

CONSUMMATION DE TERRE PAR LES TERMITES HUMIVORES DANS LES SOLS DE DEUX ECOSYSTEMES DE LUISWISHI (HAUT SHABA-ZAIRE)

Earth consumption by humivorous termites in the soil
of two ecosystems in Luiswishi (High Shaba, Zaïre).

ALONI K., NOTI M. & KAGOMA N. *

ABSTRACT

The humivorous termite population in the Luiswishi area amounts to about $22 \cdot 10^6 \text{ ha}^{-1}$ in savanna and $8.6 \cdot 10^6 \text{ ha}^{-1}$ in dry woodland. Cubitermes is the main genus (80 %) which includes at least six species in savanna and three species in dry woodland. They are respectively spread in more than 4,000 and 1,200 epigenous mounds.

Those termites have a double action in the soils :

- i) humus degradation ($230 \text{ to } 340 \text{ kg ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$)*
- ii) earth mixing which is particularly important. 7.9 tons ha^{-1} in savanna and 3.7 tons ha^{-1} in dry woodland annually transit through their digestive tract.*

RESUME

La population des termites humivores de Luiswishi est d'environ $22 \cdot 10^6$ individus ha^{-1} en savane et de $8,6 \cdot 10^6$ en forêt claire. Elle est représentée en ordre principal (80 %) par le genre Cubitermes qui comprend au moins 6 espèces en savane et 3 espèces en forêt claire, réparties dans plus de 4.000 et 1.200 termitières épigées.

L'étude a permis de mettre en évidence l'action double de ces termites dans le sol.

- Ils participent à la dégradation de l'humus du sol pour au moins $230 \text{ à } 340 \text{ kg ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$.*
- Ils exercent une action de brassage importante du sol dans la mesure où au moins 7,9 tonnes de terre ha^{-1} en*

* Faculté des Sciences, Université de Lubumbashi, B.P. 1825, Lubumbashi, Zaïre.

savane et $3,7 \text{ tonnes ha}^{-1}$ en forêt claire transitent annuellement par leurs tubes digestifs.

INTRODUCTION

Sur le plan zoologique, la faune du sol de Luiswishi (28 km au N.E. de Lubumbashi) a été étudiée en détail par GOFFINET (1973, 1975 et 1976) et par NOTI (1984). L'inventaire montre que le peuplement en termites occupe une place très importante. Sa population a été évaluée par GOFFINET (1976) à $20 - 25 \cdot 10^6$ individus ha^{-1} en savane. 10^7 individus en forêt claire, représentent respectivement 84 kg et 22,9 kg de biomasse sèche (tubes digestifs pleins).

Ce peuplement est, de plus, riche en espèces. GOFFINET (1976) y a distingué, sur base du régime alimentaire, trois groupes principaux : les lignivores (*Macrotermes falciger*, *Amitermes importunus* et *A. trunctoidens*, *Ancistrotermes latinitus*, *Odontotermes sp.*, *Pseudocanthotermes militaris*, *Allotermes sp.* et *Microtermes sp.*) auxquels s'ajoute *Ancistrotermes bequaertianus* (MALAISSE & BUHENDWA, 1982 a), constructeur des nids arboricoles en carton stercoral; les fourrageurs (*Trinervitermes sp.*) et les humivores.

Ce dernier groupe qui nous intéresse ici à cause de son régime "géophage", est constitué en ordre principal par le genre *Cubitermes* qui comprend au moins 6 espèces en savane et 3 en forêt. Il représente à lui seul 70 à 80 % de la population, 80 à 90 % de la biomasse des arthropodes édaphiques en savane et 70 % tant en nombre qu'en biomasse en forêt claire.

Outre les *Cubitermes* dominants ($17 \cdot 10^6$ individus ha^{-1}), on observe encore parmi les humivores : *Ophiotermes shabaensis* ($2 \cdot 10^6$ individus ha^{-1}), *Crenetermes sp.* ($2,1 \cdot 10^6$ individus ha^{-1}) et quelques *Noditermes sp.*, *Basidentitermes sp.*, *Apicotermes sp.* confiné à la savane et *Megagnatotermes katangensis* spécifique de la forêt claire. Au total, la population des humivores s'élève à près de $22 \cdot 10^6$ termites ha^{-1} en savane et $8,55 \cdot 10^6$ termites en forêt.

Si l'on dispose de données importantes relatives aux groupes zoologiques, les multiples implications de leurs activités dans le sol n'ont été jusqu'ici qu'effleurées.

La présente étude tente d'apporter une contribution à la compré-

hension de l'un de ces aspects à savoir la quantité de matière minérale et organique qui transite annuellement par le tube digestif des humivores et la conséquence de cette activité pour le sol.

Le site

Les recherches ont été effectuées dans deux formations végétales caractéristiques d'une série régressive : forêt dense sèche - forêt claire - savane boisée, le tout groupé sur une étendue relativement restreinte : 200 à 300 mètres seulement de savane boisée séparent la forêt dense de la forêt claire. La forêt dense intéresse peu ce travail puisqu'on n'y observe aucune termitière d'humivores.

Ces formations ont été largement décrites par MALAISSE (1973, 1978, 1982 b, 1984) et FRESON *et al.* (1974). La forêt claire est dominée par *Marquesia macroura* formant l'étage supérieur à 15 - 18 m de hauteur. Le sous-bois épars est composé de *Baphia bequaertii* et *Uapaca kirkiana*. La strate herbacée est quasi totalement occupée par *Setaria termitaria* en formation discontinue. La savane par contre est essentiellement couverte de *Loudetia simplex* en touffes denses. Les arbustes y sont peu fréquents : 5 à 15 m² ha⁻¹ seulement de surface terrière contre 15 à 25 m² en forêt claire et 30 à 40 m² en forêt dense sèche (MALAISSE, 1982 b). De petits groupements denses se trouvent surtout autour et sur les hautes termitières de *Macrotermes falciger* (1 à 5 ha⁻¹). Le feu de brousse parcourt annuellement savane et forêt claire.

Tous ces écosystèmes sont situés sur un même type de sol ferrallitique ocre-jaune (7,5 YR 3/3 - 5/8), acide (pH 5 - 5,6) profond (plus de 2 m) à texture finement argileuse (45 à 50 % de particules inférieures à 2 microns) et bien drainé.

La densité des petites termitières (20 cm de haut et 50 cm de circonférence) y est de plus de 5.000 ha⁻¹ en savane et près de 1.500 en forêt claire. La grande majorité d'entre elles sont érigées par les *Cubitermes*. Les autres termites les occupent généralement en substitution ou en cohabitation.

En ce qui concerne le climat, rappelons que la température moyenne annuelle est d'environ 20,3° C, les précipitations réparties en 5 - 6 mois (novembre à mars) de l'ordre de 1.230 mm (MALAISSE *et al.*, 1978; SOYER & NTOMBI, 1982; NTOMBI, 1982).

METHODES

La méthode utilisée pour évaluer la quantité de terre ingérée et excrétée par les humivores a consisté à éventrer quelques centaines de termites aussitôt après leur récolte afin d'extraire le contenu du tube digestif. Pour cela, l'animal déposé dans une boîte de Pétri est immobilisé à l'aide d'une première aiguille montée que l'on fixe sur le thorax ou la tête. Avec une seconde aiguille, on ouvre le rectum pour sortir l'intestin. Il suffit à ce moment de blesser l'extrémité anale de l'intestin pour vider sans difficulté le tube digestif. Les carcasses et les extraits sont séchés et gardés séparément.

Pendant le même temps, un deuxième opérateur met dans des béciers de 600 ml quelques centaines de termites provenant du même nid en vue de récolter leurs excréments. Pour réduire le stress éventuel consécutif au changement de milieu, les insectes ont d'abord séjourné au laboratoire pendant 24 heures. Les bocaux ont été couverts avec du papier buvard régulièrement mouillé pour maintenir humide l'atmosphère du récipient. Chaque série d'expérience comprenait au moins 5 répétitions, pour s'assurer d'une bonne production d'excrétats et minimiser les erreurs.

A la fin de l'expérience (24 heures), les contenus des tubes digestifs et les déjections réunies par série d'essais sont calcinés à 600° C en vue d'évaluer les pertes au feu. Ces résultats sont comparés aux résidus en cendre des termites entiers.

RESULTATS

Terre en transit dans le tube digestif

Les résultats obtenus sur environ 2.600 termites (1.248 en savane et 1.360 en forêt) soumis à l'expérience sont repris au Tab. I. Le contenu du tube digestif représente 80 à 86 % de l'ensemble de l'animal, soit des moyennes de 83 et 84 % dans l'un et l'autre milieu. En poids brut, les moyennes pour 100 termites sont de l'ordre de 0,332 mg en savane et de 0,369 mg en forêt claire.

Des variations importantes, allant parfois du simple au triple, s'observent d'une série à l'autre. Les erreurs de manipulation n'ont eu aucune incidence significative à ce niveau puisque des séries de même taille prélevées le même mois (séries 8 et 9 d'avril en forêt et

SAVANE			FORET CLAIRE		
Nombre termite	Contenu tube digestif		Nombre termite	Contenu tube digestif	
	(g)	%		(g)	%
122	0,6069	84,16	200	0,6811	83,95
100	0,3663	83,00	360	1,0703	84,88
100	0,6422	82,27	200	0,8413	84,00
100	0,2036	82,70	100	0,2609	83,87
100	0,2970	80,36	100	0,3422	84,88
100	0,2223	81,91	100	0,5812	84,06
103	0,2656	85,95	100	0,3506	83,33
103	0,2982	81,57	100	0,2313	85,19
100	0,3036	85,30	100	0,6733	84,88
100	0,7000	83,03	-	-	-
220	0,2397	83,95	-	-	-
Moy/100 termite	0,232	83,00	Moy/100 termite	0,370	84,31
Moy ha ⁻¹ (Kg)	73,04		Moy ha ⁻¹ (Kg)	31,65	

Tab. I : Poids de la matière organique et minérale contenue dans les tubes digestifs des termites.

8 à 10 de février en savane) montrent également des différences pondérales importantes.

Il faut plutôt voir là l'influence due à l'espèce dont les dimensions et donc les capacités stomacales peuvent différer fortement. On peut noter à ce sujet que les espèces 2 et 4 pèsent nettement plus lourd (plus de 0,5 g/100 termites) que les espèces 1, 3 et 6 qui ont toutes un poids inférieur à 0,3 g/100 termites (GOFFINET, 1973). Nous nous sommes servis de ces résultats pour estimer la quantité de terre en transit, à tout moment, dans les tubes digestifs des humivores en multipliant cette moyenne par le nombre total de termites par ha. On obtient de la sorte l'équivalent de 73 Kg en savane et 31,6 Kg en forêt claire.

Terre excrétée

La quantité de terre excrétée par les termites a été calculée en considérant comme production journalière, les déjections retrouvées dans les bédiers après un séjour de 24 heures au laboratoire. Seuls les lots qui n'ont pas connu de mortalité ont été pris en compte.

Le Tableau II donne les résultats de l'expérience effectuée sur près de 9.000 et 3.000 humivores de savane et de forêt claire. Ceux-ci ont produit respectivement 8.915 mg et 3.612 mg soit une moyenne de 98,3 et 117 mg de terre par 100 termites et par jour soit 7,9 et 3,65 tonnes de déjection $\text{ha}^{-1} \text{an}^{-1}$ pour toute la population concernée.

En prenant la densité réelle du sol qui est de 1,33 (ALEXANDRE & NZENGU, 1974) cette masse de terre représente l'équivalent d'une couche de l'ordre de 59,4 cm en savane et 27,4 cm en forêt en 1.000 ans. En ce qui concerne la savane, il est intéressant de noter que cette activité entièrement hypogée représente environ 3 fois la quantité de terre utilisée par les humivores pour la construction et la croissance de leurs termitières épigées ($2,8 \text{ t ha}^{-1} \text{an}^{-1}$), plus de 4 fois l'érosion pluviale de ces mêmes constructions ($1,8 \text{ t ha}^{-1} \text{an}^{-1}$) (ALONI & SOYER, 1985).

Comme pour les contenus des tubes digestifs, les poids des déjections varient selon la série. Outre l'influence due à l'espèce, on ne peut exclure dans le cas présent, le problème de réadaptation au milieu et les variations accidentelles de l'humidité relative de l'atmosphère dans les récipients d'élevage.

	SAVANE		FORET CLAIRE	
	N. Termites	Poids déjections	N. Termites	Poids déjections
1	1.090	880,1	1.123	1.110
2	550	320,1	860	1.170
3	2.048	859,5	60	22
4	1.505	900,2	620	300
5	602	1.240	424	1.010
6	470	770	-	-
7	682	1.440	-	-
8	515	900	-	-
9	864	1.000	-	-
10	745	605,9	-	-
Total	9.069	8.915	3.087	3.612
$\bar{x}/100$ Termites		98,30		117
$\bar{x}$ ha ⁻¹ an ⁻¹ an		7,9		3,65

Tableau II : Poids des déjections (mg) des termites en 24 heures.

La méthode prend en plus en compte le phénomène bien connu mais difficilement quantifiable de coprophagie. En l'absence d'une autre source d'aliment ce phénomène n'a pu être que renforcé. Nous avons cependant maintenu cette approximation en considérant, plus particulièrement en ce qui concerne les humivores, que ce phénomène qui a lieu aussi en milieu naturel s'y produit, *mutatis mutandis*, comme observé en laboratoire. En effet, ce genre de termite se nourrit préférentiellement aux dépens des horizons superficiels qui, en régions de savane, sont les seuls pourvus d'un peu d'humus. Le passage répété des termites dans les mêmes horizons entraîne l'ingestion par les uns d'une partie au moins des excréments des autres.

Teneur en humus

Pour avoir un ordre de grandeur de la part de matière organique et minérale présente dans les extraits et les déjections des humivores, des tests de perte au feu (à 600° C) ont été réalisés. Les résultats sont repris aux Tableaux III, IV et V.

Les extraits intestinaux (Tab. III) donnent des pertes moyennes d'environ 17 % en savane et 21,6 % en forêt claire. Comme les contenus des tubes digestifs représentent 83 et 84,3 % du poids des termites entiers (Tab. I), les pertes réelles enregistrées se ramènent en fin de compte à 14 et 18,2 % de l'ensemble de l'animal. Ainsi, la perte au feu du contenu du tube digestif augmentée de la carcasse (Tab. I) devient égale à 31,1 % en savane et 33,9 % en forêt et est comparable aux valeurs de 28,7 et 29 % obtenus par calcination des termites entiers (Tab. IV), si l'on tient compte :

- des erreurs introduites notamment par la perte des parties fragiles telles que les pattes des insectes au cours des manipulations
- du résidu en cendre de la carcasse
- et surtout des excréments des termites entre le moment de récolte et le moment de la mise à l'étuve, qui sont susceptibles de modifier les rapports entre les constituants. Pour ces raisons, la quantité d'humus des contenus des tubes digestifs a été calculée sur base des pertes au feu moyennes relatives aux extractions réalisées directement après la récolte des termites (Tab. III).

De la sorte, les 73 et 31,7 Kg ha⁻¹ des contenus intestinaux (Tab. I) se décomposent en 12,4 Kg d'humus et 60,7 Kg de particules

SAVANE

FORET CLAIRE

SERIE	Poids testé (g)	Perte au feu	Résidu min.	Poids testé (g)	Perte au feu	Résidu min.
1	0,282	18,23	81,77	0,225	21,72	78,28
2	0,347	15,60	84,41	0,259	24,34	75,66
3	0,416	16,05	83,95	0,323	20,72	79,28
4	0,728	17,92	82,08	0,345	19,07	80,93
5	0,351	16,65	83,35	0,404	23,02	76,95
6	0,371	17,37	82,63	0,487	20,62	79,38
$\bar{x}$		17,00	83,00		21,60	78,42

Tab. III : Perte au feu et résidu minéral (%) du contenu des tubes digestifs des termites humivores.

SERIE	SAVANE			FORET CLAIRE		
	Poids testé (mg)	Perte au feu	Résidu min.	Poids testé (mg)	Perte au feu	Résidu min.
1	433	30,50	69,50	200	31,30	68,70
2	463	28,00	72,00	368	34,70	65,30
3	632	26,60	73,40	400	26,00	74,00
4	638	25,30	74,70	401	29,80	70,20
5	642	25,20	74,80	401	31,00	69,00
6	703	27,80	72,20	411	26,30	73,70
7	869	30,00	70,00	402	27,90	72,10
8	911	30,20	69,80	402	27,40	72,60
9	1.379	31,10	68,90	403	29,20	70,80
10	1.384	32,20	67,80	1.205	26,70	73,30
Moy.		28,69 ± 2,47	71,31 ± 2,47		29,00 ± 2,74	71,00 ± 2,74

Tab. IV : Perte au feu et résidu minéral (%) des *termi*tes entiers.

minérales ha^{-1} en savane, en 6,8 Kg d'humus et 24,7 Kg de particules minérales en forêt claire. GOFFINET (1976), se basant uniquement sur la calcination des termites entiers, a trouvé des valeurs similaires; c'est-à-dire 53 Kg et 15 Kg ha^{-1} de matière minérale, 17 et 5 Kg de matière organique respectivement en savane et en forêt.

Au cours du passage dans le tube digestif, une partie de l'humus est assimilée par les termites. Ceci se traduit dans le tableau V par une perte moyenne au feu plus faible de la terre excrétée : 12,7 % contre 17,2 % dans le contenu stomacal en savane et 15,3 % contre 21,6 en forêt claire.

La fraction minérale par contre passe de 83 à 87,3 % et de 78,4 à 84,7 % respectivement en savane et en forêt claire; de telle sorte que les 7,9 et 3,7 tonnes d'excrétions annuelles ha^{-1} (Tab. II) se fractionnent en une tonne d'humus et 6,9 tonnes de matière minérale dans la savane, et en 5,6 tonnes d'humus et 3,1 tonnes de matière minérale en forêt.

La différence de perte au feu entre les contenus des tubes digestifs et les déjections (4,3 % en savane, 6,3 % en forêt), permet en gros de se faire une idée sur l'assimilation nette ou la minéralisation due aux besoins physiologiques des termites.

Le calcul effectué sur la base des déjections annuelles donne une perte d'humus par assimilation d'environ 340 Kg $\text{ha}^{-1} \text{an}^{-1}$ en savane et 230 Kg $\text{ha}^{-1} \text{an}^{-1}$ en forêt; tandis que le taux d'assimilation s'élèverait à 25,2 % dans le premier milieu et à 29,2 % dans le second. Ce taux est un peu plus élevé que celui de *Cubitermes exiguus* : 15 % (HEBRANT, 1970; in Wood 1983) et de *Millsonia anomala* ver oligochète de la savane de Lamto; 2 % (LAVELLE, 1977), mais nettement inférieur à ceux de *Cubitermes* sp. en Ouganda; 82,9 % (OKWAKOL, 1980).

DISCUSSION

Deux difficultés majeures limitent l'évaluation plus précise de la quantité de terre consommée par les termites humivores. Il y a d'une part le fait que toute l'activité a lieu entièrement dans le sol sans manifestation extérieure. Les terres excrétées par les termites par exemple ont généralement la même coloration que celle des horizons dans lesquels les déjections sont abandonnées. Il est dès lors non seulement hasardeux mais souvent impossible de dissocier les traces des actions dues aux termites de celles dues aux autres processus pédogénétiques.

SERIE	SAVANE			FORET CLAIRE		
	Poids testé (mg)	Perte au feu	Résidu min.	Poids testé (mg)	Perte au feu	Résidu min.
1	206	13,06	86,94	1.174	18,30	81,70
2	319	11,08	88,92	317	13,43	86,57
3	580	15,93	84,07	316	12,30	87,70
4	489	10,40	89,60	260	14,60	85,40
5	954	14,24	85,76	144	17,80	82,20
6	494	12,91	87,09	-	-	-
7	836	11,02	88,98	-	-	-
$\bar{x}$		12,66	87,34		15,30	84,70
$\bar{x} \text{ ha}^{-1}$ an^{-1} (tonne)		1	6,9		0,56	3,1

Tab. V : Perte au feu et résidu minéral (%) des déjections .

La seconde difficulté apparaît lorsqu'on essaie de quantifier les déjections journalières en vue de mesurer le brassage réel effectué par ces termites. Ceci n'est possible que si l'on évalue la quantité des excréments en l'absence de coprophagie tout en assurant à l'animal une alimentation normale. Certains organismes "géophage" tels que les lombrics ingèrent en effet par jour une quantité de terre plusieurs fois supérieure à leur poids.

Les résultats obtenus à Luiswishi ne donnent donc qu'un ordre de grandeur de ce que peut représenter l'activité souterraine des humivores et cet ordre de grandeur n'est pas exagéré si on le compare aux valeurs trouvées dans la littérature. Par exemple, 265 *Cubitermes* spp. au m² de la savane de Kaazi (Ouganda), consomment 793 g m⁻² an⁻¹ (OKWAKOL, 1980) contre 365 et 7.909 respectivement par 1.000 et 2.500 humivores à Luiswishi.

Les vers de terre brassent un tonnage plus important encore : 1.000 tonnes ha⁻¹ an⁻¹ de turricules dans la savane de Lamto (Côte d'Ivoire) dont 507 par le seul *Millsonia anomala* (LAVELLE, 1977), or la biomasse fraîche de ce ver (241 Kg ha⁻¹) qui ingère de 6 à 25 fois son poids de terre par jour est comparable à celle des humivores de la savane de Luiswishi (250 Kg ha⁻¹) (GOFFINET, 1973); 50 t. (érosion non comprise) dans les savanes de Côte d'Ivoire (ROOSE, 1976, 1982); 46 t. dans la zone forestière d'Ibadan (NYE, 1955); 200 à 260 t. dans les sols "dentelles" au Nord du Cameroun et dans la vallée du Nil blanc au Soudan (BACHELIER, 1971; JEANSON, 1971). Dans les régions tempérées, on estime même que les 10 cm superficiels de certains sols passent dans les tubes digestifs des lombrics en 10 à 20 ans (BACHELIER, 1971; JEANSON, 1971).

CONCLUSION

Des observations plus longues sont certainement encore nécessaires pour évaluer tous les aspects des activités des termites humivores dans les sols. Toutefois, au stade actuel, il est déjà possible de retenir les résultats suivants :

- Les termites humivores prennent une part non négligeable dans la dégradation de l'humus du sol, ainsi que l'avait déjà signalé OKWAKOL (1980), en minéralisant de 230 à 340 Kg ha⁻¹ an⁻¹ pour subvenir à leurs besoins physiologiques.

- Par leur régime alimentaire "géophage", ils assurent un brassage important du sol dans la mesure où au moins 7,9 tonnes de terre par ha en savane et 3,7 tonnes en forêt claire de Luiswishi transitent annuellement dans leurs tubes digestifs.
- Dans le cas de la savane, les excréments de terre par les humivores représentent trois fois la quantité de matériaux remontés par les mêmes termites, sous forme de nouvelles constructions et de croissance annuelle de termitières épigées (2,8 ha¹ an¹).

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDRE, J. & NZENGU, J., 1974. Le régime hydrique dans les sols de la région de Lubumbashi (Haut-Shaba, Zaïre), *Pédologie*, XXIV, 1, 40-62.
- ALONI, K., MALAISSE, F. & KAPINGA, I., 1983. Le rôle des termites dans la décomposition du bois et le transfert de terre dans une forêt claire zambézienne (Shaba-Zaïre) in LEBRUN *et al.* (édit.) *New trends in soil Biology*.
- ALONI, K. & SOYER, J. (sous presse). Cycle des matériaux de construction de termitières d'humivores en savane au Shaba méridional (Zaïre) *Rev. Zool. Afric.* (Tervuren).
- BACHELIER, G., 1963. La vie animale dans les sols. *Orstom* (Paris). *Init. et doc. tech.*, 280 p.
- BACHELIER, G., 1971. Action de la faune dans l'évolution des sols considérés en tant qu'équilibres naturels, in Pesson (éd.). *La vie dans les sols*. Gauthiers - Villars, 45-82.
- FRESON, R., GOFFINET, G. & MALAISSE, F., 1974. Ecological effects of the regressive succession muhulu-miombo-savane in Upper Shaba (Zaïre). *Proc. 1st int. Cong. Ecol.* (La Haye), Wageningen Centre of Agricultural publishing and Documentation, 414 b, 365-371.
- GOFFINET, G., 1973 a. Synécologie comparée des milieux édaphiques de quatre écosystèmes caractéristiques du Haut-Shaba. Thèse de doct. Univ. Liège, 332 p.
- GOFFINET, G., 1973 b. Etude comparative des effectifs de quelques groupes arthropodiens du sol intercalique de quatre biotopes katangais (Zaïre). *Ann. Univ. Abidjan, série E. Ecol.*, 6, 2, 251-256.
- GOFFINET, G., 1975. Ecologie édaphique des milieux naturels du Haut-Shaba (Zaïre); I. Caractéristiques écotopiques et synécologiques comparées des zoocenoses intercaliques. *Rev. Ecol. Biol. Sols*. (Paris), 12, 4, 691-722.

- GOFFINET, G., 1976. Ecologie édaphique des milieux naturels du Haut-Shaba (Zaïre), III : Les peuplements en termites épigés au niveau des latosols. *Rev. Ecol. Biol. Sols.* (Paris), 13, 3, 459-475.
- JEANSON, C., 1971. Etude expérimentale de l'action des vers de terre sur les sols artificiels, in Pesson (éd.), *la vie dans les sols*. Gauthier - Villars, Paris, 211-278.
- KAKULE SABITI, J.M.N., 1980. The ecological role of ants (formicidae) in the ecosystem. *Afr. J. Ecol.*, 18, 113-121.
- KAKULE SABITI, J.M.N. & BANAGE, W.B., 1977. Some aspects of ecology of the stink ant, *Paltothyreus tarsatus* (Fab.), in Uganda, *Geo-Eco-Trop*, 1, 2, 119-138.
- KHAN, A.M. (s.d.). Effet of humidity on feeding activities in development of termites.
- LAVELLE, P., 1977. Bilan énergétique des populations naturelles du ver de terre géophage. *Millsonia anomala* (Oligochètes - Acanthodrilidae) dans la savane de Lamto (Côte d'Ivoire). *Geo-Eco-Trop*, 1, 2, 149-157.
- LEE, F. & WOOD, T.G., 1971. *Termites and soils*. Academic press, London.
- MALAISSSE, F., 1973. Contribution à l'étude de l'écosystème forêt claire (Miombo), note N° 8. Le projet Miombo, *Ann. Univ. Abidjan, série E, Ecol.*, 6, 227-250.
- MALAISSSE, F., 1982. Comparison of the woody structure in a regressive zambesian succession : dry evergreen forest - open forest, wooded savanna (Luiswishi - Shaba - Zaïre). *Geo-Eco-Trop*, 6, 3, 309-350.
- MALAISSSE, F., MALAISSSE-MOUSSET, M. & SCHOROCHOFF, G., 1978. Analyse de la pluviosité à Lubumbashi et dans ses environs immédiats. *Geo-Eco-Trop*, 2, 3, 301-315.
- MALAISSSE, F. & BUHENDWA, M., 1982. Ecologie de *Microtermes bequaertianus* Sjöstedt (Isoptera, Termitidae - Amitermitinae) dans les environs de Lubumbashi, *Geo-Eco-Trop*, 6, 3, 201-217.
- NOTI, M. & BOURGEOIS, M., 1984. Premier inventaire des populations d'Acariens Oribates du sol du Haut-Shaba (Zaïre). *Ann. Fac. des Sciences*. Univ. Kisangani.
- NTOMBI, M.K., 1982. La date du début de la saison des pluies à Lubumbashi, *Geo-Eco-Trop*, 6, 3, 183-190.
- NYE, P.H., 1955. Some soil forming processes in the humid tropics, 4. The action of soil fauna. *J. Soil. Sc.*, 6, 1, 137-148.
- OKWAKOL, M.J.N., 1980. Estimation of soil and organic matter consumption by termites of genus *Cubitermes*. *Afr. J. Ecol.*, 18, 127-131.

- ROOSE, E.M., 1976. Contribution à l'étude de l'influence de la méso-faune sur la pédogenèse actuelle en milieu tropical. Orstom (Ronéo), 56 p.
- ROOSE, E.M., 1981. Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. *Trav. et Doc. Orstom*, 569 p.
- SYS, C. & SCHMITZ, A., 1959. Notice explicative de la carte des sols et de la végétation de la région d'Elisabethville. *Publ. INEAC*, N° 9, 150 p.
- WOOD, T.G., JOHNSON, R.A. & ANDERSON, J.M., 1983. Modification of soil in Nigeria savanna by soil feeding *Cubitermes*. *Soil Biol. Biochem.*, 15, 565-572.