

Fonctionnement biologique des sols sous jachères de caféiers et cacaoyers dans le département de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)

[Biological functioning of soils under coffee and cocoa tree fallows in the department of Daloa (West-Central of Côte d'Ivoire)]

Kacou Bony, Ferdinand Gohi Bi Zro, and Martinez Arnauth Guéi

Département d'Agropédologie, Université Jean Lorougnon Guedé, Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In Daloa, Côte d'Ivoire, many coffee and cocoa plantations that have fallen into decline and been left fallow are being reused. In order to prevent the failure of the planned crops, this study aims to determine the biological functioning of these soils, which is essential for developing sustainable management strategies for them. Seven fallows older than ten years were identified. In each of them, a plot of 10,000 m² was delimited and four monoliths were isolated. Each monolith was sorted in order to extract the organisms, identify them and calculate their density. A soil sample was also taken from each stratum for analysis. The biological functioning of the soil was determined by considering that the density of fauna is an indicator variable of the biological fertility of the soil, which is then correlated with CEC and texture, two variables considered to explain soil fertility in general. The results show that the density of the macrofauna constituting the soil engineers varies little on the sites, maintaining a relationship with either the sand or silt content of the soil, or with the CEC of the soil, or both variables. Soils where the CEC has been improved by the action of fauna are likely to function better and the types of fauna involved have been identified as the main biological actors in the fertilisation of the soils studied.

KEYWORDS: soil, biological functioning, soil fauna, organic matter, fallow land, Daloa.

RESUME: A Daloa en Côte d'Ivoire, de nombreuses plantations de caféiers et cacaoyers tombées en déclin et laissées en jachères sont en passe d'être réutilisées. Pour prévenir un échec des cultures envisagées, cette étude vise à déterminer le mode de fonctionnement biologique de ces sols, chose indispensable pour élaborer à leur endroit des stratégies de gestion durable. Ainsi, sept jachères de plus de dix ans ont été identifiées. Dans chacune d'elle, une parcelle de 10000 m² a été délimitée; quatre monolithes y ont été isolés. Chaque monolithe a été trié afin d'en extraire les organismes, les identifier et calculer leur densité. Aussi, un échantillon de sol a-t-il été constitué par strate aux fins d'analyses. Le mode de fonctionnement biologique du sol a été déterminé en considérant que la densité de la faune est une variable indicatrice de la fertilité biologique des sols, qui alors, est mise en corrélation avec la CEC et la texture, deux variables considérées comme explicatrices de la fertilité des sols en général. Les résultats montrent que la densité de la macrofaune constituant les ingénieurs du sol varie peu sur les sites en maintenant une relation soit avec les teneurs en sables ou limons du sol, soit avec la CEC du sol, ou les deux variables à la fois. Les sols où la CEC a été bonifiée par l'action des faunes ont *a priori* un meilleur fonctionnement et les types de faunes impliqués ont été identifiés comme les principaux acteurs biologiques de la fertilisation des sols étudiés.

MOTS-CLEFS: sol, fonctionnement biologique, faune du sol, matière organique, jachère, Daloa.

1 INTRODUCTION

Depuis son indépendance, la performance économique de la Côte d'Ivoire a été le fait des exportations des matières premières agricoles [1], principalement le cacao et le café. Aujourd'hui, la Côte d'Ivoire n'est plus que le 15^e producteur mondial et 3^e producteur africain de café, alors qu'elle occupait dans les années 1970 les rangs de 3^e producteur mondial et premier pays africain avec une production annuelle de 400 000 tonnes [2]. La production de cacao estimée en 2020 à 2,2 millions de tonnes, demeure par contre le principal pilier du secteur agricole et revêt, de ce fait, une importance stratégique pour l'équilibre macroéconomique et la stabilité sociale du pays. Cependant, durant ces quarante dernières années, la filière cacao dans l'Union Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) et, partant, en Côte d'Ivoire, a été confrontée à plusieurs contraintes et difficultés qui ont entravé son plein développement [2]. Au total, parmi les freins au développement de la filière café-cacao, figure en bonne place: la chute des cours internationaux et leur forte volatilité [2] couplée à la baisse continue des revenus perçus par les producteurs [3], la connaissance insuffisante des caractères morpho-pédologiques des surfaces exploitées [4], l'amenuisement des terres cultivables et la faiblesse des rendements dus au vieillissement des vergers et à l'appauvrissement des sols ([5], [6], [7]). Vraisemblablement, toutes ces difficultés, notamment l'appauvrissement des sols, ont amené beaucoup de planteurs à abandonner leurs champs. Aujourd'hui, l'heure étant à la récupération des terres abandonnées, il est d'un intérêt indéniable de connaître leur mode de fonctionnement général afin d'élaborer des stratégies de gestion durable à leur endroit. La présente étude consacrée au fonctionnement biologique de ces sols, vise à déterminer la densité de la macrofaune (invertébrés) qu'ils abritent et analyser les corrélations existant entre cette faune et certaines de leurs composantes physico-chimiques.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ZONE D'ETUDE

L'étude a été conduite dans le département de Daloa situé dans la Région du Haut-Sassandra (Figure 1), au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire. Selon [8], ce département est très humide avec un climat à quatre saisons: la grande saison des pluies qui s'étend d'avril à mi-juillet est marquée par des intersaisons et des orages; elle est suivie par la petite saison sèche (mi-juillet à mi-septembre) et la petite saison des pluies (mi-septembre à novembre); la grande saison sèche couvre les mois de décembre à mars. Annuellement, la température moyenne est de 25,6 °C. Les saisons sèches et humides alternent avec des températures variant de 24,65 °C à 27,75 °C en moyenne. Les pluies annuelles sont passées de 1868,5 mm en 1968 à 1120,4 mm en 2005, soit une baisse de 40 pc [9]. Au plan hydrographique, le département est arrosé par le fleuve Sassandra et par son affluent la Lobo dont les ramifications le Dé et le Goré inondent le département, donnant lieu à de nombreux bas-fonds cultivables. La végétation est homogène et constituée de forêt dense et humide au sud et de savane arborée incluses au nord. Cette forêt connaît une dégradation accélérée par l'intensification des cultures de rente (cacao, café, palmier à huile et hévéa). Le relief du département est constitué de plateaux de 200 à 400 m d'altitude coupés par endroits par des plaines et basfonds [10].

Sur le plan pédologique, les études réalisées par [11] ont montré que les sols du département de Daloa sont en général ferrallitiques moyennement lessivés (ou désaturés). Les formations qui constituent le substratum de la région ont subi une altération et latérisation caractérisant les régions à climat chaud et humide. Du point de vue lithologique, le socle est constitué par des granitoïdes de composition minéralogique constante. Il s'agit de granites alcalins à subalcalins contenus dans les formations métamorphiques (gneiss et migmatites) de composition très voisine. Ces formations sont très rarement visibles à l'affleurement car masquées par une épaisse couverture d'altération argilo-sableuse.

Au total, sept sites de plateaux à pente faible (7 à 8 pc) sis dans sept localités différentes ont été choisis; il s'agit des villages de Bla (N6°43'58" W6°29'37"), Gonaté (N6°53'41" W6°16'13"), Loboguguia (N6°47'45" W6°37'18"), Madoguhé (N7°03'77" W6°29'18"), Wandaguhé (N6°50'51" W6°24'55"), Zépréguhé (N6°54'31" W6°22'10") et la ville de Daloa (N6°55'03" W6°22'10"). Les sites de Loboguiguia et de Zépréguhé sont des jachères de cacaoyers, alors que ceux de Bla, Daloa, Gonaté, Madoguhé et Wandaguhé sont des jachères de caféiers.

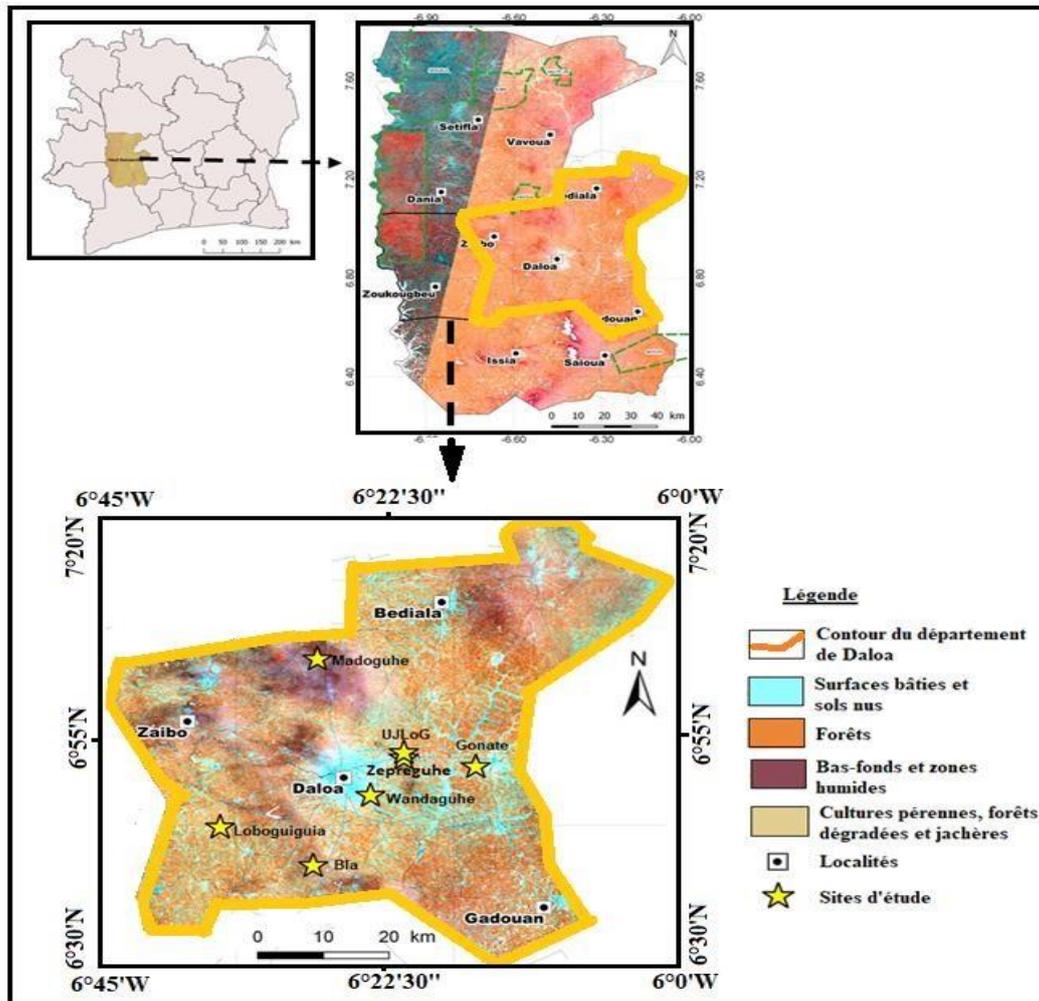


Fig. 1. Localisation du département de Daloa montrant les sites de l'étude

2.2 COLLECTE DES DONNEES

Deux types de données ont été collectés: la macrofaune du sol et le sol. La collecte de la macrofaune a été réalisée selon la méthode TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility). Le dispositif schématisé par la figure 2 a été installé à cet effet à l'intérieur d'une parcelle utile de 100 m x 100 m délimitée sur chaque site. Ce dispositif couvre une sous parcelle de 80 m x 80 m afin de minimiser les effets de bordure. Un transect long de 20 m a été tracé pour servir de ligne directrice à l'implantation de quatre monolithes, les premier (M1) et quatrième (M4) étant situés à chaque extrémité du transect. Une distance de 10 m séparait les deux premiers monolithes (M1 et M2) tandis que les autres (M2 à M4) étaient distants de 5 m, à l'image de la stratégie d'échantillonnage appliquée par [12].

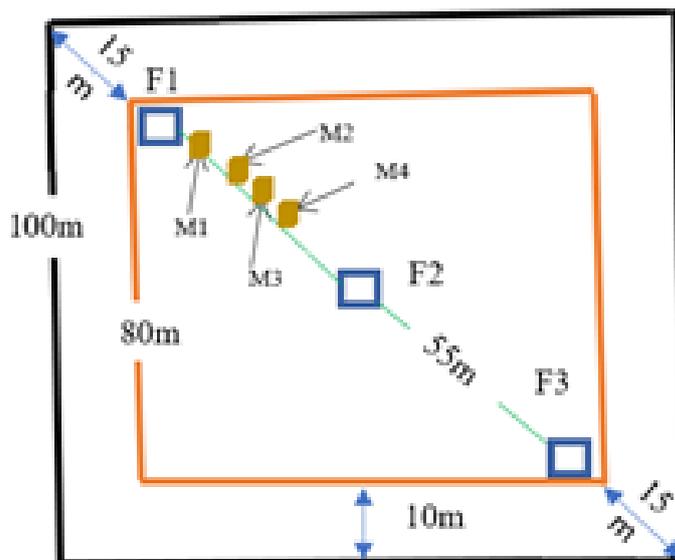


Fig. 2. Dispositifs mis en place pour la collecte de la faune

Dans la pratique, un quadra en bois de 50 cm de côté a servi à marquer l'emplacement de chaque monolithe de sol, puis une tranchée de 50 cm de côté et 30 cm de profondeur a été creusée autour du quadra pour isoler le monolithe (Figure 3). Au total, 28 monolithes ont été isolés sur les sept sites. Chaque monolithe a été, après isolement, scindé en trois strates ou couches successives (strate 1: 0-10 cm, strate 2: 10-20 cm et strate 3: 20-30 cm) (Figure 3). Le sol de chaque strate a été recueilli dans un sachet afin d'éviter la fuite des organismes. Les organismes ont été extraits par tri manuel direct ([12], [13]). Pour ce faire, de petites quantités de terre collectée au niveau d'une strate donnée sont versées progressivement jusqu'à épuisement et étalées sur un plateau en plastique pour faire apparaître la faune du sol qu'elle renferme. Tous les individus aperçus sont prélevés à l'aide d'une pincette et conservés dans des piluliers contenant du formaldéhyde dilué à 4 pc pour les vers de terre et de l'alcool à 70 pc pour les autres taxons (termites, fourmis etc.). Les piluliers sont ensuite marqués d'une étiquette renseignant le nom de la parcelle, la date de l'échantillonnage, les numéros du monolithe et de la strate, après quoi, un échantillon de sol est constitué par strate de sol aux fins des analyses de laboratoire. Ces analyses ont porté sur les variables du sol reportées dans le tableau 1.

Les échantillonnages de terrain ont été réalisés pendant la saison des pluies, période de grandes activités des organismes du sol en général.

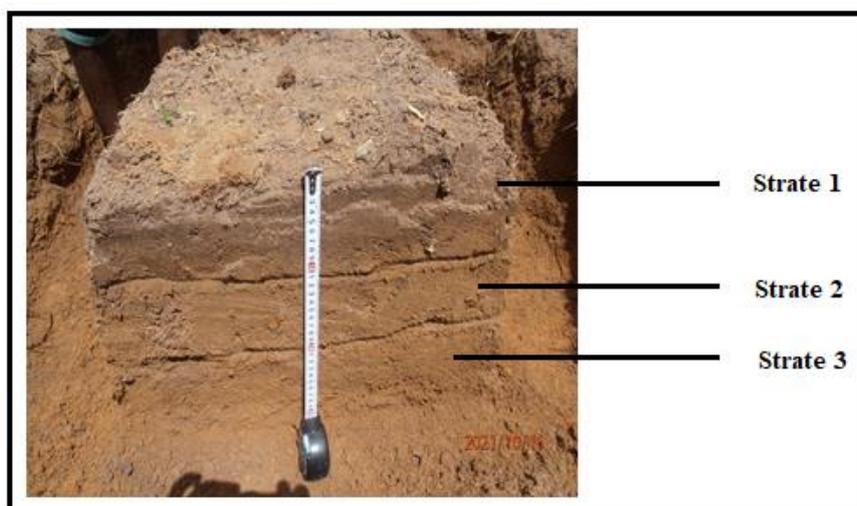


Fig. 3. Monolithe de sol scindé en trois strates

Tableau 1. Synthèse des méthodes d'analyse des sols appliquées

| Variables mesurées | Méthodes de détermination |
|---------------------------------------|--|
| Taux de sable (S) | Pipette Robinson [14] |
| Taux de limon (L) | |
| Taux de d'argile (A) | |
| pH (1: 2,5: Sol: Eau) | pH-mètre à électrode de verre [15] |
| Taux de carbone organique (C) | Walkley et Black [15] |
| Taux de d'azote total (Nt) | Kjeldahl modifiée [15] |
| Taux de phosphore assimilable (Pass) | Olsen modifiée [16] |
| Taux de calcium (Ca ²⁺) | Spectromètre d'absorption atomique [15] |
| Taux de magnésium (Mg ²⁺) | |
| Taux de potassium (K ⁺) | |
| Taux de sodium (Na ⁺) | |
| Capacité d'échange en cation (CEC) | |
| Somme des bases (S) | $S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$ |
| Taux de saturation en bases (V) | $V = S/CEC$ |

2.3 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES

Parmi les macros-invertébrés collectés, seuls les grands groupes taxonomiques des "ingénieurs du sol" (vers de terre, fourmis et termites), ont été identifiés pour leur grande implication dans la dynamique du sol. Les autres macros-invertébrés récoltés et non identifiés ont été mis ensemble pour constituer le groupe "autres macro invertébrés". Ainsi, l'identification des vers de terre a été faite à l'aide de différentes clés de détermination ([17], [18]) et d'échantillons de référence du Muséum d'Histoire Naturelle de Budapest [19]. Pour les termites, les supports utilisés sont: les clés de [20], les illustrations sur les termites de [21] et les descriptions de [22] et [23]. Quant à la reconnaissance des fourmis, les clés de [24] ainsi que les travaux de [25] ont servi de référence.

Suite à cette étape d'identification, la densité (nombre d'individus par mètre carré) de tous les macros-invertébrés collectés a été déterminée par site en utilisant la formule de l'équation 2:

$$D = d \times 4 \text{ (Equation 2)}$$

Avec:

- D = Nombre d'individus par mètre carré (individus/m²);
- d = nombre d'individus par surface de monolithe (individus/0,25 m²)

Le mode de fonctionnement biologique du sol a été déterminé en considérant l'abondance ou la densité de la faune comme une variable indicatrice de la fertilité biologique des sols, qui, alors, est mise en corrélation avec la CEC et la texture, deux variables considérées en général comme explicatives de la fertilité des sols ([26], [27]). Les corrélations ont été calculées en utilisant le logiciel R (Version 3.6.3).

3 RESULTATS

3.1 VARIANCES DES DENSITES DES MACRO-INVERTEBRES

Les groupes taxonomiques des macro-invertébrés identifiés sont les vers de terre, les termites et les fourmis. Les groupes taxonomiques non identifiés constituent les "autres macro-invertébrés". Les densités de ces différents macro-invertébrés sont reportées dans le tableau 2 ainsi que leur variabilité. Quand bien même que les différences entre les sites relativement à la densité de la macrofaune qu'ils abritent sont avérées non significatives, les autres macro-invertébrés et surtout les fourmis, qui ont affiché des coefficients de variation supérieur à 50 pc, apparaissent ainsi particulièrement très variables spatialement contrairement aux vers de terre et aux termites.

Tableau 2. Variance de la densité des macro-invertébrés par groupe taxonomique

| Macro-invertébrés collectés | Sites | | | | | | | p |
|---|-----------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|------------|--------|
| | Bla | Daloa | Gonaté | Loboguiguia | Madoguhé | Wandaguhé | Zépréguhé | |
| Termites (ind.m ⁻²) | 88±11,76a | 152±29,74a | 112±1,72a | 96±46,63a | 64±34,2a | 64±19,43a | 48±20,85a | > 0,05 |
| Vers de terre (ind.m ⁻²) | 84±27,77a | 80±3,65a | 40±19,35a | 40±32,56a | 104±1,05a | 116±1,44a | 136±12,65a | > 0,05 |
| Fourmis (ind.m ⁻²) | 32±25,57a | 20±12,22a | 20±11,74a | 48±10,49a | 60±23,86a | 20±14,25a | 88±42,66a | > 0,05 |
| Autres macro-invertébrés (ind.m ⁻²) | 28±8,54a | 36±7,45a | 12±4,29a | 8±6,14a | 16±4,22a | 20±10,01a | 16±4,77a | > 0,05 |

Les moyennes alignées et affectées de lettres différentes sont statistiquement différentes au seuil de 5 pc.

Toutefois, relativement à la variance de la densité, les tendances suivantes ont été observées:

- La densité des termites varie de 48±20,85 à 152±29,74 ind.m⁻² la plus forte densité ayant été obtenue dans le sol de Daloa (152±29,74 ind.m⁻²), suivi dans cet ordre, des sols de Gonaté (112±1,72 ind.m⁻²), Loboguiguia (96±46,63 ind.m⁻²), Bla (88±11,76 ind.m⁻²), Madoguhé (64±34,20 ind.m⁻²), Wandaguhé (64±19,43 ind.m⁻²) et Zépréguhé (20±20,85 ind.m⁻²);
- Pour les vers de terre, la densité varie entre 40±19,35 et 136±12,65 ind.m⁻²: le sol de Zépréguhé abrite la plus forte densité (136±12,65 ind.m⁻²); les sols de Wandaguhé et Madoghé suivent avec 116±1,44 et 104±1,05 ind.m⁻² puis viennent les sols de Bla et Daloa avec respectivement 84±27,77 et 80±3,65 ind.m⁻²; les sols de Gonaté et Loboguiguia renferment la plus densité estimée à 40±19,35 ind.m⁻²;
- A l'image du constat fait avec les termites, le sol de Zépréguhé abrite la plus grande densité de fourmis estimée à 88±42,66 ind.m⁻², loin devant les sols de Madoguhé et Loboguiguia qui en comptent 60±23,86 et 48±10,45 ind.m⁻². Le sol de Bla a une densité de fourmis intermédiaire (32±25,57 ind.m⁻²) à celles de Madoguhé et Loboguiguia. Les sols de Daloa, Gonaté et Wandaguhé qui abritent une densité de 20 ind.m⁻² de fourmis sont les moins fournis en cette faune;
- Les "autres macro-invertébrés" sont plus présents dans les sols de Daloa (36±7,45 ind.m⁻²) et de Bla (28±8,54 ind.m⁻²) alors que cette présence est peu marquée à Madoguhé, Wandaguhé et Zépréguhé et surtout à Gonaté (12±4,29 ind.m⁻²) et Loboguiguia (8±6,14 ind.m⁻²)

3.2 CORRELATIONS ENTRE LA DENSITE DES MACRO-INVERTEBRES ET LES VARIABLES EXPLICATIVES DE LA FERTILITE DES SOLS

Les tableaux 3 à 7 indiquent les corrélations existant entre les macro-invertébrés échantillonnés dans les sols et la texture, puis la CEC, qui sont les variables explicatives de la fertilité des sols en général.

Avec la texture du sol, des corrélations significatives existent entre la densité des faunes collectées et les fractions fines du sol, en particulier, le limon et le sable, exception faite du sol de Daloa (Tableau 3). À Bla, ces corrélations sont établies entre les termites et le limon (corrélations positives), puis entre les termites et le sable (corrélations négatives), et dénotent ainsi une abondance de cette faune selon que le sol est de plus en plus fourni en limon et pauvre en sable (Tableau 4). Un constat inverse se dégage avec les vers de terre dans le sol de Madoguhé (Tableau 5). Dans le sol de Gonaté (Tableau 6), tandis que les termites d'une part, puis les vers de terre et les "autres macro-invertébrés" d'autre part, prolifèrent, dans cet ordre, en présence de limon et de sable, de faibles densités des vers de terre et des "autres macro-invertébrés" sont expliquées par des taux élevés de limon. Cette dernière relation illustre aussi celle qui existe entre les vers de terre et les sols de Loboguiguia (Tableau 7), Madoguhé (Tableau 5), Wandaguhé (Tableau 8) et Zépréguhé (Tableau 9). À Zépréguhé, particulièrement, la densité des termites s'avère importante aussi bien en présence du limon que du sable alors que seul le sable induit un effet similaire sur la densité des "autres macro-invertébrés".

Avec la CEC du sol, les corrélations significatives marquées avec la densité des faunes collectées concernent les seuls sols de Daloa (Tableau 3) et de Gonaté (Tableau 6): elles traduisent une abondance des fourmis et des vers de terre dans le sol quand la CEC du sol s'élève.

Tableau 3. *Corrélations entre densité des macro-invertébrés et texture et CEC du sol de de Daloa*

| Macro-invertébrés | Texture | | | CEC |
|--------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------------|
| | Argile | Limon | Sable | |
| | Coefficients de corrélation | | | |
| Fourmis | -0.03 | -0.62 | 0.66 | 0.73 |
| Termites | 0.53 | 0.36 | 0.38 | -0.49 |
| Vers de terre | 0.68 | 0.05 | -0.03 | 0.33 |
| Autres macro-invertébrés | 0.01 | -0.29 | 0.27 | 0.19 |

Les valeurs en gras indiquent les corrélations significatives marquées à $p < 0,05$.

Tableau 4. *Corrélations entre densité des macro-invertébrés et texture et CEC du sol de Bla*

| Macro-invertébrés | Texture | | | CEC |
|--------------------------|-----------------------------|-------------|--------------|-------|
| | Argile | Limon | Sable | |
| | Coefficients de corrélation | | | |
| Fourmis | 0.19 | -0.39 | 0.41 | 0.57 |
| Termites | 0.17 | 0.75 | -0.78 | -0.32 |
| Vers de terre | -0.39 | -0.42 | 0.39 | 0.68 |
| Autres macro-invertébrés | -0.09 | 0.57 | 0.57 | 0.66 |

Les valeurs en gras indiquent les corrélations significatives marquées à $p < 0,05$.

Tableau 5. *Corrélations entre densité des macro-invertébrés et texture et CEC du sol de de Madoguhé*

| Macro-invertébrés | Texture | | | CEC |
|--------------------------|-----------------------------|--------------|-------------|-------|
| | Argile | Limon | Sable | |
| | Coefficients de corrélation | | | |
| Fourmis | -0.16 | 0.09 | -0.07 | 0.56 |
| Termites | 0.41 | 0.11 | 0.17 | -0.33 |
| Vers de terre | 0.36 | -0.86 | 0.87 | -0.53 |
| Autres macro-invertébrés | 0.01 | -0.57 | 0.58 | 0.09 |

Les valeurs en gras indiquent les corrélations significatives marquées à $p < 0,05$.

Tableau 6. *Corrélations entre densité des macro-invertébrés et texture et CEC du sol de Gonaté*

| Macro-invertébrés | Texture | | | CEC |
|--------------------------|-----------------------------|--------------|-------------|-------------|
| | Argile | Limon | Sable | |
| | Coefficients de corrélation | | | |
| Fourmis | -0.39 | -0.50 | 0.54 | 0.06 |
| Termites | -0.16 | 0.70 | 0.69 | -0.32 |
| Vers de terre | -0.29 | -0.83 | 0.84 | 0.87 |
| Autres macro-invertébrés | -0.23 | -0.70 | 0.70 | 0.60 |

Les valeurs en gras indiquent les corrélations significatives marquées à $p < 0,05$.

Tableau 7. Corrélations entre densité des macro-invertébrés et texture et CEC du sol de Loboguiguia

| Macro-invertébrés | Texture | | | CEC |
|--------------------------|-----------------------------|--------------|-------------|-------|
| | Argile | Limon | Sable | |
| | Coefficients de corrélation | | | |
| Fourmis | -0.23 | 0.20 | -0.14 | 0.13 |
| Termites | 0.01 | 0.55 | -0.48 | -0.08 |
| Vers de terre | 0.62 | -0.78 | 0.80 | 0.11 |
| Autres macro-invertébrés | 0.28 | -0.63 | 0.64 | -0.14 |

Les valeurs en gras indiquent les corrélations significatives marquées à $p < 0,05$.

Tableau 8. Corrélations entre densité des macro-invertébrés et texture et CEC du sol de Wandaguahé

| Macro-invertébrés | Texture | | | CEC |
|--------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|-------|
| | Argile | Limon | Sable | |
| | Coefficients de corrélation | | | |
| Fourmis | 0.01 | -0.31 | 0.34 | -0.67 |
| Termites | 0.23 | 0.85 | -0.87 | 0.28 |
| Vers de terre | -0.34 | -0.86 | 0.87 | -0.43 |
| Autres macro-invertébrés | -0.29 | -0.69 | 0.71 | -0.29 |

Les valeurs en gras indiquent les corrélations significatives marquées à $p < 0,05$.

Tableau 9. Corrélations entre densité des macro-invertébrés et texture et CEC du sol de Zépréguhé

| Macro-invertébrés | Texture | | | CEC |
|--------------------------|-----------------------------|--------------|-------------|-------|
| | Argile | Limon | Sable | |
| | Coefficients de corrélation | | | |
| Fourmis | -0.01 | -0.31 | 0.34 | -0.29 |
| Termites | 0.23 | 0.85 | 0.87 | 0.28 |
| Vers de terre | -0.34 | -0.86 | 0.87 | -0.43 |
| Autres macro-invertébrés | -0.29 | -0.69 | 0.71 | -0.67 |

Les valeurs en gras indiquent les corrélations significatives marquées à $p < 0,05$.

4 DISCUSSION

Selon [28], en Afrique tropicale humide, la macrofaune du sol est représentée par des invertébrés dont certains bâtissent des structures organo-minérales (ex: termites). Leurs activités et les répercussions observées sur les caractéristiques du milieu environnant font que ces organismes sont appelés les « ingénieurs de l'écosystème ». Ils sont principalement représentés par les termites, les vers de terre et les fourmis, qui constituent essentiellement les organismes collectés et identifiés dans cette étude. Ces macro-invertébrés ont présenté une densité statistiquement similaire entre les sites, ce qui peut s'expliquer par l'existence sur les sites des mêmes conditions de nutrition (abondance de litière produite par la couverture végétale), agroclimatiques et pédologiques. Ce point de vue a été partagé par [29] lors d'une étude consacrée à la faune du sol dans des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers. Toutefois, le site de Daloa abritant une relative plus forte densité de macrofaune alors que le sol y est moins acide, laisse penser que la prolifération de la macrofaune du sol est aussi corrélée positivement aux faibles acidités des sols. C'est en cela que [30] soutient que la majorité des organismes du sol prolifèrent dans des sols à pH neutre (pH = 7).

D'un autre côté, de nombreuses études mettent l'accent sur la texture ainsi que d'autres caractéristiques physico-chimiques des sols comme facteurs responsables de l'hétérogénéité des habitats de la macrofaune du sol ([31], [32], [33]). Concernant les sols étudiés qui ont texture limono-sableuse, il ressort que les termites ont une préférence pour les horizons limoneux contrairement aux vers de terre qui préfèrent les sables et vice-versa. Aucune préférence pour les fourmis en lien

avec les particules du sol n'a été observée. En fait, les vers de terre sont réputés pour leur capacité à modifier profondément les caractéristiques physiques, organiques et biologiques du sol en creusant des galeries et en ingérant du sol et des résidus organiques ([34], [35]). Les horizons sableux, à l'opposé des horizons limoneux plus compacts, se prêtent mieux à cette activité du fait des nombreux pores qui les parcourent. L'action des termites, mais aussi des fourmis, est également importante parmi les organismes de la macrofaune; elle consiste au fouissage, transport et accumulation d'éléments fins dans leur nid [36]. Vu la texture limoneuse des sols étudiés, leurs éléments les plus fins sont constitués essentiellement par les limons, d'où la corrélation significative positive limon-termites observée à Bla, Gonaté, Wandaguhé et Zépréguhé.

Relativement à la CEC du sol, il s'est avéré que l'activité des fourmis et des vers de terre participe à relever sa valeur à Daloa et à Gonaté, ce qui est bénéfique pour ces sols. Ce résultat découle du rôle prépondérant que ces organismes jouent en général dans la bonne structuration du sol et le développement de l'activité microbienne dans le sol. Pour cela, il aurait fallu que la jachère produise d'abondante litière dans les parcelles, ce qui constitue pour la faune du sol, non seulement une source de nourriture, mais aussi, une couverture qui maintient l'humidité du sol favorable à l'activité biologique et microbiologique ([37], [38]).

5 CONCLUSION

La densité de la macrofaune des "ingénieurs du sol" varie très peu d'un site à un autre de l'espace étudié tout en maintenant une relation soit avec les teneurs en sables ou limons du sol, soit avec la CEC du sol ou les deux variables à la fois. La première corrélation détermine le type d'habitat de la macrofaune quand la seconde renseigne sur leur rôle effectif dans l'élaboration de la fertilité du sol. Ainsi, les sols de Daloa et de Gonaté dans lesquels la CEC est bonifiée par l'action des fourmis et des vers de terre ont, *a priori*, un meilleur fonctionnement. Par conséquent, les fourmis et les vers de terre apparaissent comme les principaux acteurs biologiques de la fertilisation des sols étudiés.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de cette recherche remercient tous les acteurs ayant pris part directement ou indirectement à sa réalisation, notamment les planteurs qui leur ont cédé leurs terres pour les différentes expérimentations.

REFERENCES

- [1] Eso L. J. (2009). Dynamique des recettes du café et du cacao en côte d'ivoire. Cellule d'analyse de politiques économiques du CIRES, 19 p. Disponible sur <http://www.izf.net/sites/default/files/bupedndeg10.pdf>. [Consulté le 23-12-2022].
- [2] FAOSTAT (2022). Classement des états du monde par production de cacao (fèves). Food and Agriculture Organization, United Nations. <https://atlasocio.com>. [Consulté le 28 janvier 2023].
- [3] Eponon C., Snoeck D., Kassin E., Keli J. & Kone D. (2017). Diagnostic agronomique des pratiques culturales paysannes dans les vergers caféiers de Côte d'Ivoire. *Cahier Agriculteur*, 26: 45007, 9 p.
- [4] Koko K. L., Yoro R. G., Ngoran K., & Assa A. (2008). Evaluation de la fertilité des sols sous cacaoyers dans le sud-ouest de la côte d'ivoire. *Agronomie Africaine*, 20 (1): 81-95.
- [5] Assiri A. (2007). Identification des pratiques paysannes dans la conduite des vergers de cacaoyers en Côte d'Ivoire. Mémoire de DEA, option agro-pédologie, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 56 p.
- [6] Aguilar P., Paulin D., Keho Y., N'Kamleu G., Raillard A., Deheuvels O., Petithuguenin P. & Gockowski J. (2003). L'évolution des vergers de cacaoyers en Côte d'Ivoire entre 1995 et 2002. In: *Actes de la 14ème conférence internationale sur la recherche cacaoyère*, 18-23 octobre 2003, Accra (Ghana), pp 11167-1175.
- [7] Freud E. H., Pétithuguenin P. & Richard J. (2000). Les champs de cacao: un défi de compétitivité Afrique-Asie. *Editions Karthala et CIRAD*, Paris, 207 p.
- [8] ICEF et ENSEA (2002). L'économie locale du département de Daloa. Rapport d'étude, Programme ECOLOC, Volume 1: 144 p.
- [9] Ligban R., Goné D; L., Kamagaté B., Saley M. B. & Biémi J. (2009). Processus hydrogéo-chimiques et origine des sources naturelles dans le degré carré de Daloa. *Journal of Biology and Chemical Science*, 3 (1): 38-47.
- [10] Avenard J. M. & Deluz A. (1972). Milieu naturel de Côte d'Ivoire. *Etudes rurales*, N° 48, pp. 185-186.
- [11] Dabin B., Leneuf N. & Riou G. (1960). Carte pédologique de la Côte d'Ivoire à 1/2.000.000. Notice explicative.
- [12] Guéi A. M., N'Dri J. K., Zro F. G., Bakayoko S. & Tondoh J. E. (2019). Relationships between soil morpho-chemical parameters and earthworm community attributes in tropical agro-ecosystems in the center-west region of Ivory Coast, Africa. *Tropical Ecology*, 60: 209- 218.

- [13] Lavelle, P. (1978). Les vers de terre de la savane de Lamto (Côte d'Ivoire): Peuplements, Populations et Fonctions dans l'écosystème. Publication du Laboratoire Zoologique, ENS, n°12. 301p.
- [14] Douzals J.P. (2000). Mesures physiques de la variabilité des sols en agriculture de précision», Ingénieries-E A T, IRSTEA édition 2000, pp. 45-52.
- [15] Diack M. & Loum M. (2014). Caractérisation par approche géostatistique de la variabilité des propriétés du sol de la ferme agropastorale de l'Université Gaston Berger (UGB) de 34 Saint-Louis, dans le bas delta du fleuve Sénégal», *Revue de géographie du laboratoire Leïdi*, N°12, 15 p.
- [16] Hilhorst M.A. & Balendonck J. (1999). *A pore water conductivity sensor to facilitate non-invasive soil water content measurements*, in: Precision Agriculture 99, STAFFORD J.V. Ed., SCI, Sheffield Academic Press, Sheffield, UK, p. 211-222.
- [17] Omodeo P. & Vaillaud M. (1967). Les Oligochètes de la savane de Gpakobo en Côte d'Ivoire. Bull IFAN, XXIX (A) (3), 925-944.
- [18] Csuzdi C., Tondoh E.J. (2007). New and little-known earthworm species from the Ivory Coast (Oligochaeta: acanthodrilidae: Benhamiinia-Eudrilidae). *Journal of Natural History*. 41, 2551-2567.
- [19] Dabin B., Leneuf N. & Riou G. (1960). Carte pédologique de la Côte d'Ivoire au 1/2.000.000. *Notice explicative*. ORSTOM, (Paris, France), 39 p.
- [20] Bouillon A. & Mathot G. (1965). Quel est ce terme africain ? *Zooleo*. N° 1. (Ed). Université de Léopoldville, Léopoldville.
- [21] 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.
- [22] Grassé P. P. (1986). Termitologia. Tome III. Comportement, socialité, écologie, évolution et systématique. Masson, Paris, 715 pp.
- [23] Grassé P. P. (1984). Termitologia. Tome II. Fondation des sociétés, construction. Masson, Paris, 613p.
- [24] Monnin T., Espadaler X., Lenoir A., & Peeters C. (2013). Guide des Fourmis de France. *Baume-les-Dame: Editions Belin*, 160 pp.
- [25] Chérix D. (1986). Les fourmis des bois, série « Comment vivent-ils ? », Atlas visuels Payot, vol. 15, Lausanne. *Bulletin de la société entomologique de France* 91 (3-4) p 136.
- [26] Zro B.G.F., Guéi A.M., Nangah K.Y., Soro D., Bakayoko S. (2016). Statistical approach to the analysis of the variability and fertility of vegetable soils of Daloa (Côte d'Ivoire). *African Journal of Soil Science*, 4 (4): 328-338.
- [27] Genot V., Renneson M., Colinet G., Goffaux M. J., Cugnon T., Toussaint B., Buffet D. & Oger R. (2012). Base de données sols de REQUASUD. *Document technique*, 36 p.
- [28] Duponnois R. (2012). La grande muraille verte: Capitalisation des recherches et valorisation des savoirs locaux. IRD Editions, pp 507-522. [<https://horizon.documentation.ird.fr>] consulté le 8-11-2022.
- [29] Moco M.K.S., Gama-Rodrigues E.F., Gama-Rodrigues A.C., Machado R.C.R. & Baligar, V.C. (2010). Soil and litter fauna of cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. *Agroforest. Syst.* 76, 127-138.
- [30] Ponge J.P. (2004). Effets des composés organiques sur la faune du sol. Perturbation des communautés et recolonisation des substrats pollués. Muséum National d'Histoire Naturelle, CNRS UMR 7179, p 19.
- [31] Barros, E., Grimaldi, M., Sarrazin, M., Chauvel, A., Mitja, D., Desjardins, T. & Lavelle, P. (2004). Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazon. *Applied Soil Ecology* 26: 157-168.
- [32] Ouédraogo E., Mando A. & Bruissard L. (2006). Soil macrofauna affect nitrogen and water use efficiencies in semi-arid West Africa. *European Journal of Soil Biology*, 42 (1): S275-S277.
- [33] Kifukiéto C. (2014). Inventaire préliminaire des termites (Isoptera) des plateaux des Batékés en République Démocratique du Congo. *Entomologie Faunistique-Faunistic Entomology*, 67: 49-57.
- [34] Blanchart E., Bruand A. & Lavelle P. (1993). The physical structure of casts of *Millsonia anomala* (Oligochaeta: Megascolecidae) in shrub savanna soils (Côte d'Ivoire). *Geoderma*, 56: 119-132.
- [35] Martin A. (1991). Short- and long-term effects of the endogeic earthworm *Millsonia anomala* (Omodeo) (Megascolecidae, Oligochaeta) of tropical savannas, on soil organic matter. *Biology and Fertility of Soils* 11, 134-138.
- [36] Floret Ch. & Pontanier R. (2001). La jachère en Afrique tropicale. John Libbey Eurotext, Paris, France, pp. 85-121.
- [37] Bertrand M., Barot S., Blouin M., Whalen J., de Oliveira T. & Roger-Estrade J. (2015). Earthworm services for cropping systems. *Agron Sustain Dev.*, 35: 553 - 567.
- [38] Serpantié G. & Ouattara B. (2001). Fertilité et jachères en Afrique de l'Ouest. In: Floret Christian (ed.), Pontanier Roger (ed.). *La jachère en Afrique tropicale: rôles, aménagement, alternatives: 2. De la jachère naturelle à la jachère améliorée: le point des connaissances*. Paris (France); Montrouge: IRD; *J. Libbey*, pp. 21-83.