

**CROISSANCE COMPAREE DU RAYGRASS D'ITALIE
(*LOLIUM ITALICUM*) SUR MATÉRIAUX TERMITIQUES**

Marc LACHAUD¹, Evelyne GARNIER-SILLAM¹, Philippe LOUGUET²
& Daniel LAFFRAY².

¹Laboratoire de Biologie des Sols et des Eaux

²Laboratoire de Physiologie Végétale

Université Paris 12-Val de Marne

av du G^{al} de Gaulle

Fr.-94010 Créteil Cedex

Résumé. La fertilité des sols tropicaux dépend fortement de l'action des termites. Afin d'évaluer cet impact, dans cette approche préliminaire, nous avons étudié et comparé la croissance du ray-grass d'Italie sur substrat de base, pauvre en nutriments minéraux, enrichi ou non en murailles de termitières de *Cubitermes subarquatus* ou de *Macrotermes bellicosus*.

Cette étude a mis en évidence l'existence de facteurs limitant la croissance. Les diagnostics foliaires ont été mis en relation avec la croissance montrant ainsi que seuls les individus cultivés sur un sol enrichi en termitières de *C. subarquatus* n'étaient pas carencés en azote.

De plus, les acides fulviques, riches en azote total, sont fortement représentés dans la termitière de *C. subarquatus*. L'hypothèse d'une minéralisation préférentielle de ces acides fulviques a donc été formulée, afin d'expliquer l'apport supérieur en azote de la termitière de *C. subarquatus*.

Mots-clés. Sol, ray-grass, termite, nutrition minérale, croissance.

Abstract. Compared growth of italian ryegrass (*Lolium italicum*) on termitic material.

The fertility of tropical soils is closely related to the action of termites. During this first approach and in order to evaluate this impact, we studied and compared the growth of ryegrass on a medium, with a poor mineral nutrient content, enriched or not with termite mounds of *Cubitermes subarquatus* or *Macrotermes bellicosus*.

The study of these termite mounds impact on the ryegrass growth allowed us to underline the existence of limiting factors. The foliar analysis, related to the ryegrass growth, revealed that only plants grown on a soil enriched with *C. subarquatus* mounds were not nitrogen deficient.

Furthermore, the fulvic acids, rich in total nitrogen, showed high contents in the *C. subarquatus* mounds. The hypothesis that a preferential mineralization of these fulvic acids was therefore postulated, explaining the higher nitrogen input by the *C. subarquatus* mounds.

Key words. Soil, ryegrass, termite, mineral nutrition, growth.

INTRODUCTION

Le problème de la fertilité des sols tropicaux représente une préoccupation environnementale et économique majeure à l'échelle mondiale. Etant l'un des facteurs limitants essentiels de la production, la fertilité de ces sols constitue un thème de recherche fondamentale autant qu'appliquée. Les termites, qui constituent la plus forte biomasse du sol dans ces milieux sont un modèle particulièrement intéressant et original pour étudier leur action sur les sols.

Généralement, seuls les aspects négatifs de l'impact des termites sur l'écosystème ont été étudiés. Ceux-ci sont en effet très importants. Néanmoins, quelques observations sur le terrain ont permis de mettre en évidence un effet positif de la présence de termitières sur la croissance végétale (Hesse, 1955, Lee and Wood 1971, Watson 1976). Il faut cependant rappeler que cette influence est connue depuis longtemps des fermiers africains. Seulement, une analyse fine des mécanismes de l'action des termites sur la fertilité n'a jamais été totalement réalisée. Les observations faites sur le terrain nous confortent dans l'idée qu'une meilleure connaissance des interactions *sol-termite-plante* est susceptible d'apporter des informations intéressantes pour l'amélioration durable de la fertilité des sols cultivés en milieux tropicaux.

Deux facteurs principaux limitent la production végétale en milieu tropical, l'eau à travers le caractère aléatoire des précipitations et les carences et toxicités minérales. Au cours de cette étude, nous nous sommes affranchis du facteur eau, pour n'étudier que les seuls facteurs liés à la nutrition minérale. Afin d'avoir une meilleure compréhension des apports de la termitière à la plante et d'identifier quel est le poids relatif des contraintes minérales du milieu, nous nous sommes attachés à tester plusieurs types de matériaux termitiques.

MATERIELS ET METHODES

Origine du matériau termitique

Les termitières de *C. subarquatus* (termite humivore) proviennent du bassin versant de Nsimi-Zoetele (sud Cameroun) et celle de *M. bellicosus* (termite champignonniste) d'une parcelle plantée en palmiers Rôniers (*Borassus aethiopum*) de la région de Maroua (nord Cameroun). Pour chaque site d'étude, des sols témoins, ne présentant pas d'activité termitique lors du prélèvement ont également été échantillonnés. *Cubitermes subarquatus*, SJÖSTEDT, construit un nid constitué de "demi-chapeaux" empilés les uns sur les autres, appliqués contre le tronc de grands arbres et qui peut atteindre plus de 2,5 mètres de hauteur. Ce termite humivore (Termitinae) consomme de l'humus et incorpore ses fèces dans ses constructions.

La termitière de l'espèce de *Macrotermes* échantillonnée présente un nid épigé d'environ 1m en forme de dôme. Cette espèce de termite champignonniste (Macrotermitinae), développe une exosymbiose particulière avec un champignon du genre *Termitomyces* pour dégrader le matériel végétal. Le nid est construit avec des particules fines du sol cimentées par de la salive. Les fèces ne sont pas incorporées mais déposées sur les planchers des constructions.

Origine du matériel végétal et méthodes d'analyse

Choix du matériel végétal

Le matériel végétal utilisé pour cette étude est le ray-grass d'Italie (*Lolium italicum*, variété Tiara). Ce choix repose sur le fait que cette espèce a été déjà très largement utilisée dans la littérature pour l'étude des effets de carences minérales (Marschner, 1995). Par ailleurs, cette espèce présente un certain nombre d'avantages (semences génétiquement homogènes et fixées, surface occupée pour sa culture en conditions contrôlées de faible dimension, croissance rapide).

Conditions de culture

40 semences de ray-grass ont été plantées par pot, celles ci sont régulièrement espacées. Les plantes ont été cultivées en conditions contrôlées dans des enceintes phytotroniques (intensité d'éclairément : $250 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, cycle jour/nuit : 16H /8H, température jour/nuit : $25^{\circ}/20^{\circ}$, Humidité Relative jour/nuit : 30/60 %). Les biomasses foliaires et racinaires ont été déterminées après 20 et 40 jours. Les teneurs en azote, phosphore et potassium totaux ont été mesurées sur les parties aériennes.

Le substrat de base est composé d'un mélange de kaolin (20%), sable fin (40%) et de sable grossier (40%), autoclavé. Nous avons mélangé ce substrat avec des murailles issues de termitières différentes. Pour permettre la comparaison des croissances dans chaque série, nous avons choisi d'apporter des quantités de Carbone Organique Total (COT) comparables. Deux séries ont été menées, la première série de pots a reçu un apport en COT d'environ 900mg par pot (1 dose), la seconde a reçu un apport en COT d'environ 1800 mg par pot.

RESULTATS et DISCUSSION

Caractéristiques chimiques des murailles de termitières

| | Muraille de <i>C. subarquatus</i> | ST SC 2-5 cm | ST SC 5-20 cm | Muraille de <i>M. bellicosus</i> | ST NC 5-12 cm | ST NC 20-35 cm |
|---|--------------------------------------|-----------------|------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------|
| Σ cations ($\text{cmol}^{+}/\text{kg}$) | 6.3 ± 1.0 | 2.9 | 1.9 | 23.6 ± 1.8 | 18.7 | 18.7 |
| CEC ($\text{cmol}^{+}/\text{kg}$) | 12.5 ± 0.1 | 5.1 | 4.5 | 26.0 ± 0.9 | 22.0 | 23.5 |
| COT (mg/g) | 45 ± 4.2 | 20 | 10 | 10.0 ± 1.1 | 13.5 | 10.3 |
| NOT (mg/g) | 4.5 ± 0.2 | 1.7 | 1.0 | 0.7 ± 0.1 | 0.9 | 0.64 |

tab. 1 : Σ cations : Somme des cations échangeables, CEC : Capacité d'Echange Cationique, COT : Carbone Organique Total, NOT : Azote Organique Total (ST : Sol Témoin, SC : Sud Cameroun, NC : Nord Cameroun)

tab. 1 : Σ cations : Sum of exchangeable cations, CEC : Cationic Exchange Capacity, COT : Total Organic Carbon, NOT : Total Organic Nitrogen (ST : Standard Soil, SC : South Cameroun, NC : North Cameroun)

Les analyses des murailles de termitières peuvent être comparées à celles des sols témoins de la région dont elles sont issues (tab. 1). Le nid de *C. subarquatus* présente une CEC et un taux de carbone organique fortement supérieurs à ceux du sol témoin. En revanche, l'inverse est observé pour le nid de *M. bellicosus*. Ces données sont en totale congruence avec celles obtenues par de nombreux auteurs concernant l'action des termites humivores et champignonnistes sur les propriétés chimiques du sol (Lee & Wood, 1971 ; Lobry de Bruyn & Conacher, 1990 ; Garnier-Sillam & Harry, 1995). Dans notre étude, les différences observées dans les compositions organiques et minérales selon le type de termitière étudié justifie l'étude comparative de leurs effets sur la croissance végétale.

Comparaison de la croissance des parties aériennes et souterraines du ray-grass

Nous présentons, par souci de clarté, les résultats où seule une dose de termitière a été apportée (fig. 1). Après 40 jours de croissance, on observe que l'augmentation de la biomasse foliaire du ray-grass cultivé sur un sol enrichi en nid de *C. subarquatus* est plus importante que pour les autres apports, à la différence des racines.

En outre, la croissance foliaire apparaît continue pour le ray-grass cultivé sur sol enrichi en nid de *C. subarquatus*. En revanche, la croissance foliaire est pratiquement arrêtée, dès 20 jours, dans le cas du ray-grass cultivé sur sol enrichi en nid de *M. bellicosus*. Afin de tester l'hypothèse d'une carence ou d'une toxicité minérale, une analyse foliaire des teneurs en éléments minéraux a été réalisée.

De plus, des essais de croissance sur des sols normalement enrichis ont été menés, avec des conditions environnementales plus favorables. Les résultats ont mis en évidence que la croissance foliaire était beaucoup plus élevée après 40 jours (2,16g).

Etude comparée des taux et quantités d'éléments minéraux des feuilles du ray-grass

Nous avons indiqué les gammes de valeurs considérées comme adéquates pour la croissance, selon Bergmann (1988, 1992) (tab. 2a). Le tableau 2b regroupe les taux des principaux éléments minéraux totaux foliaires.

On remarque que les taux foliaires du phosphore sont situés dans la gamme proposée par Bergmann (1988, 1992). Nous pouvons limiter notre discussion à l'étude de l'azote. Pour cet élément en particulier, les variations selon la termitière utilisée sont les plus nettes. Selon Bergmann (1988, 1992), le taux d'azote foliaire permettant une croissance optimale de la plante varie entre 3 et 4,2% du poids sec.

L'apport en nid de *C. subarquatus* est à l'origine d'un taux élevé d'azote, supérieur à 4%. En revanche, ce taux est toujours inférieur dans le cas d'un apport en nids de *M. bellicosus*. On peut émettre l'hypothèse que l'azote serait le facteur limitant principal au développement des parties aériennes dans le cas d'un apport en nid de *M. bellicosus*. L'azote est présent en quantité optimale dans les feuilles de ray-grass cultivées sur un sol ayant reçu un apport de termitière de *C. subarquatus*, dans nos conditions expérimentales. S'il existe une carence azotée, on sait classiquement que la croissance foliaire est davantage inhibée que la croissance racinaire. L'étude du rapport Biomasse Foliaire/Biomasse Racinaire permet de conforter cette hypothèse.

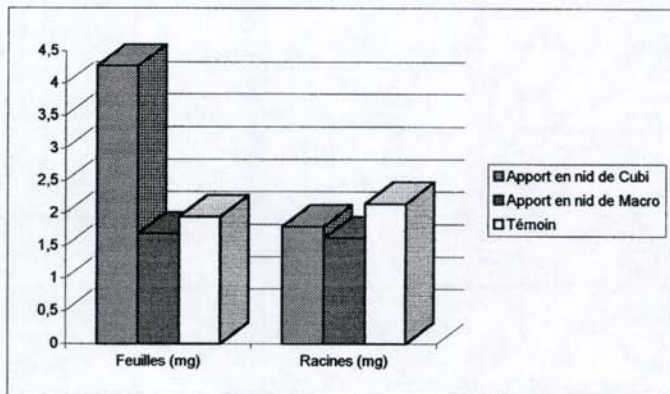


fig. 1 : Poids moyens foliaire et racinaire, après 40 jours, d'un plant de ray-grass cultivé sur un substrat enrichi ou non avec 1 dose de différents nids. Nombre de répétition : 3.

fig. 1 : Average shoot and root weights, after 40 days, of a ryegrass plant cultivated on a poor medium enriched or not by 1 dose of different nests. Number of repetition : 3.

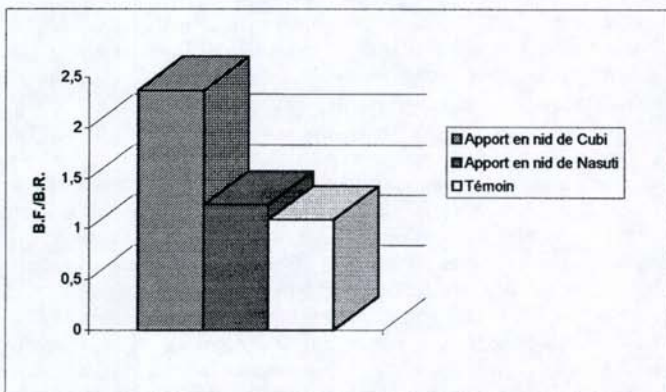


fig. 2 : Rapports des Biomasses Foliaires (B.F.) sur les Biomasses Racinaires (B.R.) du ray-grass en fonction des divers substrats. Nombre de répétition : 3.

fig. 2 : Ratios of Shoot Biomass (B.F.) on Root Biomass (B.R.) of ryegrass according to different mediums. Number of repetition : 3.

| | (% P.S.) | | |
|--------------------|----------|----------|---------|
| | N | P | K |
| Feuilles ray-grass | 3,0-4,2 | 0,35-0,5 | 2,5-3,5 |

tab. 2a : Taux des éléments foliaires

tab. 2a : Foliar elements rates

| | | | |
|---|------|------|------|
| 20j 1d termitière <i>C. subarquatus</i> | 4,6 | 0,78 | 4,79 |
| 40j 1d termitière <i>C. subarquatus</i> | 4,09 | 0,46 | 5,25 |
| 40j 2d termitière <i>C. subarquatus</i> | 4,92 | 0,46 | 4,99 |
| 20j 1d termitière <i>M. bellicosus</i> | 2,84 | 0,89 | 3,02 |
| 40 j témoin | 1.3 | 0.65 | 2.43 |

tab. 2b : Taux des éléments foliaires après 20 et 40 jours en fonction des apports en termitière (1d : 1 dose ; 2d : 2 doses, %P.S. : Pourcentage du poids de Matière Sèche). Nombre de répétitions : 3.

tab. 2b : Foliar elements rates after 20 and 40 days according to different inputs of nests (%P.S. : Pourcentage of Dry Matter Weight). Number of repetition : 3.

Rapport Biomasse Foliaire/Biomasse Racinaire (B.F./B.R.)

Dans le cas d'un apport en muraille de *C. subarquatus*, le rapport B.F./B.R. est supérieur à 2 après 40 jours à la différence des autres substrats (fig. 2). La comparaison des rapports BF/BR nous renseigne sur la stratégie adoptée par la plante. Si la biomasse foliaire est plus importante, la population de ray-grass, poussant sur un milieu suffisamment riche, développe sa partie aérienne par suite d'une allocation équilibrée des assimilats de la photosynthèse vers les parties aériennes et racinaires. Au contraire, si la biomasse racinaire est relativement plus importante que la foliaire, la population de ray-grass a adopté une stratégie optimisant la croissance racinaire afin d'augmenter ses capacités d'absorption des éléments nutritifs.

Pourquoi le plus important taux d'azote foliaire est-il observé lors d'un apport en nid de *C. subarquatus*? Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées. La première serait que l'apport en azote total dans les pots serait le facteur déterminant. Afin de tester cette hypothèse, nous présentons les résultats obtenus dans le cas où les quantités d'azote total apportées par les murailles de termitières sont très proches (tab. 3).

Bien que l'apport d'azote total fourni au système racinaire soit identique, les biomasses foliaires sont significativement différentes. Ainsi, ce n'est pas la quantité d'azote total apporté qui détermine majoritairement la production de biomasse foliaire. La seconde hypothèse est la suivante. On sait que les végétaux absorbent l'azote sous forme minérale (NO_3^- , NH_4^+). Est-ce que le sol enrichi par de la termitière de *C. subarquatus* est à l'origine plus riche en azote minéral ou bien cet azote provient-il de l'activité d'une microflore minéralisatrice? Dans l'hypothèse d'une activité bactérienne, il faut alors se demander quel type de matière organique, riche en azote, est la plus facile à minéraliser. A priori, des molécules peu polymérisées, de faibles poids

moléculaires, comme les acides fulviques, peuvent constituer un substrat privilégié des bactéries minéralisatrices.

| quantité d'azote apporté par pot | | Biomasse Foliaire par pot au bout de 40 jours |
|---------------------------------------|-------|---|
| nid de <i>C. subarquatus</i> (1 dose) | 89 mg | 104 mg \pm 20 |
| nid de <i>M. bellicosus</i> (2 doses) | 83 mg | 62 mg \pm 10 |

tab. 3 : Biomasses foliaires selon les apports en azote total dans le pot. Nombre de répétition : 3.

tab. 3 : Shoot biomass according to the different inputs of total nitrogen in the pot. number of repetition : 3.

Rôle des substances humiques

Le tableau 4 regroupe les quantités d'acides fulviques apportées par pot. On constate que l'apport en AF par la termitière de *C. subarquatus* est le plus important.

| Quantité de nid apporté par pot | Somme des AF par gramme de nid | Quantité d'AF apporté par pot |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| <i>C. subarquatus</i> 20g | 11.5 mg | 230 mg |
| <i>M. bellicosus</i> 50g | 1.79 mg | 89 mg |

tab. 4 : Abondance des AF selon la quantité de nid apporté (AF : acides fulviques)

tab. 4 : Abundance of AF according to the input of nest (AF : fulvic acids)

| | % du NOT des substances humiques | |
|-----------------------|----------------------------------|------|
| | AF | AH |
| <i>C. subarquatus</i> | 54.5 | 45.5 |
| <i>M. bellicosus</i> | 46.1 | 53.9 |

tab. 5 : Distribution de l'azote entre les acides fulviques et acides humiques (AH) (Garnier-Sillam, 1987), NOT : Azote Organique Total.

tab. 5 : Distribution of nitrogen between the fulvic and humic acids (AH) (Garnier-Sillam, 1987), NOT : Total Organic Nitrogen.

De plus, il apparaît dans le tab. 5 que les acides fulviques présents dans le nid de *C. subarquatus* sont plus riches en azote que ceux présents dans le nid de *M. bellicosus*. Donc, l'impact, sur la nutrition minérale du ray-grass, d'une activité bactérienne

minéralisatrice de l'azote présent dans les acides fulviques, pourrait ne pas être négligeable dans le cas d'un apport en nid de *C. subarquatus*.

CONCLUSION

Il apparaît que pour des quantités de carbone organique total apportées comparables, la termitière du *C. subarquatus* présente la teneur en azote la plus favorable pour la croissance du ray-grass, après 40 jours, dans nos conditions expérimentales. L'azote serait le facteur limitant principal pour la croissance du ray-grass sur le substrat enrichi en nids de *M. bellicosus*.

Ainsi, les termites humivores tels que les *C. subarquatus*, qui consomment l'humus et construisent leur nid en déjections, fabriquent un matériau susceptible d'amender les sols. Toutefois, même avec cet apport d'azote, la croissance du ray-grass reste faible comparée à celle obtenue sur un sol normal équilibré et les plantes ne peuvent pas exprimer leur potentialité génétique de production. D'autres facteurs limitants (structure physique du sol, autres carences et/ou toxicités minérales) fréquents dans les sols tropicaux peuvent expliquer les résultats obtenus.

REFERENCES

- BERGMANN W., 1988. "Ernährungsstörungen bei kulturpflanzen. Entstehung, visuelle und analytische diagnose". Fischer Verlag (ed.), Jena, pp.23.
- BERGMANN W., 1992. "Nutritional disorders of plants-development, visual and analytical diagnosis". Fischer Verlag (ed.), Jena, pp.36.
- GARNIER-SILLAM E., 1987. Biologie et rôle des termites dans les processus d'humification des sols tropicaux du Congo. *Thèse d'état*, Université de Paris XII, pp.276.
- GARNIER-SILLAM E. and HARRY M., 1995. Distribution of humic compounds in mounds of some soil-feeding termite species of tropical rainforests : its influence on soil structure stability. *Ins Soc.* 42 : 167-185.
- HESSE P. R., 1955. A chemical and physical study of the soils of termite mounds in East Africa. *J. Ecol.*, 3, 449-461.
- LEE K.E. and WOOD T.G., 1971. *Termites and soils*. Acad. Press. (Lond., New York), pp.251.
- LOBRY DE BRUYN L.A., and CONACHER A.J., 1990. The role of termites and ants in soil modification : a review. *Aust. J. Soil Res.* 28 : 55-93.
- MARSCHNER H., 1995. Mineral nutrition of higher plants, 2nd edition, pp.889.
- WATSON J.P., 1976. The use of mounds of Termite *Macrotermes falciger* as a soil amendment. *J. Soil Sci.*, 28, 4, 664-672.