

Analyse de la structure spatiale de nids épigés de trois genres de termites (Isoptera : Termitidae) d'un sol rocailleux situé sur un flanc de montagne en République du Congo.

Valentin DIBANGOU^{1*}, Mireille BELLE MBOU OKASSA^{1,2}, Grâce NIANGA BIKOUTA¹,
¹Laboratoire de Biodiversité et Écologie Animales, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, BP 69, Brazzaville, République du Congo.

²Rectorat de Limoges, 13 Rue François Chénieux, 87000 Limoges, France.

*Auteur correspondant, E-mail : dibangou@hotmail.com ; Tel : +242- 05-586-54-34

Mots clé : Nids épigés, termites, termitières, Isoptères, Termitidae

Key words: Epigeous nests, termites, termite mounds, Isoptera, Termitidae

Date of Acceptance 27/04/2021, Publication date 31/07/2021, <http://m.elewa.org/Journals/about-japs/>

1 RÉSUMÉ

Le but de cette étude a été d'étudier le type de répartition spatiale de trois genres de termites présents sur le flanc d'une montagne située en plein centre d'une plantation de canne à sucre. Une seule espèce épigée, *Pseudacanthotermes spiniger*, est connue comme étant présente dans ces plantations de canne à sucre. Trois genres de termites ont été identifiés sur le site d'étude : *Cubitermes* avec 44 nids, *Trinervitermes* avec 55 et enfin *Pseudacanthotermes* avec seulement 29 nids. L'analyse de la structure spatiale des termitières réalisée à l'aide du package *spatstat* du logiciel R et de l'utilisation la méthode K de Ripley basée sur les distances a montré que l'hypothèse d'une distribution agrégée est statistiquement significative aussi bien pour l'ensemble des nids présents sur le site d'étude que pour chacun des trois genres pris séparément. Cette étude montre également que la nature du sol rocailleux et la topographie du site jouent un rôle important sur la dispersion des sexués et les zones de fondation de nouvelles colonies.

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the spatial distribution patterns of three termite genera present on a mountainside located in the centre of a sugarcane plantation. Only one epigeal species, *Pseudacanthotermes spiniger*, is known to occur in these sugarcane plantations. Three genera of termites were identified at the study site: *Cubitermes* with 44 nests, *Trinervitermes* with 55 nests, and finally *Pseudacanthotermes* with only 29 nests. Analysis of the spatial structures of the termite mounds using the R software package *spatstat* and Ripley's K method based on distances showed that the hypothesis of an aggregated distribution is statistically significant for all nests present at the study site as well as for each of the three genera taken separately. This study also shows that the nature of the rocky soil and the topography of the site play an important role in the dispersal of the sexes and the areas of foundation of new colonies.

2 INTRODUCTION

Les termites sont des insectes sociaux appartenant à l'ordre des Blattaria et à l'infra Ordre des Isoptères (Krishna *et al.*, 2013). Eggleton, en 2000 rapporte que leur distribution s'étend à travers le monde et plus particulièrement dans les régions tropicales, subtropicales et semi-arides. Ce sont les forêts tropicales qui concentrent la plus grande diversité (Bignell et Eggleton, 2000). Dans les écosystèmes tropicaux, les termites représentent la macrofaune du sol la plus abondante (Wood et Sands 1978). Les constructions qu'ils érigent sont dénommées nids ou termitières. Ce sont ces dernières qui leur servent d'habitats et de greniers pour le stockage de leur nourriture. Ces mêmes constructions possèdent des formes et des tailles différentes (Zaremski *et al.*, 2009). Elles se dressent remarquablement dans de nombreuses formations naturelles et espaces agricoles tropicaux et subtropicaux (Harris, 1966 ; Lee et Wood, 1971 ; Tano, 1993 ; Black &

Okwakol, 1997 ; Ouédraogo, 1997). La formation de nouvelles colonies est assurée par les termites ailés ou sexués au cours de l'essaimage. Le développement d'une termitière se fait à partir de la formation d'un couple royal qui creuse un copularium au sein duquel éclosent les larves et les premiers ouvriers. Ces derniers sont chargés de la construction de la termitière (Josens, 1983). L'installation du couple reproducteur et les premiers stades de développement hypogé constituent l'étape la plus critique de la croissance des colonies. La compréhension de la distribution spatiale des organismes est d'une importance cruciale pour comprendre le fonctionnement des communautés écologiques dans leur environnement. Au vu de l'importance des termites dans le sol l'objectif de cette étude a été d'étudier la répartition spatiale des nids épigés qui colonisent un flanc de la montagne dite « Delacroix » en République du Congo (RC).

3 MATERIEL ET METHODE

3.1 Localisation de la zone d'étude : Le flanc ouest de la montagne dite « Delacroix » (une pente d'environ 10% d'inclinaison) a été choisi comme zone d'étude. Cette montagne présentant un sol rocailleux, se trouve au milieu

des plantations de canne-à-sucre du bloc « Bouala » (figure 1), situées dans la vallée du Niari, au sud-est de la RC. La vallée du Niari est encadrée par les méridiens 12°21 ouest et 14°57 et se trouve à cheval sur le 04°00 sud.

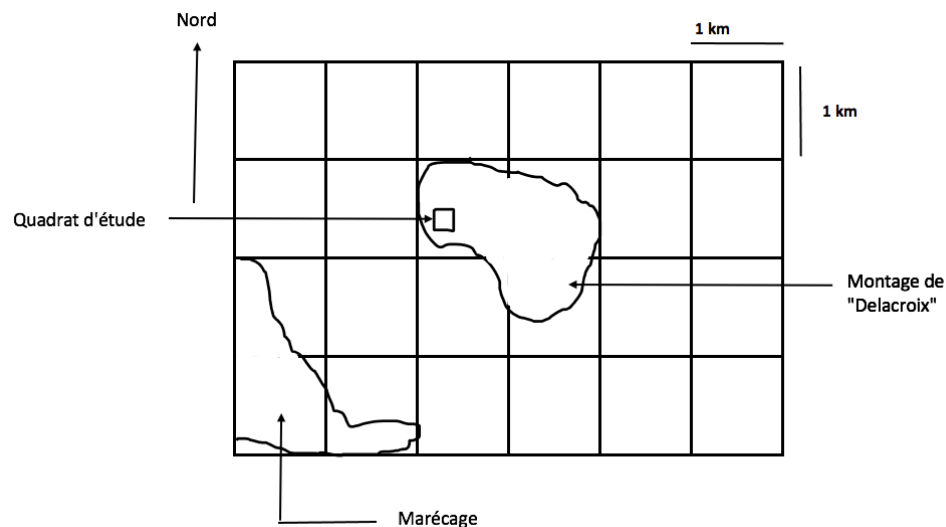


Figure 1 : Vue sur les plantations de canne à sucre du bloc « Bouala »

3.2 Échantillonnage : Cette étude a été entreprise pendant la saison sèche. Le comptage et l'étude de la répartition spatiale ont été réalisés sur une superficie de 1 ha. Cette surface est délimitée par des cordes et subdivisée en vingt-cinq (25) carrés de 1 are représentant des unités d'échantillonnages. Chaque unité d'échantillonnage est systématiquement explorée, la position de chaque nid à l'intérieur et par rapport à son voisin le plus proche est notée et rapportée sur un plan de la surface à échantillonner tracé sur du papier millimétré

3.3 Identification des termites : Les isoptères à nids épigés sont généralement caractérisés par la construction des termitières dont la morphologie est étroitement liée à l'espèce voire au genre de termites. Pour s'assurer de l'identité des termites, des excavations ont été effectuées dans les termitières en vue d'extraire des soldats. L'identification s'est faite à l'aide des clés de détermination de Sjösted (1926), Bouillon et Mathot (1965).

3.4 Analyse statistique : L'analyse de la structure spatiale des termitières a été réalisée à l'aide du package *spatstat* du logiciel R. La méthode des quadrats (Krebs, 1999 ; Diggle, 2003) a servi à tester l'hypothèse nulle H_0 d'une distribution aléatoire conforme à la Loi de Poisson. Le comptage des effectifs $N(i)$ termitières pour chaque quadrat i a été effectué. Le test de χ^2 d'ajustement sur la loi de Poisson

(distance à une distribution de Poisson) a été utilisé. En cas de rejet de H_0 (risque $\alpha \leq 0,05$), nous avons utilisé la méthode K de Ripley (1976; 1977) basée sur les distances pour conforter l'hypothèse d'une distribution statistiquement significative.

Le calcul K de Ripley se fait avec les fonctions « Enveloppe » et « Kest ».

La fonction « enveloppe » a permis le calcul des bandes de confiance par simulation de la statistique de base K (principe du Bootstrap paramétrique (Baddeley et Turner, 2005)). La fonction K est calculée à l'aide de la fonction Kest.

Par défaut, le graphe dessiné inclut :

$K_{obs}(r)$: valeur observée de $K(r)$ pour le modèle de données.

$K_{theo}(r)$: valeur théorique de $K(r)$ pour la CSR (Complete Spatial Randomness=processus ponctuel de Poisson)

$K_{hi}(r)$: enveloppe supérieure ponctuelle de $K(r)$ à partir de simulations

$K_{lo}(r)$: enveloppe inférieure point par point de $K(r)$ à partir de simulations

Lorsque la courbe $k(r)$ observée se trouve au-dessus de la courbe $k(r)$ théorique (=Poisson), l'agrégation spatiale est statistiquement significative. Par contre, lorsque la courbe $k(r)$ observée se trouve en dessous de la courbe ($k(r)$ théorique (= Poisson), la dispersion spatiale est statistiquement significative.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 Résultats :

4.1.1 Identification et répartition spatiale des termitières : Un total de cent vingt-huit nids (128 nids) a été dénombré et 3 genres identifiés. Il s'agit de :

- Genre *Trinervitermes* : 55 nids

- Genre *Cubitermes* : 44 nids

- Genre *Pseudacanthotermes* : 29 nids

La carte de répartition spatiale de l'ensemble des termitières des 3 genres est indiquée sur la figure 2 ci-dessous.

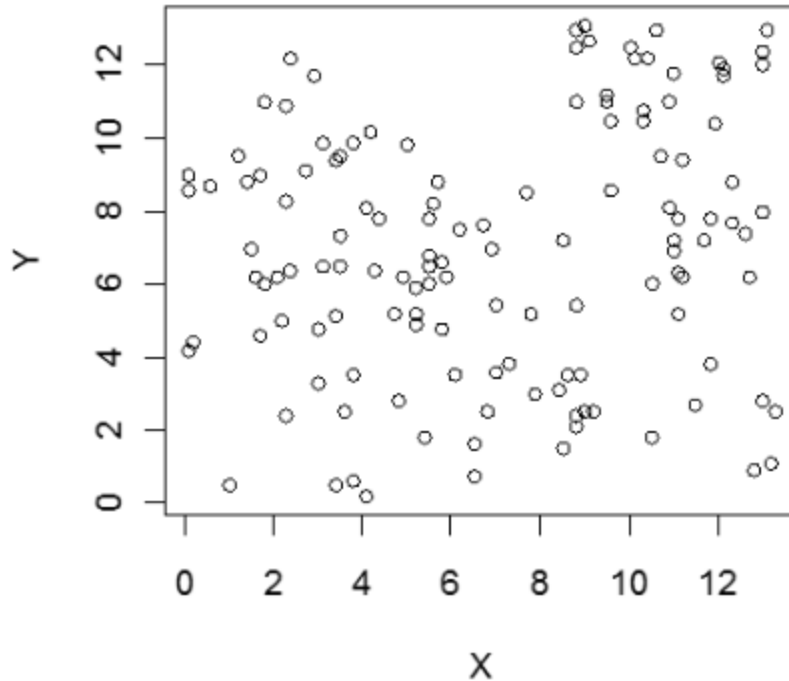


Figure 2 : Carte de répartition spatiale des termitières appartenant aux 3 genres de termites recensés. Les axes X et Y indiquent les coordonnées cartésiennes de chaque termitière dans les deux dimensions représentant la surface d'échantillonnage.

4.2 Étude du mode de distribution par la méthode des quadrats : La répartition par quadrat de l'ensemble du peuplement des isoptères de la zone d'étude est représentée dans

la figure 3. Pour chaque quadrat, le nombre de points observés, le nombre de points attendus et les résidus de Pearson sont affichés.

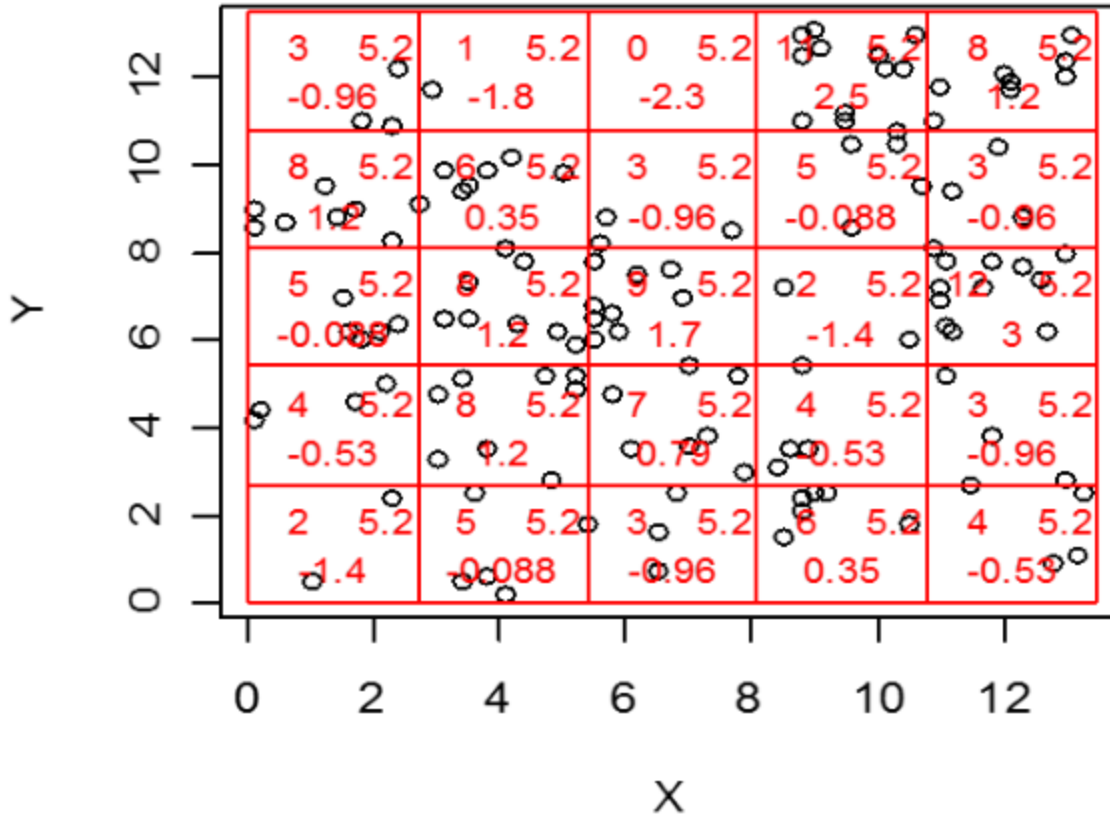


Figure 3 : Carte de distribution spatiale des termitières par quadrat. Les axes X et Y indiquent les coordonnées cartésiennes de chaque termitière dans les deux dimensions représentant la surface d'échantillonnage.

Test de la loi de Poisson (Figure 3) : Le test de Chi-2 pour un processus aléatoire de Poisson ou CSR pour « Complete Spatial Randomness » donne : $\chi^2 = 43,0769$; Distance à une distribution de Poisson D= 43,0769 ; Degré de liberté df= 24 ; p-value = 0,009748

La valeur critique de p (p-Value) = 0,009748 (fig.3). Elle est inférieure au seuil $\alpha = 0,05$. L'hypothèse H0 d'une distribution aléatoire est donc rejetée.

4.3 Étude du mode de distribution par l'intermédiaire de la méthode de la fonction K plus proches voisins.

envelope(X3, Kest, nsim = 99)

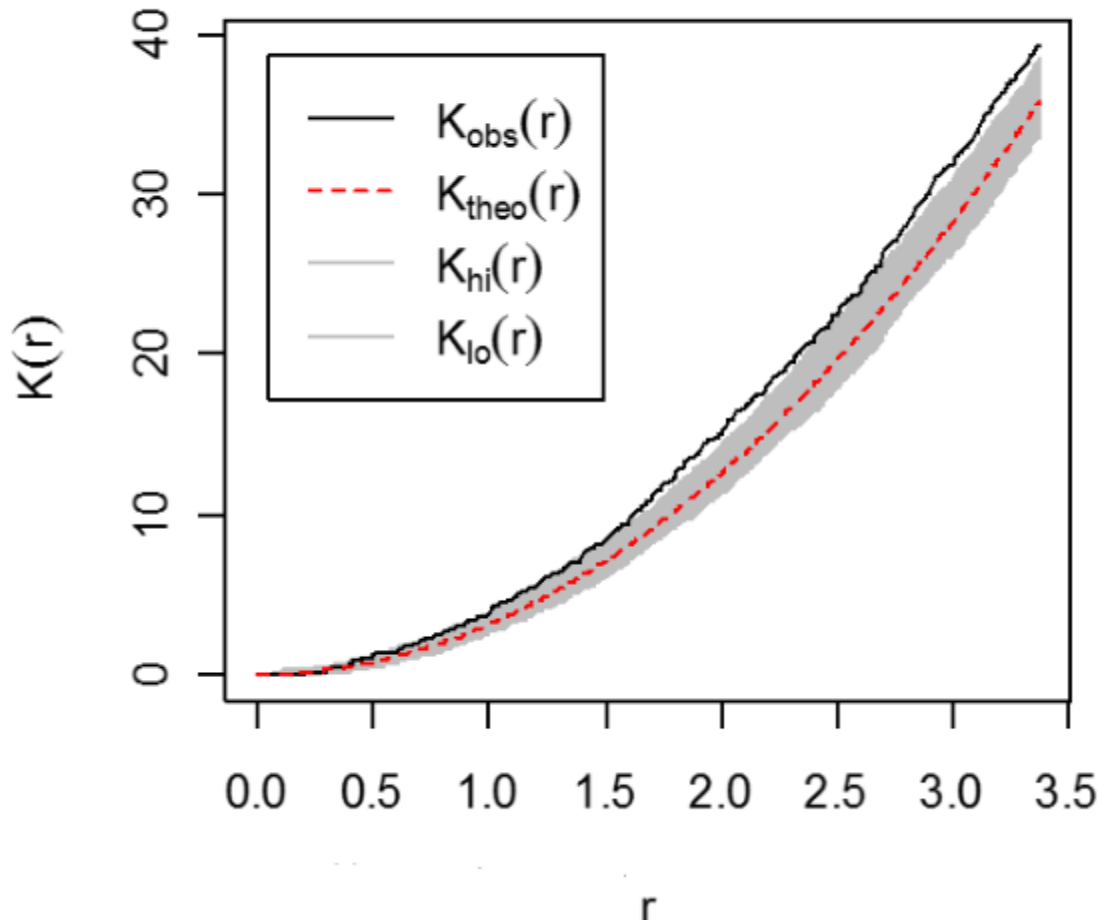


Figure 4 : Estimation de l'indicateur de régularité spatiale k par l'utilisation de la méthode de la distance au plus proche voisin. La fonction K est calculée à l'aide de la fonction $Kest$

r = distance entre plus proches voisins

N_{sim} : Nombre de motifs de points simulés à générer lors du calcul des enveloppes.

La figure 4 montre que la courbe $K(r)$ observée $K_{obs}(r)$ est située au-dessus de la courbe $K(r)$ théorique $K_{theo}(r) = (Poisson)$, ce qui signifie que l'agrégation est statistiquement significative.

Le mode de distribution des termitières appartenant aux trois genres d'Isoptère est donc de type agrégé.

4.4 Étude du mode de distribution des termitières appartenant au genre *Cubitermes* par la méthode des quadrats

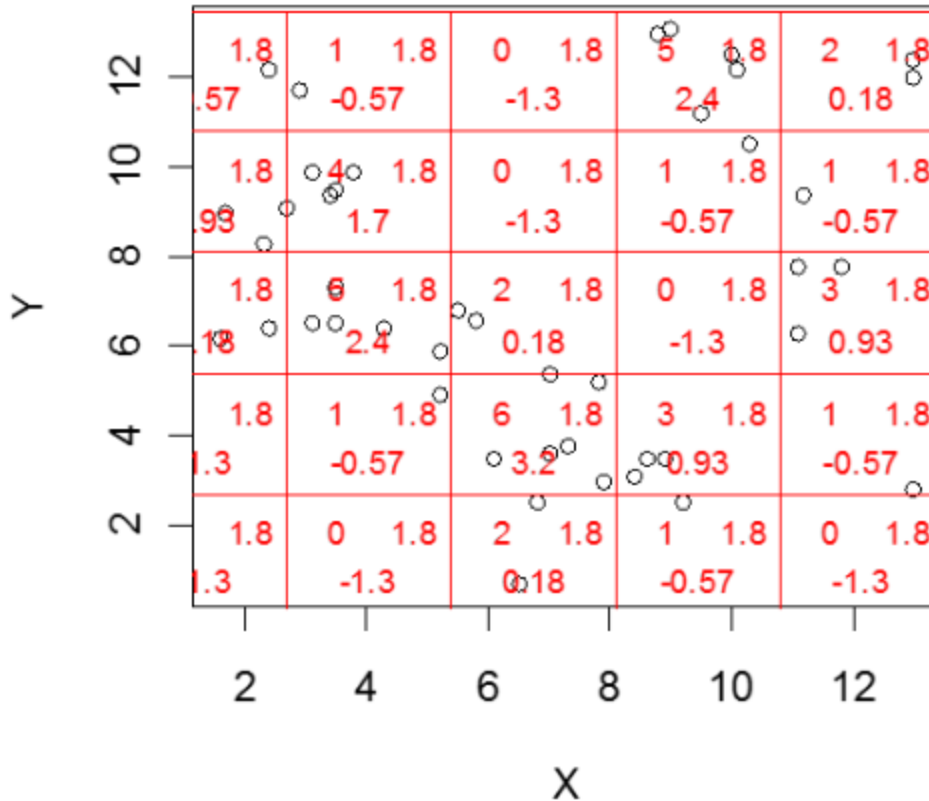


Figure 5 : Carte de distribution spatiale des termitières du genre *Cubitermes*. Les axes X et Y indiquent les coordonnées cartésiennes de chaque termitière dans les deux dimensions représentant la surface d'échantillonnage.

Le test de chi-2 pour un processus aléatoire de Poisson ou CSR pour « Complete Spatial Randomness » : $\chi^2 = 42,3636$; Distance à une distribution de Poisson D= 42,3636 ; Degré de liberté df= 24 ;

La valeur de p-value est égale à 0,01175, elle est inférieure au seuil $\alpha = 0,05$. L'hypothèse H0 d'une distribution aléatoire est donc rejetée.

4.5 Étude du mode de distribution par l'intermédiaire de la méthode de la fonction K plus proches voisins. : Dans la figure 6 ci-dessous, la courbe K(r) observée Kobs(r) est placée au-dessus de la courbe K(r) théorique Ktheo(r) (=Poisson, ce qui signifie que l'agrégation est statistiquement significative.

envelope(X3a, Kest, nsim = 99)

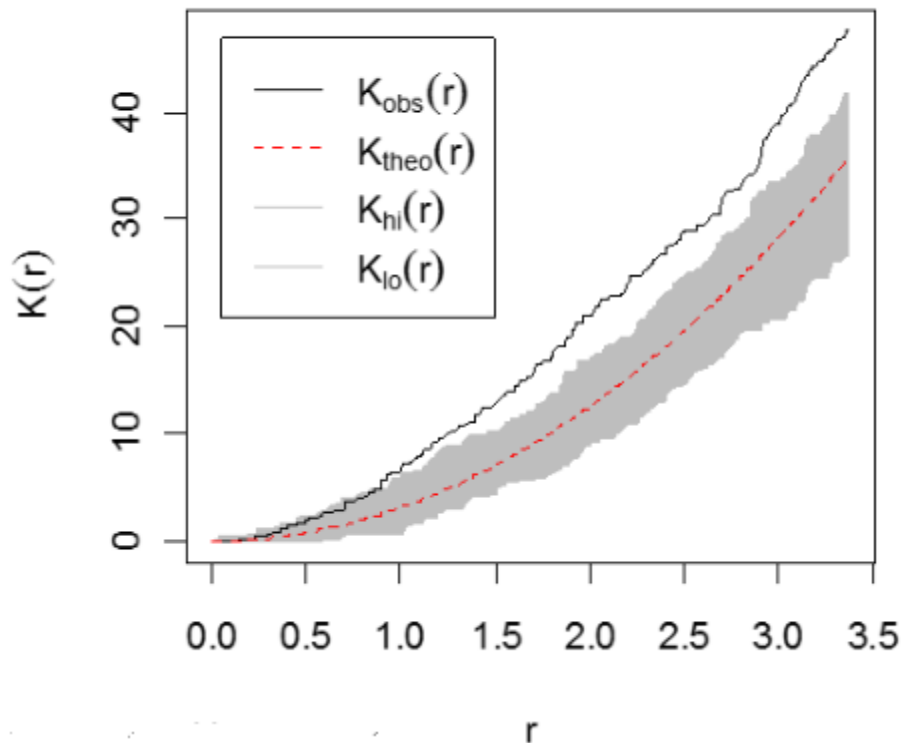


Figure 6 : Estimation de l'indicateur de régularité spatiale k par l'utilisation de la méthode de distance au plus proche voisin.

r = distance entre plus proches voisins

Nsim : Nombre de motifs de points simulés à générer lors du calcul des enveloppes.

L'étude du mode de distribution des nids épigés de la population des Isoptères appartenant au genre *Cubitermes* montre une distribution agrégative.

4.6 Distribution des termitières appartenant à la population de termites du genre *Pseudacanthotermes*

4.6.1 Répartition par quadrats

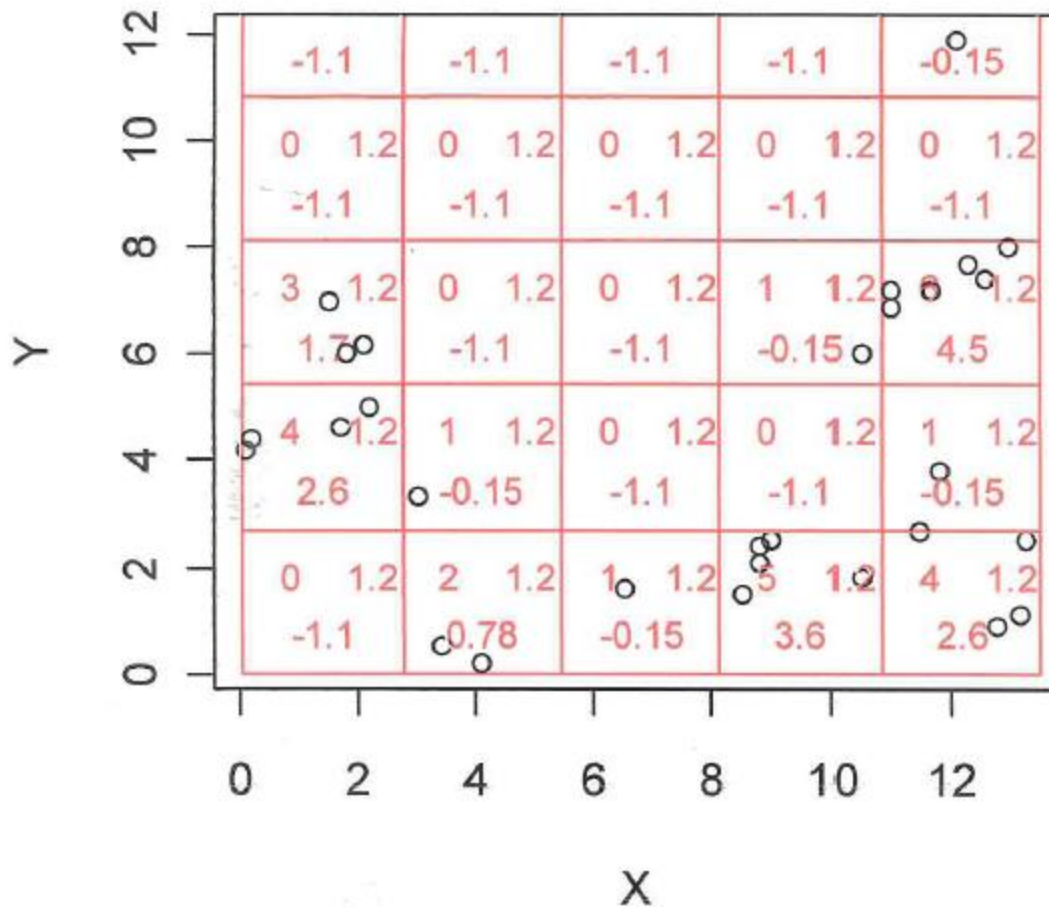


Figure 7 : Carte de distribution spatiale des termitières de *Pseudacanthotermes*. Les axes X et Y indiquent les coordonnées cartésiennes de chaque termitière dans les deux dimensions représentant la surface d'échantillonnage.

Le test de chi-2 pour un processus aléatoire de Poisson ou CSR pour « Complete Spatial Randomness » : $\chi^2 = 66,6897$; Distance à une distribution de Poisson D= 66,6897 ; Degré de liberté df= 24 ; La valeur de p-value est égale à $6,856 \times 10^{-6}$, elle est inférieure au seuil $\alpha = 0,05$. L'hypothèse H0 d'une distribution aléatoire est donc rejetée.

4.7 Étude du mode de distribution par l'intermédiaire de la méthode de la fonction K plus proches voisins : Dans la figure 8 ci-dessous, la courbe K(r) observée Kobs(r) est placée au-dessus de la courbe K(r) théorique Ktheo(r) (=Poisson, ce qui signifie que l'agrégation est statistiquement significative.

enveloppe(X3b, Kest, nsim = 99)

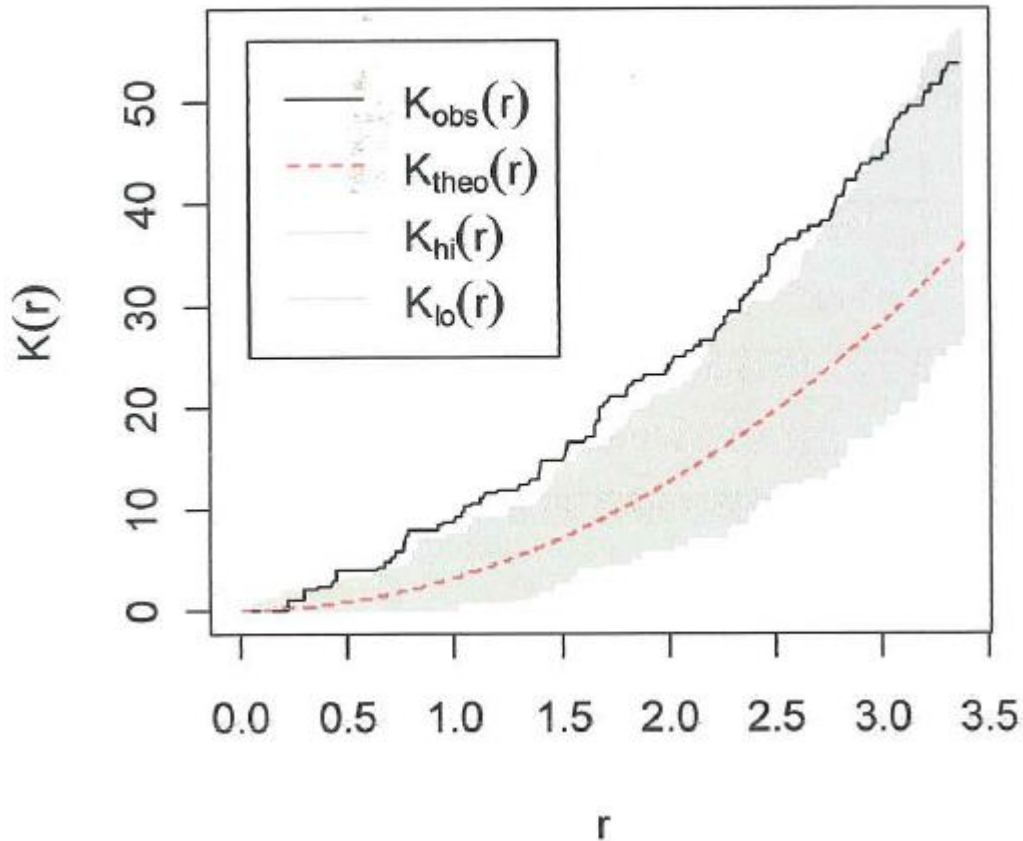


Figure 8 : Estimation de l'indicateur de régularité spatiale k par l'utilisation de la méthode de distance au plus proche voisin.

r = distance entre plus proches voisins

Nsim : Nombre de motifs de points simulés à générer lors du calcul des enveloppes . L'étude du mode de distribution des nids épigés de la population des Isoptères appartenant au genre

Pseudacanthotermes est une distribution de type agrégé.

4.8 Étude du mode de distribution de la population du genre *Trinervitermes* par la méthode des quadrats

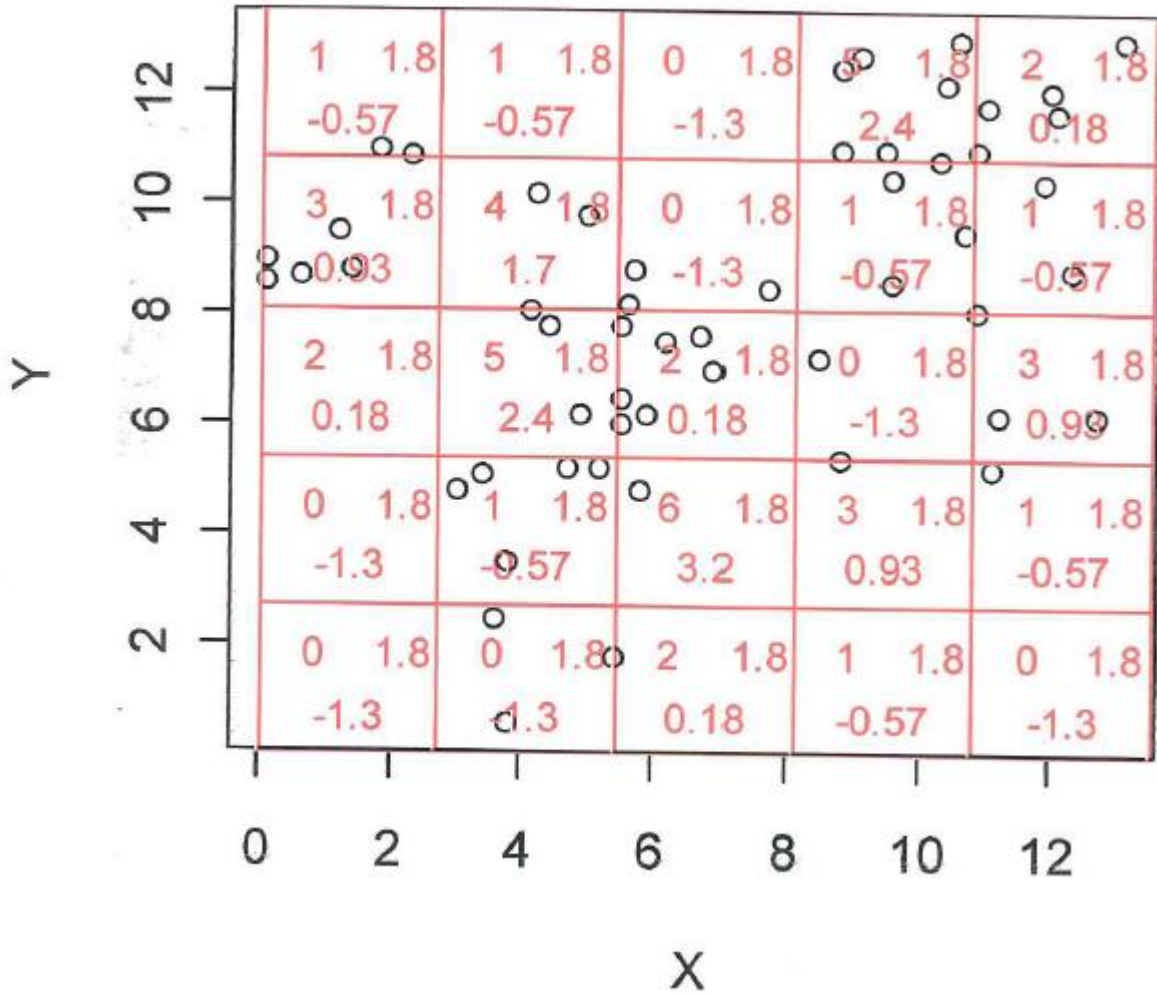


Figure 9 : Carte de distribution spatiale des termitières appartenant au genre *Trinervitermes*. Les axes X et Y indiquent les coordonnées cartésiennes de chaque termitière dans les deux dimensions représentant la surface d'échantillonnage.

Le test de chi-2 pour un processus aléatoire de Poisson ou CSR pour « Complete Spatial Randomness » : $\chi^2 = 42,3636$; Distance à une distribution de Poisson D= 42,3636 ; Degré de liberté df= 24 ; La valeur de p-value est égale à 0,01175. Cette valeur est inférieure au seuil $\alpha = 0,05$. L'hypothèse H0 d'une distribution aléatoire est donc rejetée.

4.9 Étude du mode de distribution par l'intermédiaire de la méthode de la fonction K plus proches voisins. : Dans la figure 9, la courbe K(r) observée Kobs(r) est placée au-dessus de la courbe K(r) théorique Ktheo(r) (=Poisson, ce qui signifie que l'agrégation est statistiquement significative.

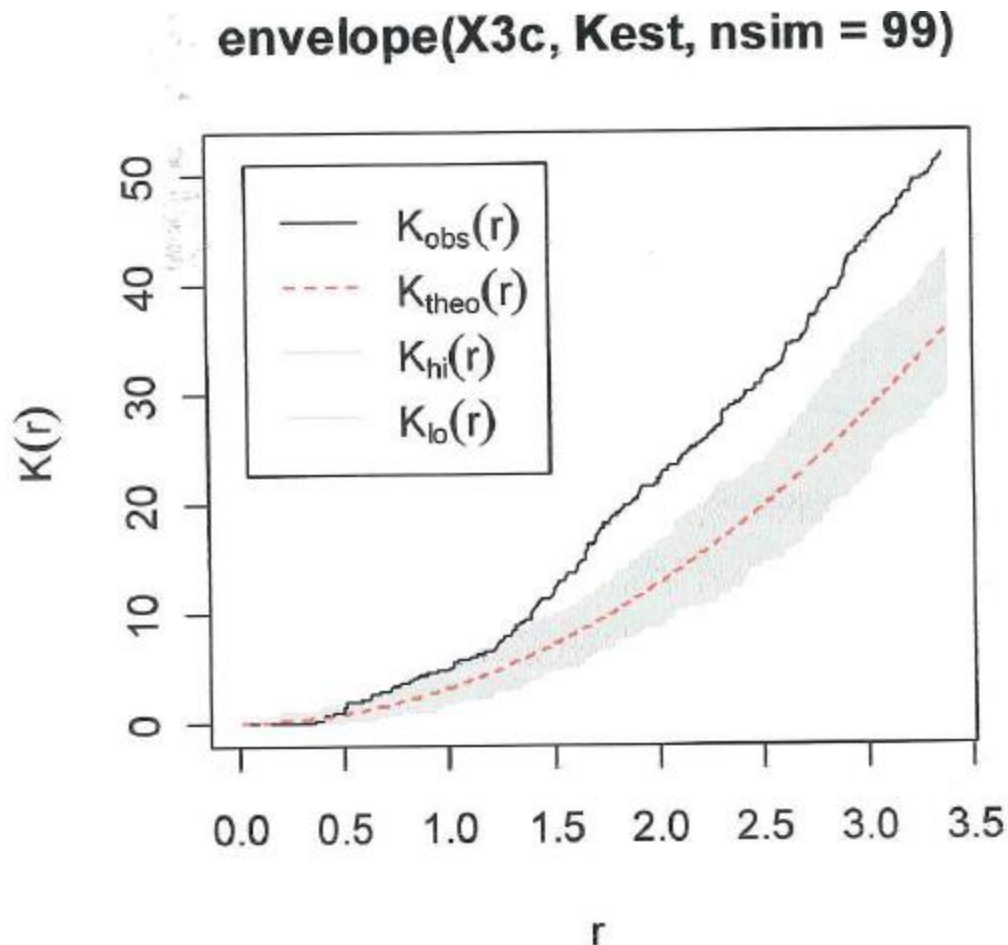


Figure 10 : Estimation de l'indicateur de régularité spatiale k par l'utilisation de la méthode de distance au plus proche voisin.

r = distance entre plus proches voisins

Nsim : Nombre de motifs de points simulés à générer lors du calcul des enveloppes

L'étude du mode de distribution des nids épigés de la population des Isoptères appartenant au genre *Trinervitermes* présente une distribution agrégative.

5 DISCUSSION-CONCLUSION

L'ensemble des nids épigés des 3 genres de termites se trouvant dans la zone d'étude présentent une distribution spatiale en agrégats. Le même type de distribution prévaut également lorsque l'on considère séparément chaque communauté de termites et est différent du modèle spatial le plus courant (Odum, 1971). Dans le règne animal, cette forme de distribution spatiale montre qu'il existe des contraintes qui s'exercent sur la population. Chez les Isoptères, ces contraintes s'exercent lors de la fondation des colonies. Il existe peu d'informations

disponibles sur les mécanismes contrôlant la nidification et l'étape concernant l'installation des nids en milieu naturel (Wood, 1988). Plusieurs hypothèses sont proposées, comme par exemple la distance que parcourt le couple fondateur de sexués, pourrait jouer un rôle. Chez les isoptères en effet, la fondation de nouvelles colonies s'effectue principalement après l'essaimage des individus sexués. Au sol, la femelle secrète une phéromone qui attire le mâle (Bordereau *et al.*, 1991a, 1991b, Laduguie *et al.* 1994). Le couple se met alors à marcher en

tandem et recherche un emplacement pour le nid. Logiquement, les termites devraient pouvoir établir des colonies n'importe où dans l'environnement de façon aléatoire après l'essaimage. Mais, cela ne se ferait que si l'environnement était homogène et où de nombreux facteurs mineurs agissent sur la population. Spain *et al.*, (1986) dans une étude effectuée au nord-est de l'Australie soutiennent que les distributions agrégées pourraient bien résulter de l'hétérogénéité des sites en plus de facteurs biologiques. Il en est de même de la distribution uniforme qui ne peut se faire que s'il existe une compétition ou un antagonisme positif, favorisant un espacement uniforme. Des études par Collins (1981) au Nigeria, et Lepage (1984) en Côte-d'Ivoire ont révélé que des termitières de *Macrotermes bellicosus* sont distribuées de manière aléatoire. Les deux auteurs concluent que la concurrence

intraspécifique n'est pas un facteur clé dans la régulation de la distribution. Dans le parc national Kruger en Afrique du Sud, Meyer *et al.*, (1999) décrivent une tendance des termitières à s'agréger. Ils suggèrent que ce sont quelques facteurs majeurs (vraisemblablement la topographie, la géologie et le sol) qui sont à l'origine de la régulation de leur distribution. En ce qui concerne notre étude, nous suggérons aussi les mêmes facteurs. Il est possible qu'il y ait présence de microhabitats découlant du substrat pierreux qui induit un sol peu épais ou même inexistant, dont certains seraient plus favorables que d'autres à l'installation de nouvelles colonies tout genre confondu. Les capacités de dispersion des reproducteurs seraient aussi affectées par la présence sur le sol de blocs de cailloux qui bloquent la marche en tandem des sexués qui seraient ainsi amenés à creuser leur copularium en certains endroits où le sol est plus meuble.

6 REMERCIEMENT :

Nous exprimons nos sincères remerciements aux responsables de la Société sucrière du Congo

(SuCo) qui ont bien voulu nous laisser l'accès dans leur concession.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Baddeley A and Turner R : 2005. Package for analysing spatial point patterns. *Journal of statistical software* 12(6), 1-42
- Bignell DE and Eggleton P: 2000. Termites in ecosystems. In *Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology*, pp. 363–387. Springer.
- Black HIJ and Okwakol MJN: 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of termites. *Applied soil ecology* 6, 37–53.
- Bordereau C, Robert A, Bonnard O and Le Quéré JL : 1991a. Dispersal flights and sex pheromones in two species of fungus-growing termites, *Pseudacanthotermes spiniger* and *P. militaris*. In 8th Annual Meeting International Society of Chemical Ecology, Dijon, France.
- Bordereau C, Robert A, Bonnard O and Le Quere J-L : 1991b. (3Z, 6Z, 8E)-3, 6, 8-dodecatrien-1-ol: sex pheromone in a higher fungus-growing termite, *Pseudacanthotermes spiniger* (Isoptera, Macrotermitinae). *Journal of chemical ecology* 17, 2177–2191.
- Bouillon A and Mathot G: 1965. Quel est ce termite Africain? Ed. de l'Université.
- Collins NM: 1981. Populations, age structure and survivorship of colonies of *Macrotermes bellicosus* (Isoptera: Macrotermitinae). *The Journal of Animal Ecology*, 293–311.
- Diggle PJ: 2003. *Statistical Analysis of Spatial Point Patterns*. Arnold. Dominici, F., Daniels, M., Zeger, SL, and Samet, JM (2002), *Air Pollution*.
- Eggleton, P. (2000). Global patterns of termite diversity. In T. Abe, D. E. Bignell, & M. Higashi (Eds.), *Termites: Evolution, sociality, symbioses, ecology* (pp. 25–51).

- Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publications
- Harris WV: 1966. The role of termites in tropical forestry. *Insectes sociaux* 13, 255–265.
- Josens G: 1983. Soil fauna of tropical savannas. III. The termites. *Ecosystems of the world*.
- Krebs CJ: 1999. *Ecological Methodology*. Addison-Wesley Educational Publishers, Inc., Menlo Park, CA.
- Krishna G: 2013. Engel 2013 Treatise on the Isoptera of the world. *Bull. American Museum Nat. Hist* 377, 1–2704.
- Laduguie N, Robert A, Salini N and Bordereau C: 1994. Les termites et le dodecatrienol. *Actes Coll. Ins. Soc* 9, 27–34.
- Lee KE and Wood TG: 1971. Termites and soils. *Termites and soils*.
- Lepage M: 1984. Distribution, density and evolution of *Macrotermes bellicosus* nests (Isoptera: Macrotermitinae) in the north-east of Ivory Coast. *The Journal of Animal Ecology*, 107–117.
- Meyer VW, Braack LEO, Biggs HC and Ebersohn C: 1999. Distribution and density of termite mounds in the northern Kruger National Park, with specific reference to those constructed by *Macrotermes Holmgren* (Isoptera: Termitidae). *African Entomology* 7, 123–130.
- Odum EP: 1971. *Fundamentals of Ecology-3rd Edition*. WB Saunders Co., Philadelphia, 574pp.
- Ripley BD: 1976. The second-order analysis of stationary point processes. *Journal of applied probability* 13, 255–266.
- Ouedraogo P: 1997. Rôle des termites dans la structure et la dynamique d'une brousse tigrée soudano-sahélienne. Thèse de doctorat en Sciences biologiques et fondamentales appliquées. Université Pierre et Marie Curie, 193 p.
- Ripley BD: 1977. Modelling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)* 39, 172–192.
- Sjöstedt Y: 1926. Revision der Termiten Afrikas, 3. Monographie, K. svenska VetenskAkad. Handl. (3) 3, I–419.
- Spain AV, Sinclair DF and Diggle PJ: 1986. Spatial distributions of the mounds of harvester and forager termites (Isoptera: Termitidae) at four locations in tropical north-eastern Australia. *ACTA OECOL (OECOL. GEN.)*. 7, 335–352.
- Tano Y : 1993. Les termitières épicées d'un bassin versant en savane soudanienne: Répartition et dynamique des nids, rôle sur les sols et la végétation.
- Wilson EO: 1970. *Biology of Termites*. Kumar Krishna and Frances M. Weesner, Eds. Academic Press, New York, 1969-70. 2 vols. Vol. 1, xiv, 600 pp., illus. Vol. 2, xvi, 648 pp., illus. \$32 each. *Science* 170, 1186–1187.
- Wood TG: 1978. The role of termites. *Production ecology of ants and termites*, 245–292.
- Wood TG: 1988. Termites and the soil environment. *Biology and fertility of soils* 6, 228–236.
- Zaremski A, Fouquet D and Louppe D: 2009. *Les termites dans le monde*. Editions Quae.