

CARACTERISATION DU PRODUIT RESIDUAIRE DE TERMITIÈRES ARTIFICIELLES ET IDENTIFICATION DES TERMITES IMPLIQUEES AU CENTRE - OUEST DE LA COTE D'IVOIRE

L. YEO¹, D. SORO¹, T. COULIBALY³ ET G. F. ZROBI²

¹Laboratoire d'Agrovalorisation, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa

²Laboratoire d'Amélioration de la production Agricole, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa

³Université Péléforo Gon Coulibaly, Korhogo

tchebelass@yahoo.fr, dognysoro@gmail.com, zoumko@yahoo.fr, zoumko@yahoo.fr

RESUME

La présente étude a été menée dans la région de Daloa (Côte d'Ivoire) pour produire un produit résiduaire organique des termites et identifier les genres de termites impliqués dans cette production. Des pièges ont été constitués avec des résidus de maïs où une série de six observations, espacées de 3 jours ont été effectuées pour collecter les termites en activité, déterminer le poids des résidus dégradés et évaluer les quantités de produit résiduaire organique des termites produites à partir de l'activité des termites. Les résultats de l'étude montrent que la dégradation des résidus de maïs est en partie liée à l'abondance des termites sur le site de production et à la quantité de résidus soumise à la dégradation. Au total 5 genres de termites (G. Ancistrotermes, G. Macrotermes, G. Odontotermes, G. Pseudacanthotermes et G. Trinervitermes) appartenant essentiellement à 2 groupes trophiques les champignonnistes et les fourrageurs sont impliqués dans la production du produit résiduaire organique des termites. Les quantités de fertilisant produites sont difficiles à évaluer sur la base de la masse des résidus dégradés. Cependant, ces deux paramètres semblent positivement corrélés.

Mots clés : Termites, résidus de maïs, groupes trophiques, Fertilisant organique, remontée

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF THE RESIDUAL PRODUCT OF ARTIFICIAL TERMITE MOUNDS AND IDENTIFICATION OF TERMITES INVOLVED, CENTRAL - WEST CÔTE D'IVOIRE

The present study was carried out in the region of Daloa (Côte d'Ivoire) to produce a bio-organic fertilizer and to identify the genera of termites involved in this production. Traps were set up with corn residues where a series of six observations, spaced 3 days apart were made to collect active termites, determine the weight of degraded residues and assess the quantities of bio-organic fertilizer produced from termite activity. The results of the study show that the degradation of corn residue is partly related to the abundance of termites at the production site and the amount of residue subjected to degradation. In total 5 genera of termites (G. Ancistrotermes, G. Macrotermes, G. Odontotermes, G. Pseudacanthotermes and G. Trinervitermes) belonging mainly to 2 trophic groups the fungus and foragers are involved in the production of bio-organic fertilizer. The quantities of fertilizer produced are difficult to estimate on the basis of the mass of degraded residues. However, these two parameters seem to be positively correlated.

Key words: Termites, corn residues, trophic groups, Organic fertilizer, upwelling

INTRODUCTION

En Afrique de l'ouest, et particulièrement en Côte d'Ivoire, l'on assiste au raccourcissement de la durée des jachères et l'exploitation abusive des portions de terres cultivables (Boli *et al.*, 2000 ; Kouassi *et al.*, 2009). Il en découle une déforestation importante, une régression des types de savanes du fait des feux de brousse et une modification des habitats ayant pour conséquence une disparition de plusieurs espèces animales et végétales. Ces pratiques s'accroissent de plus en plus dans un contexte de croissance démographique où la demande en terres cultivables est permanente en vue d'une production agricole pour la sécurité alimentaire des populations.

Dans la région de Daloa comme dans le reste du pays, les paysans utilisent très souvent des intrants chimiques pour restaurer la fertilité des sols dégradés mais pas sans dommages au sol, à l'environnement et aux consommateurs (Gala *et al.*, 2007).

Dans un tel contexte, la recherche de techniques innovantes et moins coûteuses respectueuses de l'environnement est devenue plus que nécessaire pour restaurer la fertilité des sols. Ainsi, la fertilisation organo-minérale, par l'utilisation des services éco-systémiques de certains macro-invertébrés du sol tels que les termites et la valorisation des résidus agricoles pour améliorer les propriétés des sols sont des voies à explorer.

En effet, les termites représentent la macrofaune du sol la plus abondante pendant la saison sèche dans les sols tropicaux avec 95 % de la biomasse des insectes du sol (Bignell and Eggleton, 2000). Ils sont reconnus en tant qu'ingénieurs de l'écosystème parce que capables de modifier la disponibilité des ressources pour d'autres organismes (Jones *et al.*, 1994 ; Konaté, 1998). Ils participent à l'amélioration des propriétés physiques et chimiques des sols tropicaux et sub-tropicaux (Mando *et al.*, 2002 ; Ouédraogo *et al.*, 2008 ; Rajeev and Sanjeev, 2011) et contribuent à la restauration de la fertilité des sols (Boga *et al.*, 2000 ; Dosso *et al.*, 2017). Par leurs activités, les termites modifient profondément les propriétés physiques du sol remanié en intervenant sur les variations de texture, l'accroissement de la porosité autour des nids

et dans les milieux de récolte (Garnier-Sillam *et al.*, 1991, Tano, 1993).

En Côte d'Ivoire, les études sur les termites ont plus porté sur l'analyse de leur communauté dans des habitats naturels ou transformés (Josens, 1972; Konaté *et al.*, 2003 ; Tra Bi *et al.*, 2012 ; Coulibaly *et al.*, 2013) et sur leur action nuisible en agriculture (Akpesse *et al.*, 2008 ; Coulibaly *et al.*, 2014).

Très peu de travaux ont montré l'importance des termites dans la restauration de la fertilité des sols, hormis les études de Boga *et al.* (2000) qui ont porté sur l'utilisation des sols de leur construction dans l'amélioration des productions de riz et le maïs en savane et ceux de Dosso *et al.* (2017) qui ont mis en évidence la contribution des termites dans la restauration de la fertilité des sols dégradés en examinant leur apport en éléments nutritifs par la décomposition des résidus de quelques espèces végétales.

Les sous-produits agricoles pourraient être soumis à l'activité des termites afin d'obtenir un produit résiduaire organominéral. Inspirée d'une pratique de piégeage des termites pour l'élevage de volailles, le principe de la termitière artificielle est de piéger les termites dans un réceptacle contenant un amas de déchets constituant l'appât. Les termites le colonisent, y dégradent la matière pour leurs besoins et y font remonter la terre réalisant ainsi la termitière artificielle.

L'objectif de cette étude est de produire un fertilisant organique et minérale issu de l'activité des termites et d'identifier les termites impliqués dans cette production. Ce travail se distingue des études précédentes par la cueillette au même emplacement, de termites dans un contexte de piégeage sous la forme de termitière artificielle.

MATERIEL ET METHODES

SITES D'ETUDE ET DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Cette étude a été conduite à Daloa, dans la Région du Haut-Sassandra, au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire. La production du fertilisant organique et minérale a été faite sur deux (2) sites à Daloa (figure 1) ; Site 1 (N06°54'30.0" ; W006°26'08.7") UJLoG et site 2 LM5 (N06°52'26.2" ; W006°26'21.1") Centre-ville.

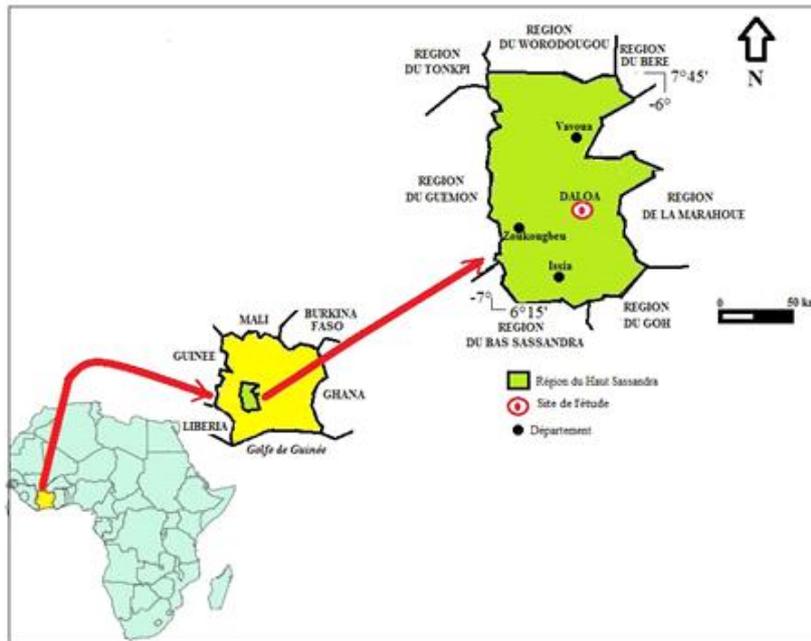


Figure 1 : Carte des sites de production du PRO.
Map of PRO production sites.

MATIERE PREMIERE ET MATERIEL TECHNIQUE

La matière première de cette activité de piégeage et de production de produit résiduaire organominéral termitique est constituée de déchets agricoles et d'élevage. Il s'agit des chaumes de maïs, de bouse de vache. Le

matériel technique est constitué de pots en terre cuite pour réceptacle ; de tamis pour la séparation du produit résiduaire organique des termites des résidus non digérés ; de microscope pour l'identification des termites et de piluliers, de l'alcool pour la conservation des termites (figure 2).



Figure 2 : Matière première et matériel technique.
Raw material and technical equipment.

a : Appât (résidus de récolte de maïs et déjections de bovin), **b :** Réceptacle de pot en terre cuite (Canari), **c :** Tamis 2mm de maille, **d :** Microscope ZEISS Stemi 305, **e :** alcool, **f :** Piluliers
a : Bait (corn crop residues and cattle droppings), **b :** Terracotta pot receptacle (Canary), **c :** 2mm mesh sieve, **d :** Microscope ZEISS Stemi 305, **e :** alcool, **f :** Piluliers

METHODES

OBTENTION ET CARACTERISATION DU PRODUIT RESIDUAIRE

Principe de la termitière artificielle des termites

Le principe de la termitière artificielle est de piéger les termites dans un réceptacle contenant un amas de déchets constituant l'appât. Ce dispositif appelé « Doungbolo » pratiqué par les éleveurs de volailles Senoufo au nord de la Côte d'Ivoire constitue la termitière artificielle de cette

étude. Le dispositif est installé à l'endroit où des placages (figure 3b) de termites ont été identifiés au préalable. Ces pièges chargés d'appâts sont fermés sous ombrage. Les termites le colonisent, dégradent le matériau selon leurs besoins et font remonter le sol, créant ainsi une termitière artificielle (figure 3c).

Le principe est basé sur la capacité des termites à digérer les résidus agricoles et à vivre en communauté. Les pièges sont généralement récoltés tous les deux (2) à trois (3) jours vers 10 heures du matin. La récolte est séchée (figure 3e) puis tamisée (figure 3f) pour recueillir le tamisât (figure 3g) constituant le produit résiduaire organique des termites.



Figure 3 : Quelques étapes de production du produit résiduaire organique des termites.

Some steps of production of the organic residual product of termites.

Dispositif

Le dispositif de collecte était un triangle rectangle isocèle de côtés 50 x 50 x 70,7 m d'une superficie de $\frac{1}{8}$ d'ha. Ce triangle a été subdivisé en 6 triangles isocèles rectangles plus petits. Au total, ce sont sept (7) pièges notés P₁ à P₇ qui ont été implantés dans le dispositif. Chaque piège constituait une répétition et les récoltes individuelles représentaient les traitements.

Le dispositif expérimental a consisté à poser 6 pièges et à créer une (1) zone de digestion libre par site. Les pièges P1 à P6 et la zone de digestion libre (DL = P7) ont servi à la production

du produit résiduaire organique des termites à partir des résidus de maïs sur chaque site. Les pièges et la zone de digestion ont été mis en place en tenant compte de la présence des termites. Les observations, espacées de trois (3) jours, ont été faites pendant le mois d'avril 2019 sur deux (2) sites.

Caractérisation physicochimique du produit résiduaire organique

Les paramètres analysés sur le PROTERM sont la granulométrie, effectuée par la méthode densimétrique à l'aide de la pipette de Robinson (Gee & Bauder, 1986), la teneur en matière

organique (MO), calculée après la détermination du taux de carbone organique, Phosphore assimilable (P.ass), déterminé selon la méthode Olsen modifiée (Dabin, 1967), la Capacité d'échange cationique (CEC), le pHeau, mesuré par lecture directe à l'aide pH-mètre, le Carbone organique total, déterminé selon la méthode de Walkley et Black (1934), l'Azote total (Nt), déterminé selon la méthode Kjeldahl (Bremner, 1996), la teneur du potassium échangeable (K⁺) et celle du sodium échangeable (Na⁺) mesuré par spectrophotométrie d'absorption atomique,

Efficacité de la production du PROTERM

Une masse de résidus agricoles est soumise à la digestion libre et en semi captivité des termites. La récolte du PROTERM a été faite tous les 3 - 4 jours pendant 3 semaines. La vitesse de digestion et le taux de production de produit organique sont déterminés. Cette détermination se fait de la façon suivante : (i) le contenu du piège est récupéré et séché. Après trois (3) heures de séchage au soleil, un tamisage est fait avec un tamis de 2 mm de maille afin de séparer les résidus non dégradés et les éléments grossiers du PROTERM. Les différentes quantités obtenues permettent de faire le calcul d'efficacité globale du piège par unité de temps.

$$E = \frac{PROTERM}{T} = \frac{R - (r + EG)}{T} \quad (E 1)$$

Avec :

- E = efficacité du piège
- R = Contenu du piège à la récolte
- r = résidus non digérés
- EG = Eléments grossiers remontés du sol.
- T = Temps de digestion

IDENTIFICATION DES TERMITES

Un échantillon des termites (7 soldats et 7 ouvriers) rencontrés par piège est prélevé à chaque récolte, à l'aide de pinces. Les termites collectés sont conservés dans de l'alcool éthylique à 70° dans des piluliers.

Les termites sont ensuite triés et identifiés sous un microscope stéréo Zoom ZEISS Stemi 305 (Figure 4).

Pour l'identification des termites récoltés, la morphologie de la tête des soldats a été utilisée. Les supports utilisés sont les clés de Bouillion et Mathot (1965), les illustrations sur les termites de Josens (1972) et les descriptions de Grassé (1984 et 1986). L'identification s'est faite sur le genre.



Figure 4 : Identification des termites au microscope stéréo Zoom ZEISS Stemi 305.

Termite identification under the Zoom ZEISS Stemi 305 stereo microscope.

METHODE DE TRAITEMENT DES DONNEES

Les données collectées sur le terrain ont été saisies et codifiées, à l'aide du tableur Microsoft Excel 2013®. Ces données ont été traitées avec le logiciel XLSTAT. La normalité des distributions des échantillons a été vérifiée par le test de Shapiro-Wilk, ainsi que l'homogénéité des variances. Si la variable dont provient l'échantillon suit une loi normale et qu'il y a homogénéité des variances, nous avons fait une ANOVA. Dans le cas contraire, nous avons fait le test non paramétrique de Kruskal-Wallis. L'analyse de variance a été complétée ensuite par le test de Newman-Keuls qui a permis de classer les moyennes à l'aide de la plus petite différence significative (ppds) au seuil de la probabilité de 5 %. Les corrélations de Pearson ont été effectuées pour déterminer les facteurs de production qui ont influencé significativement la production du produit résiduaire organique des termites.

RESULTATS

TAUX DE DIGESTION (T.DIGES) ET PRODUCTION DU PROTERM

Les quantités de matière digérée et de substance produite sont présentées dans le tableau I. La

quantité moyenne de résidus digérés ne varie pas avec les pièges ($p > 0,05$) quel que soit le site expérimental et cela, malgré une variation très hautement significative de la charge initiale dans les pièges à UJLoG ($P = 0,0004$ avec $r^2 = 0,7908$) et LM5 ($P = 0,0001$ avec $r^2 = 0,8753$) à la suite de 6 récoltes. Sur le site 1, la classification à partir du test de Newman-Keuls a permis de distinguer trois niveaux de charge initiale des pièges. Sur le site 2, la classification a permis de répartir les pièges en deux (2) classes dépendamment de la charge initiale.

La quantité moyenne du produit résiduaire organominéral obtenue par piège varie significativement quel que soit le site ($P = 0,035$ avec $r^2 = 0,58$ UJLoG et $P = 0,0177$ avec $r^2 = 0,62$ LM5). Sur le site 1, le piège P4 a produit la plus grande quantité de produit résiduaire organominéral avec 655,04 g contre 100,72 g, limite inférieure atteinte dans le piège P6. Les autres pièges ont des productions intermédiaires. Sur le site 2, le piège P6 a produit la plus grande quantité de produit résiduaire organominéral avec 2965,62 g et le piège P1 la plus petite quantité de produit résiduaire organominéral avec 545,35 g. Malgré cette production différenciée entre les pièges et les différences de charges initiales, le taux de digestion dans ces pièges est restée sans différence significative sur les deux sites ($P = 0,0763$, site 1 et $P = 0,0636$, site 2).

Tableau I : Caractéristiques de la production du produit résiduaire par les termites dans une termitière artificielle.

Pièges	UJLoG			LM5		
	Charge initiale (g)	Taux de digestion (g)	Produit résiduaire (g)	Charge initiale (g)	Taux de digestion (g)	Produit résiduaire (g)
P1	448,47 ^b	155,22 ^a	126,99 ^b	493,96 ^b	117,54 ^a	545,35 ^b
P2	614,97 ^{ab}	191,33 ^a	249,60 ^{ab}	683,21 ^b	363,15 ^a	1206,63 ^{ab}
P3	783,41 ^a	316,94 ^a	313,07 ^{ab}	1216,31 ^a	493,76 ^a	1663,79 ^{ab}
P4	513,01 ^b	241,70 ^a	655,04 ^a	1105,23 ^a	734,90 ^a	1257,47 ^{ab}
P5	469,91 ^b	165,64 ^a	288,40 ^{ab}	1374,58 ^a	1059,58 ^a	2159,31 ^{ab}
P6	544,13 ^b	157,57 ^a	100,72 ^b	1665,17 ^a	1324,36 ^a	2965,62 ^a
P7	784,10 ^a	272,35 ^a	413,49 ^{ab}	524,92 ^b	297,72 ^a	954,90 ^b
CV	0,2517	0,3828	0,7455	0,4645	0,8828	0,6201
P value	0,0004	0,0763	0,0350	0,0001	0,0636	0,0177
Effet	***	ns	*	***	ns	*

Les moyennes suivies de la même lettre le long des colonnes ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le Test de Newman-Keuls ; * différence significative $P < 0,05$; ** : différence hautement significative $P < 0,01$; ***différence très hautement significative $P < 0,001$; ns : Différence non significative $P > 0,05$.

EFFICACITE DES PIEGES

Efficacité liée à la période de récolte

Deux activités principales sont réalisées par les termites dans le piège : la digestion des résidus agricole et la remontée de terre. Le taux de remontée minérale par les termites a varié d'une récolte à une autre sur chaque site. Faible au départ (23,44 g. J⁻¹ UJLoG et 124,39 g. J⁻¹ LM5), la quantité de matière minérale remontée a

progressivement augmenté pour atteindre des valeurs maximales comprises entre 55,05 et 55,63 g. J⁻¹ UJLoG et entre 227, 20 et 307,05 g. J⁻¹ LM5. La digestion des résidus suit une allure quasi-parallèle sous la courbe de la remontée minérale depuis la première récolte LM5 et à partir de la troisième récolte pour le site 1 (Figure 5). Ce taux de digestion est resté compris entre 27,26 et 35,39 g.J⁻¹ à UJLoG et entre 57,73 et 113,99 pour le site 2.

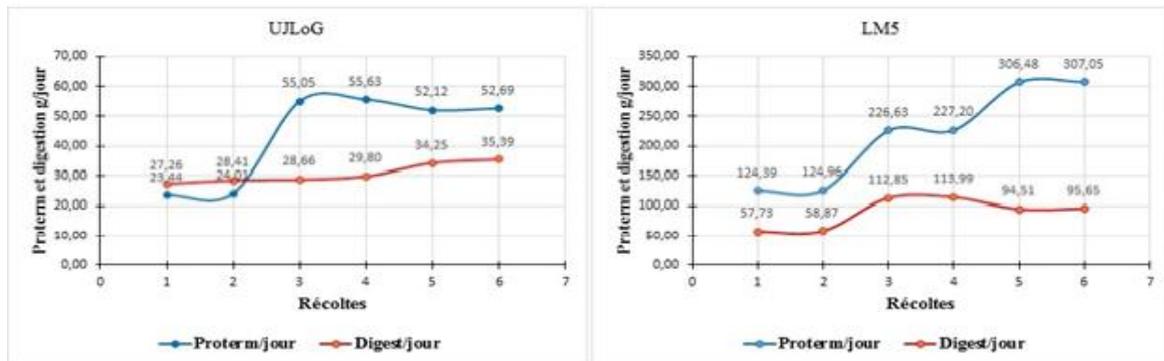


Figure 5 : Variation du taux de digestion et de remontée minérale selon les récoltes.

Variation in the rate of digestion and mineral upwelling according to the harvests.

Efficacité du piège

Les taux de digestion des résidus et de remontée minérale issus de l'activité des termites ont varié d'un piège à un autre et d'un site à l'autre (Figure 6).

Sur le site 1, le piège 4 présente le plus fort taux moyen de remontée minérale avec 93,57 g.j⁻¹ et un taux de digestion de 34,53 g.j⁻¹ alors que le piège 3 présente un taux de digestion moyen quotidien de résidus de 45,28 g.j⁻¹ pour 44,72 g de terre fine remontée par jour. Le piège

7 (zone de digestion libre), présente un taux de remontée minérale par jour de 59,07 g et un taux de digestion des résidus par jour de 38,91 g.

Sur le site 2, le piège 6 présente un taux moyen journalier de digestion des résidus de 189,1 g/jour et une quantité de remontée minérale de 423,66 g/jour alors que le piège 1 présente les plus faibles taux de remontée minérale et de digestion par jour avec respectivement 77,91 g/jour et 16,79 g/jour. La zone de digestion libre, le piège 7 présente un taux de remontée minérale par jour de 136,42 g et un taux de digestion des résidus par jour de 42,53 g.

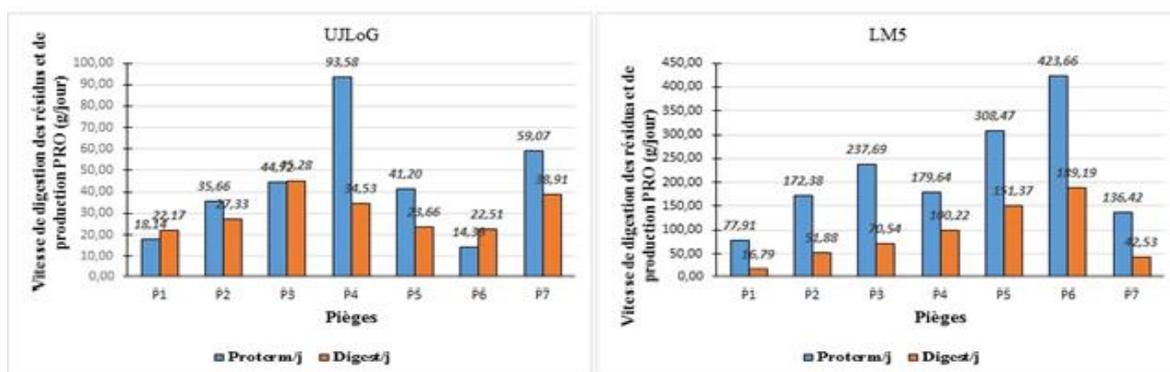


Figure 6 : Variation des taux de digestion et de remontée dans les pièges.

RELATION ENTRE LES FACTEURS DE PRODUCTION DU PRO ET SES COMPOSANTES

Les principaux facteurs de la production du PRO pris en compte sont le substrat (quantité) et le temps. Le taux de digestion de la biomasse végétale a une forte corrélation positive avec la charge initiale ($r = 0,90$; $\alpha < 0,0001$). Par ailleurs, ce taux s'est avéré également très fortement corrélée au taux de remontée minérale ($r = 0,73$; $\alpha < 0,0001$) et négativement corrélé avec le refus ($r = -0,40$; $\alpha = 0,0078$). Par ailleurs il n'y a aucune corrélation entre la quantité de résidus soumise aux termites et le refus. De même, il n'y a aucune corrélation entre le refus et la quantité de produit résiduaire. Toutefois, la quantité de résidus agricole mise à la disposition des termites a été très positivement corrélée à la quantité de PRO ($r = 0,76$; $\alpha < 0,0001$) et qu'elle influençait de façon hautement positive le taux de digestion ($r = 0,90$, $\alpha < 0,0001$).

ACTIVITE DES TERMITES

Deux activités des termites dans les pièges ont été mises en évidence. Les termites sont responsables de la digestion de la matière végétale mise à leur disposition et de la remontée dans les pièges de terre fine.

CARACTERISATION DU PROTERM

Granulométrie du PROTERM

L'analyse granulométrique des sols des sites de collecte et du PROTERM issu de chaque site a permis d'en déterminer la texture. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le Tableau II ci-dessous.

Le sol des sites témoins étaient sablo-limoneux caractérisés par une abondance de sable (plus de 64 %) et de faibles proportions en argile (inf.

5 %). La teneur en argile du produit résiduaire des termites est améliorée par rapport aux sols témoins. En effet, les PROTERM UJLoG et LM5 ont présenté des teneurs en Argile de 9 % et 13 % respectivement soit 2 à 3 fois plus que les sols témoins. Les proportions de sable dans les produits résiduaire des termites sont restées presque inchangées avec une faible réduction des taux de limon des sols témoins. L'activité des termites a contribué à une réduction des teneurs de limons pour une amélioration des taux d'argile dans les produits résiduaire organominéraux contre une stagnation du taux de sable par rapport aux sols des sites.

Matière organique (MO)

Les taux de carbone et d'azote total (Tableau II) ont été influencés par l'activité des termites. La teneur en azote a varié faiblement malgré l'activité des termites sur les deux sites. Ce taux, à la limite juste suffisant pour les sols témoins des sites 1 et 2 avec respectivement 0,18 % et 0,17 %, a été nettement amélioré par l'activité des termites pour atteindre 0,20 % pour le PROTERM de UJLoG et 0,35 % pour le PROTERM du LM5. Quant à la teneur en carbone, elle a également varié sur les deux sites. Ce taux a été nettement amélioré, passant de 1,96 % à 2,27 % pour le site 1 et de 1,83 % à 4,82 % pour le site 2.

Le rapport C/N, indicateur du taux de minéralisation, a varié de 10,87 pour le sol de UJLoG à 11,34 pour le PROTERM collecté sur ce site et de 10,78 % pour le sol du LM5 à 13,78 pour le PROTERM collecté sur ce site.

Le niveau initial de MO dans les sols des 2 sites était moyennement bon avec respectivement 3,37 % pour le site 1 et 3,15 % pour le site 2 (Tableau II). Ce taux a été relevé dans les produits résiduaire organominéraux issus de l'activité des termites. Ainsi, il est passé de bon à très bon avec respectivement 3,90 % pour le PROTERM de UJLoG et 8,30 % issu du LM5.

Tableau II : Caractéristiques physico-chimiques des sols témoins et du fertilisant (PROTERM).

Site	Paramètres	Site 1		Site 2	
		Sol Témoin	PROTERM	Sol Témoin	PROTERM
pH	eau	5,00	6,60	5,30	6,50
	A	4,50	9,00	4,00	13,00
Granulométrie (%)	L	28,95	27,45	29,65	17,90
	A+L	33,45	36,45	33,65	30,90
	S	64,59	61,28	64,52	64,28
	C %	1,96	2,27	1,83	4,82
MO	Nt%	0,18	0,20	0,17	0,35
	C/N%	10,87	11,34	10,78	13,78
	MO%	3,37	3,90	3,15	8,30
	P.assi	mg/kg	37,00	96,00	41,00
Complexe absorbant (Cmol.kg-1)	Ca ²⁺	2,77	2,71	2,43	2,09
	Mg ²⁺	1,47	2,47	0,74	1,18
	Na ⁺	0,11	0,11	0,11	0,11
	K ⁺	0,16	2,30	0,27	1,09
	CEC	8,80	11,60	8,40	7,60
	S	4,51	7,59	3,55	4,47
	V	51,25	65,43	42,26	58,82

A : argile ; L : limon ; S : sable ; pH : potentiel hydrogène ; C : carbone ; C /N : rapport carbone azote ; Nt : azote total ; MO : matière organique ; P.assi : phosphore assimilable ; CEC : capacité d'échange cationique ; Ca²⁺ : calcium ; Mg²⁺ : magnésium ; Na⁺ : sodium ; K⁺ : potassium.

Propriétés chimiques du PROTERM

Les propriétés chimiques des sols et des PROTERM déterminées au laboratoire sont synthétisées dans le tableau II. Les propriétés chimiques analysées sont le pH ; la matière organique (MO), le carbone (C) ; le complexe absorbant, l'azote (N) et phosphore (P).

pH

Les sols témoins des sites UJLoG et LM5 ont présenté des pH acide de 5 et 5,3 respectivement. Dans les PROTERM, les pH ont été sensiblement augmentés, s'inscrivant dans la gamme des pH peu acide avec 6,6 pour le PROTERM de UJLoG et 6,5 pour le PROTERM issu du LM5.

Phosphore (P)

L'activité des termites a fait augmenter la teneur en phosphore du sol des deux sites. Ainsi, du statut de pauvre (37 mg/kg pour le site 1 à 41 mg/kg pour le site 2), les sols des 2 sites ont permis de produire du PROTERM moyennement pauvre en phosphore avec 96 mg/kg et 63 mg/kg respectivement.

Complexe absorbant

La qualité de la CEC a été légèrement améliorée par les termites dans le PROTERM issu de UJLoG (11,60 cmol/kg) comparé au sol témoin (8,8 cmol/kg). Cependant, au LM5, la CEC (8,4 cmol/kg), faible dans le sol est restée faible dans le PROTERM (7,6 cmol/kg). Toutefois, alors que la teneur en Ca²⁺ a été faiblement réduite par l'activité des termites sur chacun des sites, les teneurs des autres cations basiques (Mg²⁺, K⁺ et Na⁺) ont connues des améliorations variables. Le potassium (K⁺) et le magnésium (Mg²⁺) ont été eu les plus fortes améliorations. La somme des base bien que améliorée dans les PRO, est demeurée faible dans tous les cas avec des taux de saturation moyens.

IDENTIFICATION DES TERMITES IMPLIQUES DANS LA PRODUCTION DU PRODUIT RESIDUAIRE

Au total, 6 genres de termites appartenant à la famille des Termitidae ont été récoltés sur les deux sites (Tableau III et Figure 7). Ces six (6) genres se répartissent en 3 sous-familles :

Macrotermitinae, Nasutitermitinae et Termitinae. Ces 6 genres sont : *Ancistrotermes*, *Macrotermes*, *Odontotermes*,

Pseudacanthotermes, *Trinervitermes* et *Péricapritermes*.

Peuplement de termites sur les sites

Tous les six (6) sont retrouvés UJLoG à UJLoG alors que seuls trois (3) ont été identifiés LM5. Ce sont : *Ancistrotermes*, *Odontotermes*, et *Pseudacanthotermes*.

Peuplement en fonction des pièges

Le genre *Pseudacanthotermes* a été identifié dans les six (6) pièges et dans la zone de digestion libre de UJLoG et LM5. Le genre *Ancistrotermes* a été identifié dans quatre (4) pièges et dans la zone de digestion libre de UJLoG et dans cinq (5) pièges du LM5.

Le genre *Odontotermes* a été identifié dans deux (2) pièges et la zone de digestion libre de UJLoG et dans un seul piège du LM5. Le genre *Macrotermes* a été identifié dans cinq (5) pièges de UJLoG. Le genre *Trinervitermes* a été identifié dans trois (3) pièges et dans la zone de digestion libre du site 1 (UJLoG). Le genre *Péricapritermes* a été identifié à UJLoG dans un seul piège.

Sur les deux (2) sites confondus, trois (3) groupes trophiques ont été observés à savoir les champignonnistes avec les genres *Ancistrotermes*, *Macrotermes*, *Odontotermes* et *Pseudacanthotermes*, les fourrageurs, constitué uniquement du genre *Trinervitermes* et les humivores qui ont été représentés seulement par les *Péricapritermes*. Le genre *Pseudacanthotermes* est plus actif sur les deux sites que les autres genres de termites.

DISCUSSION

Les résultats ont mis en évidence la dégradation des résidus agricoles par les termites et la remontée de constituants minéraux fins du sol (Tano, 1993) pour constituer un substrat à composition organique et minérale. La présence de cette fraction fine constituée de sable, de limon et d'argile se justifie par l'édification du nid au fur et à mesure que les termites se nourrissent (Grassé, 1950). Selon Sileshi *et al.* (2010), le termite remonte la terre fine pour construire son nid et cette matière minérale se mélange au produit de la digestion pour constituer le produit résiduaire organominéral élaboré par les termites. C'est en fait ce mélange, à diverses proportions dépendamment du genre

Tableau III : Genres de termites récoltés sur les sites.

Famille	Sous Famille	Genres	Site 1			Site 2		
			Pièges	Digestion libre	Piège	Digestion libre	Groupes trophiques	
Termitidae	Macrotermitinae	G. <i>Pseudacanthotermes</i>	+++	+-	+++	+-	Champignonnistes Fourrageurs Humivores	
		G. <i>Ancistrotermes</i>	++	+-	++	-		
		G. <i>Odontotermes</i>	+	+-	+-	-		
		G. <i>Macrotermes</i>	++	-	-	-		
Nasutitermitinae Termitinae	G. <i>Trinervitermes</i>	++	+-	-	-	Fourrageurs Humivores		
	G. <i>Péricapritermes</i>	+	-	-	-			

- : Absence ; +- : Peu rencontré ; + : Modérément rencontré ; ++ : Abondant ; +++ : Très abondant

de termites, qui constitue la partie visible d'une termitière dans la nature. Dans la termitière artificielle de cette étude, les termites ont construit les galeries de leur nid avec cette substance organominérale en utilisant la salive, l'argile et les substances humiques pour servir de lien aux particules de sable. Ainsi, le produit de la digestion et la remontée minérale sont complémentaires dans l'édification de la termitière. Cela justifie que les termites contrôlent la production de matière organique et le transfert de fraction fine du sol dans leurs habitats. La digestion et la remontée de terre étaient faibles au départ du fait d'une colonisation du piège et de l'habituation progressive des termites à leur nouvel habitat et aux résidus (Soro *et al.*, 2021). En effet, les termites ont trouvé des conditions d'humidité favorables à leur développement et au renouvellement de la colonie. Nos résultats sont conformes à ceux de Li *et al.* (2017) qui ont montré que de relatives conditions d'humidité sont favorables pour une meilleure croissance en nombre des termites. Les taux de digestion et de remontée semblent se contrôler mutuellement, confirmant ainsi les travaux de Pomeroy (2005) et de Cheik *et al.* (2019) qui ont montré une corrélation positive entre la quantité de végétal digérée et la quantité de remontée. Ainsi, une forte activité de digestion est couplée à une forte remontée de terre et inversement pour constituer le produit résiduaire organominéral. Cependant, la quantité de matière disponible pour les termites n'a aucun impact sur la quantité de produit résiduaire organominéral élaborée par les termites. En effet, cette absence de corrélation se justifierait par la part importante que représente la fraction de terre remontée dans la termitière comparée à la fraction organique mais aussi par la limitation de la quantité de résidus dans le piège. Par ailleurs, ce résultat pourrait être en lien avec le régime alimentaire des termites impliqués dans cette digestion. En effet, pour se nourrir et maçonner leurs nids, les termites font remonter une grande quantité de matière minérale à laquelle s'incorporent la matière végétale dégradée (Sileshi *et al.*, 2010). Lorsque la quantité de résidus est suffisante, l'activité se fait et les deux (2) phénomènes se contrôlent mutuellement. Cependant, un manque de détritux végétaux réduit la remontée minérale

Par ailleurs, la terre fine remontée par les termites a contribué à augmenter la teneur en argile et la teneur globale en A+L dans le produit résiduaire organominéral, réduisant les

proportions relatives de sable par rapport au sol témoin. La teneur en argile a pu être multipliée par 2 dans le produit résiduaire par rapport au sol témoin. Ce résultat confirme que les termites sont des ingénieurs du sol ayant la capacité de modifier la texture du sol par remaniements.

La différence entre les charges initiales observées dans les pièges ne pourrait s'expliquer que par les différences de volumes des réceptacles constituant les pièges et la texture du résidu constituant l'appât.

Le taux de matière organique dans les produits résiduaire organominéraux a atteint des valeurs modérées à bonnes, est dans l'ensemble plus élevé que celui du sol témoin comme l'ont observé Boga *et al.* (2000) et Jouquet *et al.* (2002) avec les matériaux de *Cubitermes* pris dans la nature. Ce résultat est confirmé par ailleurs par Rouland-Lefevre et Bignell, (2001) et Roose *et al.* (2004) qui ont démontré que l'activité des termites accroît la teneur en matière organique dans le sol. L'augmentation de la teneur en matière organique du PROTERM est liée à la digestion des résidus par les termites et les déjections qu'ils déposent dans le piège. En effet, les termites hébergent des bactéries qui par leurs différentes activités métaboliques, produisent des composés carbonés non assimilés par ceux-ci. Ces composés insolubles se fixent aux colloïdes et aux minéraux du sol pour former de l'humus améliorant la fertilité du sol (Mora *et al.*, 2005). Les termites participent ainsi à la décomposition de la matière organique et peuvent ainsi contribuer à une meilleure gestion de son évolution dans les écosystèmes agricoles.

La CEC, faible dans les PRO comme sur le sol témoin, a peu varié du sol témoin au produit résiduaire des termites. Par ailleurs, seules les teneurs en magnésium et potassium ont été améliorées dans les termitières artificielles. Cette faible variation est non seulement, le fait de la fraction argileuse, mais aussi, de la matière organique qui en sont les plus grandes contributrices conformément aux travaux de Jouquet *et al.* (2002) et de Kifukiéto (2014). En effet, les substrats agricoles utilisés seraient moins pourvus en calcium et sodium. Ainsi, selon Kifukiéto (2014), l'augmentation de la capacité d'échange des cations dans les termitières semble due principalement à l'augmentation du taux d'argile alors que l'enrichissement en bases échangeables (Ca, Mg, K, Na) et phosphore proviendraient de

l'incorporation des fèces à la termitière. L'enrichissement en phosphore des sols issus de l'activité des termites est en relation avec la dynamique de terre fine qui transite par le tube digestif des termites d'une part et la quantité de P contenue dans les résidus soumis aux termites. En effet, le transit intestinal de la terre fine favorise la libération du phosphore qui est restitué par les déjections du termite. Brauman et Fall (1997) ont montré que les termitières des termites humivores se caractérisent par leur forte teneur en phosphore assimilable. Kwabiah *et al.* (2003), ont signalé par ailleurs que la libération du phosphore pendant la décomposition est positivement corrélée avec le contenu initial de P dans les résidus agricoles. Les déchets de récoltes de maïs et les déjections de vaches qui ont été les principaux ingrédients du résidu soumis aux termites peuvent justifier l'amélioration du taux de phosphore dans le produit résiduaire organominéral des termites.

Les termites récoltés appartiennent majoritairement au groupe trophique des champignonnistes qui établissent une relation symbiotique extradigestive avec un champignon supérieur (Basidiomycètes) du genre *Termitomyces*. Cette relation faciliterait la dégradation des aliments (Guedegbe *et al.*, 2008) permettant ainsi leur installation dans presque tous les milieux (Konaté *et al.*, 2005). Ce résultat est conforme aux traits écologiques des genres concernés, à savoir les genres *Pseudacanthotermes*, *Ancistrotermes* ; *Odontotermes* et *Macrotermes* qui ont une capacité à s'adapter à divers milieux et des préférences alimentaires notoirement variées (Dosso *et al.*, 2012). Cette présence pourrait aussi s'expliquer par la grande aptitude à la compétition de ces genres de termites (Konaté, 1998) et par la structure de leur nid, généralement souterrain. Ces termites remontent pour se nourrir avec les résidus contenus dans les pièges qu'ils colonisent. Nos résultats sont aussi en accord avec Josens (1977) qui note que les termites champignonnistes sont les plus grands consommateurs de débris végétaux d'origine ligneuse et herbacée. Ce résultat est également en accord avec Schuurman (2005) qui affirme que les champignonnistes sont les leaders dans la décomposition de la matière organique.

La grande diversité en termites de UJLoG par rapport au site LM5 pourrait s'expliquer par l'état des sites. En effet, LM5 qui se trouve au centre-ville est un milieu fortement anthropisé comparé à UJLoG qui est une jachère de plus de 3 ans à

la lisière de la ville. Plusieurs travaux ont montré que les perturbations anthropiques et l'intensité de l'utilisation du sol réduisaient la richesse et modifiaient l'assemblage des communautés de termites (Jones *et al.*, 2003 ; Olugbemi, 2013 ; Hausberger et Korb, 2016 ; Muvengwi *et al.*, 2017 ; Schyra et Korb, 2017). Cependant ; la dégradation du milieu affecte moins les termites champignonnistes (Guedegbe *et al.*, 2008). C'est ce qui faciliterait ainsi leur installation dans les milieux les plus défavorables (Konaté *et al.*, 2005). Cette facilité d'adaptation des champignonnistes justifie la prédominance des genres de termites appartenant à ce groupe et en quantités plus importantes. Cette abondance pourrait aussi s'expliquer par les caractéristiques pédologiques du sol des différents sites (Davies *et al.*, 2014 ; Pequeno *et al.*, 2015 ; Muvengwi *et al.*, 2018). En effet, le pH des sols et les conditions relativement d'humidité sont favorables pour une meilleure croissance en nombre des termites (Li *et al.*, 2017)

Le genre *Pseudacanthotermes* est plus actif que les autres genres sur les deux (2) sites. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'il a un régime plus diversifié car il consomme la litière d'origine arbustive ou graminéenne ou même des végétaux vivants (Josens, 1972).

CONCLUSION

L'étude menée a permis de déterminer le potentiel de fertilité des produits organominéraux issus de l'activité des termites en captivité confirmant le rôle des termites dans la fertilité des sols et d'identifier les genres de termites impliqués dans la production.

Les termites modifient la texture du sol en surface par la remontée d'éléments fins (A+L) pris dans les profondeurs et enrichissent le sol de leurs déjections en matière organique qui améliorent la capacité d'échange de cations. Les termites peuvent ainsi contribuer à la restauration des sols dégradés par la dégradation des sous-produits agricoles.

Cette étude a également permis d'identifier cinq (5) genres de termites qui seraient les principaux agents dans la production du PRO. Ces sont : les genres *Ancistrotermes*, *Macrotermes*, *Odontotermes*, *Pseudacanthotermes* et *Trinervitermes*. Cette diversité de termites serait liée aux caractéristiques pédologiques du site de collecte et à l'action de l'homme.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous adressons nos remerciements aux responsables du Lycée Moderne 5 de Daloa et de l'UJLoG pour avoir permis la pose des pièges à termites sur leurs sites et l'université Péléforo Gon Coulibaly pour la contribution à l'identification des termites.

REFERENCES

- Akpesse AAM, Kouassi KP, Tano Y. et Lepage M. (2008). Impact des termites dans les champs paysans de riz et de maïs en savane subsoudanienne (Booro-Borotou, Côte d'Ivoire). *Sciences et Nature*, 5 (2):121-131.
- Bignell DE. and Eggleton P. (2000). Termites in ecosystems. In: Abe T, Bignell DE, Higashi M (eds) *Termites: Évolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Kluwer Academic Press, Dordrecht, : 363-387.
- Boga JP, Kouassi P, Yapi A, Tahiri A. et Tano Y. (2000). Influence de matériaux termitiques sur quelques paramètres agronomiques de deux cultures vivrières en milieu de savane de Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 12(1) : 1-10.
- Boli Z et Roose E., (2000). Rôle de la jachère de courte durée dans la restauration de la productivité des sols dégradés par la culture continue en savane soudanienne humide du Nord-Cameroun. In : Floret Ch. et Pontanier R., eds. *La jachère en Afrique tropicale*. Paris: John Libbey Eurotext, :. 149-154.
- Bouillon A. & Mathot G. (1965). Quel est ce termite Africain ? *Zooleo* n°1, Leopoldville Univ, Leopoldville. 115p.
- Brauman A., Fall S., (1997). Impact des termites humivores et de leur microflore digestive sur la transformation de la matière organique du sol. Laboratoire de microbiologie du sol, centre ISRA-ORSTOM de Bel-Air, Dakar, Sénégal. 9 p.
- Brauman A., (2000). Effect of gut transit and mound deposit on soil organic matter transformations in the soil feeding termite: a review. *European Journal of Soil Biology*, 36: 117-125.
- Bremner J.M. (1996). Nitrogen-total. In : *Methods of soil analysis : Chemical methods part 3*. Sparks D.L. (Ed.), Soil Science Society of America Inc, *American Society of Agronomy*, Madison, Wisconsin, USA : 1085-1122.
- Cheik S, Shanbhag R, Harit A, Bottinelli N, Sukumar R, Jouquet P (2019). Linking termite feeding preferences and soil physical functioning in Southern-Indian woodlands. *Insects* 10:4. <https://doi.org/10.3390/insects10010004>
- Coulibaly T, Boga JP, Yapi A. and Kouassi KP. (2013). Effects of Continuous Cultivation of Soil on Termites (Isoptera) Diversity and Abundance in Savannas of Northern of Côte d'Ivoire. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development* 3(9) : 632-649.
- Coulibaly T. (2014). Diversité et dégâts des termites dans les vergers de manguiers (*Mangifera indica* L., 1753, Anacardiaceae) de la région de Korhogo (Côte d'Ivoire) et essai de lutte par utilisation d'extraits aqueux de trois plantes locales, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, 154p.
- Dabin B. (1967). Sur une méthode d'analyse du phosphore dans les sols tropicaux. Colloque sur la fertilité des sols tropicaux, Antananarive, Madagascar, 19-25 novembre, n°1 : 99-115.
- Davies, A.B., Levick, S.R., Asner, G.P., Robertson, M.P., van Rensburg, B.J., Parr, C.L., (2014). Spatial variability and abiotic determinants of termite mounds throughout a savanna catchment. *Ecography* 37 (9): 852-862.
- Dosso K, Yéo K, Konaté S and Linsenmair KE. (2012). Importance of protected areas for biodiversity conservation in central Côte d'Ivoire: Comparison of termite assemblages between two neighbouring areas under differing levels of disturbance. *Journal of Insect Science* 12: 13-18.
- Dosso K., Koné F, Kra K D et Konaté S : (2017). Décomposition des résidus végétaux par les termites et apport de matière organique au sol dans la région de Lamto Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 33 (3): 5320-5331
- Gala J. T. B., Camara M., Assa A. et Keli J. Z., (2007). Problématique de l'utilisation des engrais minéraux dans les zones de production du riz : cas du Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 19 (2) : 173 - 185
- Garnier-Sillam E., Braudeau E. et Tessier D., (1991). Rôle des termites sur le spectre poral des sols forestiers tropicaux. Cas des *Thoracotermes macrothorax* Sjöstedt (Termitinae) et de *Macrotermes mülleri* (Macrotermitinae). *Pédologie*, 38 : 391-412.

- Gee G.W. & Bauder J.W. (1986). Particle-size analysis. In : Methods of soil analysis. Part 1 : Physical and mineralogical methods (ed. A. Klute). *American society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, WI* : 383-411.
- Grassé P., (1950). Termites et sols tropicaux. *Revue Internationale de Botanique Appliquée et Agriculture Tropicale.*, (337-338) :. 549-554.
- Grassé P. P., (1982). Termitologia. Tome II. Anatomie, Physiologie, Reproduction des termites. *Fondation Singer-Polignac, Masson, Paris*, 676 p.
- Grassé P. P. (1984). Termitologia. Tome II. Fondation des sociétés, construction. Masson, paris, 613p.
- Grassé P.P. (1986). Termitologia. Tome III. Comportement, socialité, écologie, évolution et systématique. Masson, Paris, 715 pp.
- Guedegbe H., Houngnandan P., Roman J. & Rouland-Lefevre C., (2008). Patterns of substrate degradation by some microfungi from fungusgrowing termites combs (Isoptera: Termitidae: Macrotermitinae). *Sociobiology*, 52(3): 51-65.
- Han S. H., Noirot CH. (1983). Développement de la jeune colonie chez *Cubitermes fungifaber* (Sjostedt) (Isoptera : Termitidae). *An. Soc. Ent. France*, 19(4) : 413 - 420.
- Hausberger, B., Korb, J., (2016). The impact of anthropogenic disturbance on assembly patterns of termite communities. *Biotropica* 48 (3), 356-364.
- Jones CG, Lawton JH. And Shachak M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*69 : 373-386.
- Jones, D.T., Susilo, F.X., Bignell, D.E., Hardiwinoto, S., Gillison, A.N., Eggleton, P., (2003). Termite assemblage collapse along a land-use intensification gradient in lowland central Sumatra, Indonesia. *J. Appl. Ecol.* 40 (2), 380-391.
- Josens G. (1972). Études biologiques et écologiques des termites (Isoptera) de la savane de Lamto. Thèse de Doctorat de l'Université libre de Bruxelles, 262 p.
- Josens G. (1977). Recherches sur la structure et le fonctionnement des nids hypogés de quatre espèces de Macrotermitinae (Termitidae) communes dans les savanes de Lamto (Côte d'Ivoire). Mémoires de la Classe des Sciences de l'Académie royale des Sciences de Belgique 42: 1-123.
- Jouquet P ; Mamou L, Lepage M, Velde B, (2002). Effect of termites on clay minerals in tropical soils ; fungus-growing termites as weathering agents. *European Journal of Soil Science*, 53 (4): 521-527.
- Kifukiéto C., (2014). Inventaire préliminaire des termites(Isoptera) des plateaux des Batakés en République Démocratique du Congo. *Entomologie Faunistique – Faunistic Entomology*, 67 : 49-57.
- Konaté S. (1998). Structure, dynamique et rôle des buttes termitiques dans le fonctionnement d'une savane préforestière (Lamto, Côte d'Ivoire). Le termite champignoniste *Odontotermes* comme ingénieur de l'écosystème. Thèse de Doctorat, Université. Paris VI. 252p.
- Konaté S, Le Roux X, Verdier D. and Lepage M. (2003). Effect of underground fungus growing termites on carbon dioxide emission at the point and landscape scales in an African savanna. *Functional Ecology* 17: 305-314.
- Konaté S., Yéo K., Yeboue L., Alonso L. F. & Kouassi K. (2005). Evaluation rapide de la diversité des insectes des forêts classées de la Haute Dodo et du Cavally (Côte- d'Ivoire). *RAP Bulletin of Biological Assessment*, C I. Washington DC, 27 p.
- Kouassi K. H., N'Guessan K., Gnahoua G. M. et kouassi K.E., (2009). Flore post-culturale en zone de forêt dense semi décidue de côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 19: 1026 - 1040
- Kwabiah A, Palm C, Stoskopf N, Voroney R (2003). Response of soil microbial biomass dynamics to quality of plant materials with emphasis on P availability. *Soil Biol/ Biochem* 35 : 207-216
- Lachaud M., (2002). Les nids de *Macrotermes subhyalinus* Rambur (Isoptera) : des îlots de fertilité garantissant une production minimale en céréale (Piémont Fali, Nord-Cameroun) Thèse / th 0215008- partie 2 : 163p.
- Li, Y., Dong, Z.Y., Pan, D.Z., Pan, C.H. and Chen, L.H. (2017). Effects of termites on soil pH and its application for termite control in Zhejiang Province, China. *Sociobiology*, 64: 317–326.
- Mando A, Brussaard L, Stroosnijder L. and Brown GG. (2002). Managing termites and organic resources to improve soil productivity in the Sahel. In: Program, Abstract and Related documents of the International Technical Workshop on Biological Management of Soil Ecosystems for Sustainable Agriculture, Brown GG, Hungria M, Olivera LJ,

- Bunning S, Montanez A, (eds.), Série Documentos Londrina, Brazil, 182 : 191-203.
- Mora P., Miambi E., Jimenez J J., Deaëns T., Rouland C., (2005). Functional complement of biogenic structures produced by earthworms, termites and ants in the neotropical savannas. *Soil Biology & Biochemistry*, 37: 1043-1048.
- Muvengwi, J., Mbiba, M., Ndagurwa, H.G., Nyamadzawo, G., Nhokovedzo, P., (2017). Termite diversity along a land use intensification gradient in a semi-arid savanna. *J. Insect Conserv.* 21 (5-6): 801-812.
- Muvengwi, J., Davies, A.B., Parrini, F., Witkowski, E.T.F., (2018). Geology drives the spatial patterning and structure of termite mounds in an African savanna. *Ecosphere* 9 (3), e02148. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2148>.
- Olugbemi, B.O., (2013). Termite assemblages and decomposition of tissue paper baits along a gradient of land use intensification in Owena, southwest Nigeria. *Appl. Ecol. Environ. Res.* 11 (2):223-235.
- Ouédraogo E, Mando A. and Brussaard L. (2008). Termites and mulch work together to rehabilitate soils, Low external Input and Sustainable Agriculture (LEISA) Magazine, 24(2), 28p.
- Pequeno, P.A.C.L., Franklin, E., Venticinque, E.M., Acioli, A.N.S., (2015). Linking functional trade-offs, population limitation and size structure: termites under soil heterogeneity. *Basic Appl. Ecol.* 16 (4): 365-374.
- Pomeroy, D., (2005). Dispersion and activity patterns of three populations of large termite mounds in Kenya. *J. East Afr. Nat. Hist.* 94 (2): 319-341.
- Rajeev V. and Sanjeev A. (2011). Impact of termite activity and its effect on soil composition. *Tanzania Journal of Natural and Applied Science*, 2: 399 - 404.
- Roose AC., Brygoo Y., Harry M., (2004). Ascomycete diversity in soil feeding termite nests and soils from a tropical rainforest. *Environmental Microbiology* 6 (5): 462-469.
- Rouland-Lefevre C., Bignell D., (2001). Cultivation of symbiotic fungi by termites of the subfamily Macrotermitinae. In: *Symbiosis: Mechanisms and modelsystems*. Seckbach J (ed), *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht*, : 731-756.
- Schuurman, G., (2005). Decomposition rates and termites assemblage composition in semiarid Africa. *Ecology* 86 (5) :1236-1249
- Schyra, J., Korb, J., (2017). Termite Communities along a Disturbance Gradient in a West African Savanna. bioRxiv. <https://doi.org/10.3390/insects10010017>.
- Sileshi, G.W., Arshad, M.A., Konate, S., Nkunika, P.O., (2010). Termite-induced heterogeneity in African savanna vegetation: mechanisms and patterns. *J. Veg. Sci.* 21 (5) : 923-937.
- Soro D., Boni K. Konaté Z., Abobi H., Angui T.P., (2021). Agronomic Potential of the Artificial Termite Mound of Senoufo Poultry Farmers in Northern Côte d'Ivoire. *International Journal of Science and Research*, Volume 10 (1) : 1004-1013
- Tano Y., (1993). Les termitières épigées d'un bassin versant en savane soudanienne. Répartition et dynamique des nids, rôle sur les sols et la végétation. Thèse de Doctorat ès-sciences naturelles, Université Nationale de Côte d'Ivoire. 240p.
- Tra Bi CS, Boga JP, Akpessa AAM, Konaté S, Kouassi P. et Tano Y. (2012). Diversité et Effet de la Litière Sur L'assemblage des Termites (Insecta : Isoptera) Épigés le Long D'un Gradient D'âge de la Cacaoculture (Theobroma Cacao L.) en Moyenne Côte d'Ivoire, Oumé. *European Journal of Scientific Research* 79 (4) : 519-530.
- Walkley A. and Black I.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 34: 29-38.