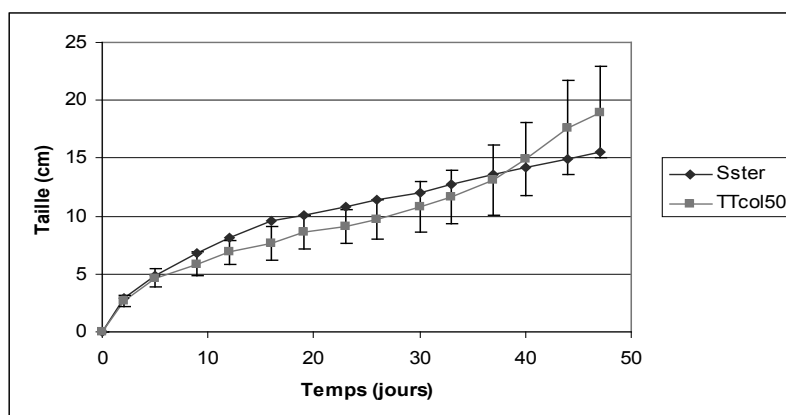


Figure 3: Comparaison des croissances de *Crotalaria* sur deux substrats: Sster= sol stérilisé, TTcol50= 50% de terre de colonne de termitière. Pour la clarté du graphique, les écarts-types n'ont été représentés que sur la série TTcol50.

fixation symbiotique avec les légumineuses.

Dans les conditions de cette étude, les espèces végétales utilisées montrent des réactions contrastées par rapport aux différents substrats testés.

Le sorgho est la seule plante dans cette étude qui ait donné une réponse significativement différente en fonction des apports de terre de termitière. La figure 2 suggère cependant que la stimulation de croissance ne devient effective qu'à partir de la 4<sup>ème</sup> semaine, comme si l'azote présent n'était pas directement disponible et qu'il fallait une intervention microbienne pour le rendre disponible (nitrification?). Par ailleurs, les amendements à 50% de terre de colonne ou de chapeau se sont révélés plus stimulateurs de la croissance du sorgho que les amendements à 50% de terre de partie souterraine de termitière. Ceci est cohérent avec les différentes concentrations d'azote ammoniacal dans les différents compartiments du nid (Tableau 1), constatation également rapportée par Fall *et al.* (6) chez *Cubitermes niokoloensis* et avec le fait que N'diaye *et al.* (13), ont montré que certaines fonctions microbiennes du cycle de l'azote étaient bloquées dans les constructions de *Cubitermes*. Ces fonctions pourraient être débloquées par le fait que la structure de la termitière a été détruite et que la terre de termitière a été mélangée à parts égales au sol et régulièrement arrosée.

Les légumineuses satisfont leurs besoins azotés à partir de deux sources: l'azote minéral du sol (qui est la source privilégiée par la plante) et l'azote de l'air, acquis grâce à leur symbiose avec des bactéries fixatrices d'azote atmosphérique. En ce qui concerne *Crotalaria ochroleuca*, l'apport de terre de termitière, riche en azote ammoniacal, a vraisemblablement inhibé la formation de nodules symbiotiques au niveau des racines; ces nodules n'ont pas davantage pu se développer dans le sol stérile ce qui permet de comprendre que les plantes se développent initialement à des vitesses similaires sur les deux substrats. Toutefois, une stimulation de la croissance semble intervenir, comme pour le sorgho, après 4 à 5 semaines sur le substrat enrichi de terre de termitière.

Les deux espèces ligneuses (*Acacia raddiana* et *A. holosericea*) n'ont montré aucune réaction en présence de terres de termitières utilisées comme amendement à différentes proportions. Cela peut s'expliquer par la lenteur de leur croissance (1) et par la courte durée

de nos observations (7 semaines). Les deux espèces d'*Acacia* ont fait l'objet de beaucoup de travaux sur leur capacité à développer une symbiose avec des bactéries fixatrices d'azote. Hassna *et al.* (7), ont montré qu'elles établissent une symbiose non seulement avec des microorganismes fixateurs d'azote mais aussi avec des champignons mycorrhiziens assimilateurs de P, K, Ca, Mg et Na. Des expériences d'inoculation de deux microorganismes (*Rhizobium* et *Bradyrhizobium*) à quatre espèces d'*Acacia* ont permis à Njiti et Galiana (14) de noter la formation des nodules responsables de la fixation de l'azote et d'obtenir une meilleure croissance. Duponnois *et al.* (5) ont montré dans un suivi de croissance de *A. holosericea* inoculée avec un champignon ectomycorhizien, un meilleur développement des jeunes plantules après 4 mois de culture sous serre. Le fait que cette étude ait montré une insensibilité des espèces d'*Acacia* à l'enrichissement des substrats par la terre de termitière contrairement à ce qu'ont rapporté les travaux de N'diaye *et al.* (12) et de Duponnois *et al.* (5), résulte probablement de la trop courte période de notre expérimentation.

## Conclusions

Au regard de la réponse du sorgho qui n'entretient pas de relation symbiotique pour satisfaire ses besoins en azote indispensables à sa croissance, cette étude montre clairement la contribution de la terre de termitière de *Cubitermes* comme fertilisant. Cette étude a également montré que la colonne et le chapeau de la termitière sont les seuls compartiments à contenir une concentration élevée en azote ammoniacal et à stimuler efficacement la croissance du sorgho. En raison du temps relativement court consacré à cette étude, nous n'avons pas pu mettre en évidence l'effet de la terre de termitière sur la croissance des autres espèces qui forment selon les données de la littérature, une symbiose soit avec les champignons mycorrhiziens ou avec des bactéries fixatrices d'azote.

## Remerciements

Cette étude a bénéficié du soutien de la Fondation Internationale pour la Science (IFS) et du Ministère Français de la Coopération à travers le Service de Coopération et d'Action Culturelle (SCAC) de Bangui ainsi que de l'Agence Générale à la Coopération et au Développement de Belgique.

## Références bibliographiques

1. Augustine K.T., 2004, Seedling morphology of *Acacia holosericea* A. Cunn. Ex G. Don. Journal of Economic and Taxonomy Botany, **28**, 1, 104-106.
2. Black H.I.J. & Okwakol M.J.N., 1997, Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of termites. Applied Soil Ecology, **6**, 1, 37-53.
3. Duboisset A., 2003, L'importance agricole des termitières épigées dans le nord du Cameroun: l'exemple des nids de *Macrotermes subhyalinus* et d'*Odontotermes magdalenae*. Thèse de doctorat, Université de Paris-Val-de-Marne. 482 p.
4. Duponnois R., Founoune H., Masse D. & Pontanier R., 2005, Inoculation of *Acacia holosericea* with ectomycorrhizal fungi in a semiarid site in Senegal: growth response and influences on the mycorrhizal soil infectivity after 2 years plantation. Forest Ecology and Management, **207**, 3, 351-362.
5. Falisse A. & Lambert J., 1996, La fertilisation minérale et organique. In: Agronomie moderne: bases physiologiques et agronomiques de la production végétale (chap. 16), Ameziane T. et Persoons E. (coordinateurs). Hatier AUPELF UREF, 378-398.
6. Fall S., Brauman A. & Chotte J.L., 2001, Comparative distribution of organic matter in particle and aggregate size fractions in the mounds of termites with different feeding habits in Senegal: *Cubitermes niokolensis* and *Macrotermes bellicosus*. Applied Soil Ecology, **17**, 2, 131-140.
7. Hassna F., Duponnois R., Amadou M. Bâ. & Fouad El. B., 2002, Influence of the dual arbuscular endomycorrhizal/ectomycorrhizal symbiosis on the growth of *Acacia holosericea* (A. Cunn. Ex G. Don.) in glasshouse conditions. Ann. For. Sci. 59, 93-98.
8. Holt J.A. & Lepage M., 2000, Termites and soil properties. Termites, evolution, sociality, symbiosis, ecology, T. Abe, D.E. Bignell & M. Higashi, eds., Kluwers Acad. 389-407.
9. Kombélé B.M. & Beloy N., 1995, Utilisation des terres de termitières et de la paille sèche d'arachide comme fertilisants en cultures maraîchères à Yangambi (Zaïre). Cahier Agriculture, 4, 125-128.
10. Lavelle P., Dangerfield M., Fragoso C., Eschenbrenner V., Lopez-Hernandez D. & Pashanasi B., 1994, The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: Woome P.L. & Swift M.J. (eds): the biological management of tropical soil fertility. Wiley & Sons, Chichester, UK, p. 137-169.
11. Lopez Henandez D., 2001, Nutrient dynamics (C, N and P) in termite mounds of *Nasutitermes ephratae* from savannas of the Orinoco Llanos (Venezuela), Soil Biology & Biochemistry, **33**, 6, 747-753.
12. N'diaye D., Duponnois R., Brauman A. & Lepage M., 2003, Impact of a soil feeding termite, *Cubitermes niokolensis* on the symbiotic microflora associated with a fallow leguminous plant *Crotalaria ochroleuca*. Biol. Fert. Soils, 37, 313-318.
13. N'diaye D., Lensi R., Lepage M. & Brauman A., 2004, The effect of the soil-feeding *Cubitermes niokolensis* on soil microbial activity in a semi-arid savanna in West Africa. Plant and Soil, **259**, 1-2, 277-286.
14. Njiti C.F. & Galiana A., 1996, Symbiotic property and rhizobium requirement for effective nodulation of five tropical dry zone acacias. Kluwer Academy, **33**, 3, 265-271.
15. Okwakol M.J.N., 1987, Effects of *Cubitermes testaceus* (Williams) on some physical and chemical properties of soil in glassland area of Uganda. Af. J. Ecol. 25, 147-153.

J.A. Mokossesse, Centrafricain, DEA, Biologie et Ecologie Animales, spécialité Entomologie, Maîtrise ès Sciences Biologiques, Enseignant-Assistant, Chercheur, Faculté des Sciences, BP. 908, Université de Bangui, République Centrafricaine, e-mail: nicolain\_mokossesse@yahoo.fr.

M. Lepage, Belge, Directeur de Recherche, IRD de Ouagadougou, Burkina Faso.

G. Josens, Belge, Professeur à l'Université Libre de Bruxelles, Systématique et Ecologie Animales, Av. Roosevelt, 50-CP160/13 à 1050 Bruxelles, Belgique.