

ACTES DES COLLOQUES INSECTES SOCIAUX

Edités par l'Union Internationale pour l'Etude des Insectes Sociaux
Section française

VOL.3 -COMPTE RENDU COLLOQUE ANNUEL ,

VAISON LA ROMAINE 12-14 Sept. 1985



(photo A.DEVEZ)

Pierre-Paul GRASSÉ

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'HUMIFICATION DANS LES SOLS
FORESTIERS TROPICAUX :
LE RÔLE DE THORACOTERMES MACROTHORAX, TERMITE HUMIVORE

par

Evelyne GARNIER-SILLAM et Jacques RENOUX

Laboratoire de Zoologie et de Biologie des Populations
Université Paris-Val de Marne
94000 Créteil (France)

RESUME : L'étude de l'ultrastructure des déjections fraîches de termites humivores, ingérant simultanément des fragments végétaux et des particules minérales, a permis d'observer des associations organo-minérales de types différents lors du brassage intestinal. Certaines de ces associations persistent après extraction alcaline des composés humiques mettant en évidence la formation de différentes fractions humifiées (humine héritée, microbienne et d'insolubilisation). Ces micro-agrégats d'origine biologique sont les premiers maillons d'un complexe argilo-humique, contribuant à la stabilité de la micro-structure, formés à la suite de l'activité des termites.

MOTS CLES : *termites humivores, féces, matière organique, humification.*

SUMMARY : Contribution to the study of the humification of tropical forest grounds : Action of humus feeding *Thoracotermes macrothorax*. The study of the ultrastructure of fresh faeces of humus feeding termites, simultaneously ingesting vegetal fragments and mineral particles reveals organo-mineral associations of different types created by their intestinal mixing. Some of these associations are remaining after alkaline extraction of the humic cementing agents, and discover the formation of different humification fractions. (inherited, microbial and insolubilisation humin). These micro-aggregates of biological origin are the first mails of a clay-humus complexe, contributing to the stability of the micro-structure, constituted by the activity of termit.

KEY WORDS : *humus feeding termites, faeces, organic matter, humus making process.*

INTRODUCTION

L'étude de l'ultrastructure des déjections fraîches de termites ingérant simultanément des fragments végétaux et des particules minérales a permis de mettre en évidence des associations organo-minérales de types différents lors du brassage intestinal (1) (2). Ces micro-agrégats, d'origine biologique, sont les premiers constituants organo-minéraux formés à la suite de l'activité des termites. Cette étude, menée parallèlement sur plusieurs espèces à régime alimentaire différent, montre des divergences sur le plan biochimique et ultrastructural.

Dans ce travail, seule l'espèce humivore *Thoracotermes macrothorax* sera présentée.

Dans les sols tropicaux, malgré des apports massifs de matières végétales à la surface, la matière organique disparaît presque totalement sous l'effet des facteurs du milieu (climatiques et biologiques) : le stade humus est fugace, sauf aux abords des nids des termites "humivores". En effet, un horizon humifère de 15 cm d'épaisseur environ persiste autour de leur termitières s'amenuisant sur un rayon de 4 à 5 m. Dans cet horizon, on trouve la péricie du nid formant un réseau dense de galeries de récolte des aliments. (3)

Il semblerait donc que la matière organique des déjections qui tapissent les galeries souterraines ne soit pas détruite et recyclée par la microflore tellurique aussi rapidement

que la matière organique, présente dans les sols témoins non termités.

Quel rôle les termites humivores jouent ils, dans la persistance de cet horizon humifère autour de leur nid, qui n'existe pas ou peu loin de leur termitière ?

Ces espèces, incorporent leurs excréments dans leur construction (4) et les observations au laboratoire et sur le terrain confirment le fait que non seulement ils recouvrent les loges de leur nid avec leurs éléments stercoraux, mais que toutes leurs galeries souterraines, courant dans le sol, sont entièrement tapissées avec leur fèces, qu'ils étalent et ractent à l'aide des mandibules et de l'hypopharynx.

Les observations du terrain couplés à des dosages chimiques des déjections, induisent l'idée que ces animaux font un choix dans leur prélèvement alimentaire. En effet, sur le terrain on trouve fréquemment les galeries souterraines entourant un morceau de bois mort enfoui très biodégradé et le taux de carbone présent dans le jabot puis dans les fèces est toujours supérieur au taux de carbone du sol.

MATERIEL ET METHODES

Une espèce humivore : *Thoracolerme macrothorax* bâtit des nids épigés dont la surface externe présente des mamelons réguliers, de taille variable. Les ouvriers se nourrissent d'humus au sens large du terme, c'est à dire de fragments végétaux plus ou moins biodégradés qu'ils ingèrent simultanément avec les particules minérales abondantes dans l'horizon A de prélèvement.

Les fèces étudiés sont obtenus de deux manières différentes : - par une légère pression sur l'abdomen, les termites déféquent le contenu de leur ampoule rectale; - par récupération dans une boîte d'élevage expérimentale.

Caractérisation chimique :

La méthode adoptée (5) utilise des critères de solubilité de la matière organique du sol dans un solvant alcalin : 1,5 g de la fraction étudiée est mis en suspension dans 150 ml de pyrophosphate de Na 0,1 M ajusté à pH 9,8 (HC1 3N), et agité pendant 1 h, puis centrifugé à 10 000 tours pendant 20 minutes. On répète l'extraction une deuxième fois selon la même méthode. Le carbone et l'azote du culot de centrifugation correspondant à la matière organique non extractible (humine) sont dosés avec l'auto-analyseur CHNO Carlo Erba. Le carbone du surnageant (matière organique extractible: acides fulviques et humiques) est dosé au Carmograph, l'azote du surnageant par la méthode Kjeldahl.

Le culot de centrifugation fera l'objet d'une étude au microscope électronique à transmission.

La séparation des acides fulviques (AF) et humiques (AH) s'effectue par acidification du surnageant à pH 1,5-1,7 (HC1 6N) qui entraîne la précipitation des acides humiques, les acides fulviques restant en solution. On sépare ces deux fractions par centrifugation à 3000 tours pendant 1 h. Le carbone des acides fulviques est dosé au Total Carbon Monitor Carlo Erba, l'azote par la méthode Kjeldahl.

Etude ultrastructurale:

La fixation des échantillons (déjections et culot de la 1ère centrifugation) est faite au tétraxide d'osmium avant inclusion dans une résine de type épon. Les coupes sont contrastées à l'acétate d'uranyle puis au citrate de plomb. Les polysaccharides neutres sont mis en évidence par la réaction de Thiery (6). Les observations sont faites au microscope électronique ZEISS EM 95-2 réglé à 60 kv.

RESULTATS

Caractérisation chimique des déjections de *Thoracolerme macrothorax* :

g/100g d'échant.				en % du C et N total				en % du C et N extrait					
C	N	C/N	Taux de cendres	Humines		AF+AH		AF		AH		AF/AH en C	AF/AH en N
				C	N	C	N	C	N	C	N		
8,59	1,08	7,95	82	68	44	32	56	65	88	35	12	1,85	7,3

Les déjections sont constituées d'environ 17% de matière organique et de 82% de matière minérale. On remarque un taux assez élevé d'azote (1,08%), entraînant un C/N faible de 7,95 caractéristique de la minéralisation de l'échantillon.

L'extraction par le pyrophosphate met en évidence l'existence de produits humiques. Ces composés extraits, représentent au total de l'ordre de 30% du carbone et de 50% de l'azote de l'échantillon. On note qu'ils sont surtout représentés par les acides fulviques.

Etude ultrastructurale des fèces.(1),(2)

Après le brassage intestinal, l'ultrastructure des fèces, montre une très grande quantité de minéral essentiellement sous forme de phyllites, entre lesquels s'insèrent des débris végétaux plus ou moins lysés.

Les particules minérales sont adsorbées sur les structures végétales avec une imbrication plus ou moins complexe.

Les liaisons organo-minérales ainsi formées sont dues, d'une part à une compression des aliments au cours du transit intestinal, d'autre part à des liaisons physico-chimiques.

Ce sont les forces de ces liaisons organo-minérales qui d'une certaine façon sequestrent une partie de la matière organique, qui ont été testées, par l'action du pyrophosphate à pH 9,7. Ce dernier dissocie les micro-agrégats en dispersant les ciments argileux et colloïdaux, sans toutefois endommager les procaryotes. (7).

Etude ultrastructurale des fèces, après extraction alcaline des composés humiques.

□ Une vue d'ensemble montre que les grands éléments végétaux figurés se sont détachés de la matrice organo-minérale, sans toutefois perdre leur liaison avec les phyllites. L'épaisse couronne de particules minérales qui entourait ces éléments a disparu, et se réduit à présent à un mince liseré de particules qui s'adsorbent et pénètrent dans la structure végétale. Cette pénétration des phyllites est fonction de l'état de biodégradation des parois fragmentées. L'érosion se traduisant par des bords diffus dont la surface granulo-fibrillaire, montre souvent la présence de polysaccharides non extraits. (8)

Ces liaisons entre matière minérale et matière organique encore figurée aboutissent à une séquestration précoce de ce type de matière organique, formant ce que l'on appelle *l'humine héritée*.

□ Les débris d'hyphes mycéliens sont toujours entourés d'un liseré d'argile, ainsi que le mucilage polysaccharidique des colonies bactériennes. L'ensemble formant *l'humine microbienne*,

□ La matrice organo-minérale, ne présente plus la même homogénéité que précédemment. Des blocs de 0,50 à 1 µm sont accolés les uns aux autres. On y retrouve des fragments végétaux très biodégradés d'aspect granulo-fibrillaire difficilement identifiables et des granules d'assez grande taille accolés aux particules argileuses. L'ensemble formant *l'humine d'insolubilisation*.

Les granules de petite taille semblent avoir disparu. On note toujours dans cette matrice, la présence des polysaccharides neutres.

Ainsi une fraction de la matière organique transformée sous forme granulo-fibrillaire, n'a pas été extraite, et conserve ses liaisons avec le minéral.

Les phyllites, observés à fort grossissement présentent une surface plus nette, sans doute en raison de la disparition des substances colloïdales ou amorphes qui les revêtaient.

DISCUSSION

Les liaisons organo-minérales qui persistent après extraction permettent de dire que les déjections ont acquis lors du brassage intestinal une certaine stabilité micro-structurale provenant d'une agrégation due à l'action de différents paramètres physico-chimiques dont :

- les polysaccharides; ils sont, en grande quantité, issus des produits du métabolisme et des sécrétions bactériennes. On connaît bien en microbiologie du sol ce rôle des bactéries dans l'édification des agrégats, en cimentant entre elles les particules minérales par leurs capsules ou leurs sécrétions mucilagineuses.(9).

- les phyllites argileuses; par leur énorme surface spécifique, les argiles font preuve d'un pouvoir adsorbant considérable qui s'exerce en particulier vis à vis des composés organiques, (10). On attribue ce pouvoir adsorbant à l'intervention de forces physiques ou forces de Van der Waals et de forces chimiques.

L'adsorption des substrats organiques humifiés s'accompagne d'une protection vis à vis des actions enzymatiques. On peut attribuer à cette protection une partie de la résistance à la biodégradation de la matière organique des fèces et donc du sol complexé par les argiles, formant des complexes organo-minéraux.

- les composés humiques; les acides fulviques et humiques ou colloïdes humiques, offrent de nombreuses possibilités de liaisons chimiques électronégatives (11). Leur pouvoir agrégatif est moins intense que celui des mucilages microbiens, mais cependant très efficaces en raison de leur plus grande résistance à la biodégradation.

- les cations de liaisons à charges positives; tels que les cations trivalents, Fe^{3+} et Al^{3+} , particulièrement abondants dans les sols tropicaux, jouent un rôle efficace comme lien chimique.

La résultante de ces liaisons additives se traduit par une forte cohésion organo-minérale. (12),(13).

CONCLUSIONS

Dans le tube digestif des termites, la matière organique subit une succession de décompositions et de synthèses, c'est à dire une humification sous l'action mécanique et enzymatique du tractus digestif et de sa microflore associée.

Ces transformations aboutissent à l'élaboration de fractions humifiées et surtout à la formation de micro-agrégats d'origine biologique qui sont les premiers maillons d'un complexe argilo-humique contribuant à la stabilité de la micro-structure vis à vis des agents de dégradation de l'humus.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) GARNIER SILLAM E., VILLEMEN G., TOUTAIN F., RENOUX J., 1984 - *Act. Coll., I.U.E.S.S.I., Diepenbeck*, II, p. 319-322.
- (2) GARNIER SILLAM E., VILLEMEN G., TOUTAIN F., RENOUX J., 1985 - *C.R.A.S., Paris*, t. 301, III, 5, p. 213-218
- (3) BOYER P., 1971 - *La Vie dans les Sols.*, Gauthier-Villars, p. 279-333.
- (4) GRASSE P.P., 1982 - *Termitologie*, 1, Masson, 676 p.
- (5) BRUCKERT S., 1979 - In : " *Constituants et propriétés du sol*", de BONNEAU M. et SOUCHIER B., Masson Ed., Paris.
- (6) THIERY J.P., 1967 - *J. Micros.*, 6, p. 987-1017.
- (7) REISINGER O., TOUTAIN F., MANGENOT F., ARNOULD M.F., 1978 - *Canad. Jour. Microbiol.*, 24, p. 725-733.
- (8) GARNIER SILLAM E., VILLEMEN G., TOUTAIN F., RENOUX J., 1985 - *Act. Coll., Int. de Micromorphologie des Sols*, Sous presse.
- (9) DOMMERGUES Y., 1968 - *La Biologie des sols*, Press. Universit. de France, 127p.
- (10) DUCHAUFOR Ph., 1983 - *Pédologie*, 1, 2^e éd., Masson, 491 p.
- (11) DUCHAUFOR Ph., 1983 - *Pédologie*, 2, 2^e éd., Masson, 460 p.
- (12) GREENLAND D.J., 1965 - *Soils and Fertl.*, 28, p.415-425.
- (13) MARTIN J.P., 1971 - *Soil Biol. Biochem.*, 3, p.33-41.