



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Dynamique de la Macrofaune des Bas-fonds Soudano-sahéliens dans un Contexte de Changement Climatique: Étude de Cas dans le Sous-bassin Versant du Nakanbé-Dem au Centre-nord du Burkina Faso

Adama Ilboudo

Laboratoire Sols, Matériaux et Environnement,
Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Burkina Faso

Mamoudou Traore

Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles,
INERA Ouagadougou, Burkina Faso

Edmond Hien

Zombre Prosper

Laboratoire Sols, Matériaux et Environnement,
Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n3p29](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n3p29)

Submitted: 21 October 2022
Accepted: 10 January 2023
Published: 31 January 2023

Copyright 2023 Author(s)
Under Creative Commons BY-NC-ND
4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Ilboudo A., Traore M. Hien E. & Zombre P. (2023). *Dynamique de la Macrofaune des Bas-fonds Soudano-sahéliens dans un Contexte de Changement Climatique: Étude de Cas dans le Sous-bassin Versant du Nakanbé-Dem au Centre-nord du Burkina Faso*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (3), 29. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n3p29>

Résumé

La dégradation des bassins versants est une preuve du changement environnemental que connaît l'Afrique de l'ouest. Elle s'exprime par la dégradation des sols de bas-fonds qui demeure une préoccupation récurrente dans les pays sahéliers comme le Burkina Faso. Cette étude qui analyse la dynamique de la macrofaune des sols de bas-fonds, a pour objectif de contribuer à la gestion durable des bas-fonds du sous-bassin du Nakanbé-Dem dans la zone soudano-sahélienne. Un échantillonnage spatialisé de la macrofaune du sol par la méthode TSBF a été réalisé pour analyser les principaux facteurs explicatifs de la variabilité spatiale de la macrofaune dans les bas-fonds. La fertilité chimique des sols de bas-fonds en milieu plutonique est faible par rapport au degré moyen de la fertilité des sols de bas-fonds en

milieu de l'ensemble volcano sédimentaire. L'évaluation de la macrofaune du sol a révélé que les indices de diversité les plus élevés ne dépassent guère $2,40 \pm 0,09$ pour Shannon et $1,09 \pm 0,02$ pour Piélu. La plus grande proportion de la macrofaune est relevée dans les profondeurs de plus de 20 cm du sol. L'étude a relevé un état dégradé des bas-fonds dont les sols sont de fertilité basse à moyenne. La restauration des écosystèmes de ces bas-fonds nécessite une correction des éléments déficitaires si l'on veut gérer durablement les sols de ces bas-fonds.

Mots-clés: Burkina Faso, bas-fonds, dégradation, morphopédologie, macrofaune, fertilité chimique du sol

Macrofauna Dynamics in Sudano-sahellian Lowlands in Climate Change Context: Case Study in Nakanbé-Dem Sub-Watershed In Center-Nord Of Burkina Faso (West Africa)

Adama Ilboudo

Laboratoire Sols, Matériaux et Environnement,
Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Burkina Faso

Mamoudou Traore

Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles,
INERA Ouagadougou, Burkina Faso

Edmond Hien

Zombre Prosper

Laboratoire Sols, Matériaux et Environnement,
Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Burkina Faso

Abstract

The degradation of watersheds proves the environmental change West Africa is experiencing. It is expressed by the degradation of lowland soils which remains a recurring concern in Sahelian countries such as Burkina Faso. This study analyzes the dynamics of the macrofauna of lowland soils and has the main objective of contributing to the sustainable management of lowlands in the Sudano-Sahelian zone. It was conducted in the Nakanbé-Dem sub-watershed in the Center-North of Burkina Faso. The morphological and chemical parameters of lowland soils were determined by the method of soil prospecting according to the top sequence of the lowland including the glaciais, the slope, and the central zone. A spatialized sampling of the soil macrofauna by the TSBF method was carried out to analyze the main explanatory factors of the spatial variability of the macrofauna in the lowlands. The chemical

fertility of lowland soils in a plutonic environment is low compared to the average degree of fertility of lowland soils in the middle of the sedimentary volcano complex. The evaluation of the soil macrofauna revealed that the highest diversity indices hardly exceed 2.40 ± 0.09 for Shannon and 1.09 ± 0.02 for Pielou. The most significant proportion of macrofauna is found in depths of more than 20 cm from the ground. The study noted a degraded state of the lowlands whose soils are of low to medium fertility. Restoring the ecosystems of these lowlands requires a correction of the deficit elements if we want to sustainably manage the soils of these lowlands.

Keywords: Burkina Faso Lowlands, degradation, morphophonology, macrofauna, soil chemical fertility

Introduction

Les sécheresses sévères des décennies 1970 et 1980 ont durement éprouvé les potentialités des ressources en eau et sol de la sous-région ouest-africaine et produit des conséquences dramatiques au Burkina Faso (Cudennec et Sinaré, 2000). La production céréalière est de plus en plus déficitaire, les débits des grands cours d'eau et leurs affluents ont baissé de l'ordre de 30 à 60% (Barbier *et al.*, 2011), le tarissement précoce des mares et des lacs est fréquent, le couvert végétal est dégradé et la fertilité des sols fortement réduite. Cette dégradation s'est accompagnée d'une croissance démographique ayant accentué la pression foncière. Un tel contexte a suscité un intérêt accru des populations pour les zones humides tels que les bas-fonds qui sont devenus des sites privilégiés pour une production mieux sécurisée. Du point de vue technique, les bas-fonds regroupent les fonds de vallée au sens strict, les petites plaines alluviales inondables une partie de l'année, les glacis et les versants qui contribuent au fonctionnement hydrique des zones dépressionnaires (Lidon *et al.*, 1998). Ils sont situés en amont du réseau hydrographique et constituent des axes élémentaires de drainage des eaux (Houngpétin, 2003). En zone soudano-sahélienne, une zone de bas-fond inclut les trois sous unités géomorphologiques à savoir les zones centrales, les glacis et les versants qui contribuent à son fonctionnement hydrique (Ilboudo, 2020). Au regard de leur rôle dans la dynamique de surface du milieu, la valorisation des bas-fonds représente une alternative sérieuse de gestion rationnelle des ressources hydriques dans un contexte de pluviosité limitée (Ilboudo *et al.*, 2020). Ils font d'ailleurs l'objet d'une dynamique d'exploitation dans toute l'Afrique sub-saharienne (Windmeijer *et al.*, 2002 ; Barbier *et al.*, 2011).

La pression foncière sur les bas-fonds est telle qu'il faut désormais concilier l'exploitation et les fonctions des bas-fonds afin d'améliorer leur capacité à fournir des avantages et des services écosystémiques aux

communautés locales. Cette capacité est liée aux ressources macrofauniques qui contribuent à la fertilité du sol. La durabilité des fonctions naturelles et agricoles des écosystèmes dépend des organismes du (Barrios,2007) qui augmentent la porosité des sols par la formation de galeries et favorisent la stabilité de l'écosystème. L'action de la macrofaune sur le sol repose sur la remontée des éléments fins, son enrichissement chimique. Elle participe à la formation des réseaux de galeries très importants pour l'aération du sol en favorisant l'infiltration des eaux de surface et offrant des voies de pénétration préférentielles aux racines (Bikay, 2005 ;Sarr *et al.*, 2011). La présence de la macrofaune du sol représentée par les principaux groupes (termites, fourmis et vers de terre) entraîne une économie d'eau en culture de sorgho et une utilisation efficace des ressources organiques (Ouédraogo *et al.*, 2004). Cependant, la pression foncière, particulièrement importante dans les bas-fonds du sous-bassin versant du Nakanbé-Dem au Burkina Faso a accentué l'appauvrissement de la biodiversité faunique et accéléré la dégradation du sol (Ilboudo, 2021). La macrofaune du sol, censée contribuer à sa fertilité, en a été fortement réduite. La densité de la macrofaune dans le sol constitue un indicateur de l'état de dégradation des bas-fonds. Ce bioindicateur peut servir pour appréhender la dynamique de dégradation des bas-fonds.

L'objectif de ce travail est de contribuer à la gestion durable des bas-fonds du sous-bassin du Nakanbé-Dem dans la zone soudano-sahélienne.

Zone d'étude

La zone d'étude correspond au sous bassin versant du Nakanbé-Dem, reparté entre les longitudes 1°26' 30'' et 0°57'43'' Ouest et les latitudes 13°58'58'' et 13°31'48'' Nord (Fig.1). Il est situé administrativement dans la région du Centre-nord du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest). Les données socio-économiques n'étant pas disponibles à l'échelle du sous-bassin du Nakanbé-Dem, celles de la région du Centre-nord ont été considérées. Le régime pluviométrique de la zone est marqué par une seule saison pluvieuse allant de juin à octobre et une saison sèche pour le reste de l'année. Les moyennes annuelles varient entre 600 et 700 mm (Da et al., 2008). Les températures moyennes annuelles varient entre 20 à 28 °C pendant la saison humide et très élevées en saison sèche, situant entre 35 et 40 °C (INSD, 2017). La géologie du sous bassin du Nakanbé-Dem est caractérisée par la prédominance des formations précambriennes, constituées par des volcano-sédimentaires, des sédimentaires et des plutoniques (Fig.3). La géomorphologie fait ressortir des témoins de cuirassement et de ferruginisation typique de cette zone climatique intertropicale. Sur ces sous unités géomorphologiques, se développent six classes de sols à savoir, les sols minéraux bruts d'érosion, les sols peu évolués d'érosion, les sols ferrugineux tropicaux lessivés, les sols bruns eutrophes tropicaux, les sols hydromorphes

et les vertisols. Le réseau hydrographique est constitué de cours d'eau temporaires alimentés en saison des pluies par les eaux de ruissellement provenant des collines avoisinantes. Selon le découpage phytogéographique du Burkina Faso réalisé par Fontès et Guinko (1995), le sous-bassin du Nakanbé-Dem appartient au secteur phytogéographique subsahélien. L'état des formations végétales traduit le caractère sahélien de la zone d'étude. La végétation, à dominante herbacée, est une savane arbustive, et dans le nord, une steppe à arbrisseaux, arbustes et arbres très éparpillés. Elle est jalonnée de forêt-galerie correspondant aux zones humides tels que les bas-fonds (Ouédraogo, 1999). La population de la zone d'étude est caractérisée par une croissance démographique de 2,6 % en moyenne. Elle est estimée à 1 593 214 habitants en 2016 et 1 787 082 en 2020 (DREP/CN, 2017).

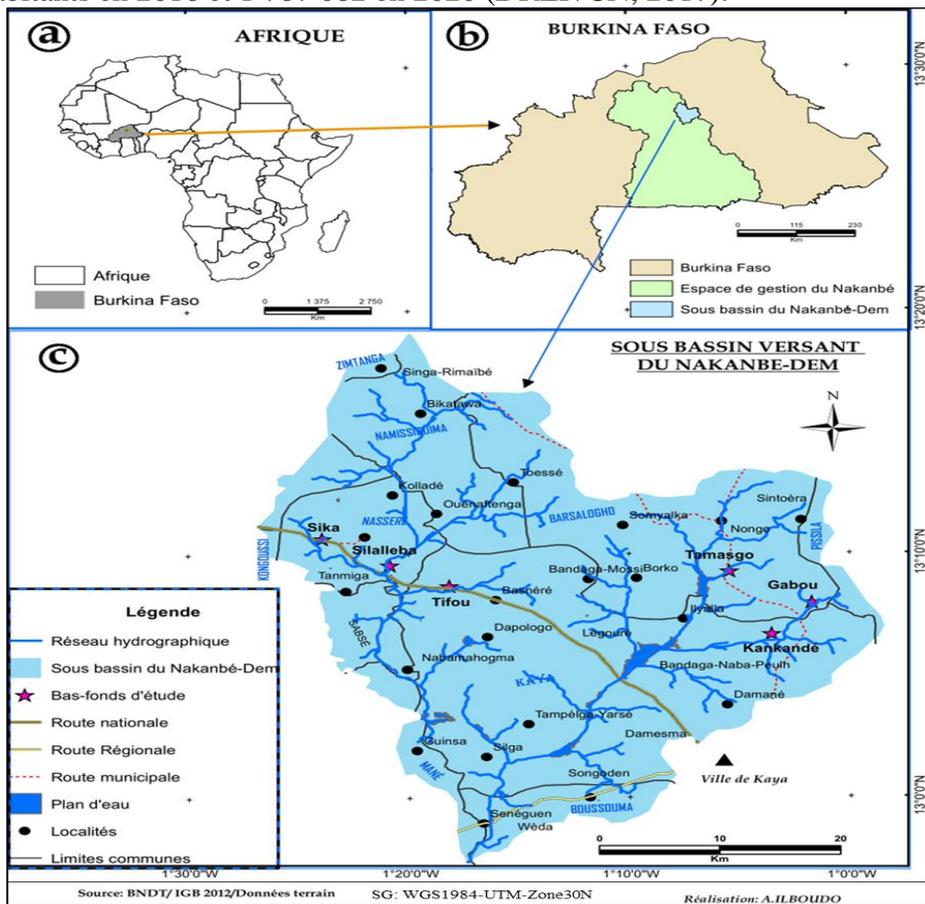


Figure 1. Localisation de la zone et des bas-fonds d'étude

Plus de 80 % des habitants dépendent de l'agriculture pratiquée en général sur les pénélaines et préférentiellement dans les bas-fonds (SP/CPSA, 2008 ; INSD, 2017).

L'étude a concerné six bas-fonds localisés dans les provinces de Sanmatenga et de Bam (tableau 1) dont les critères majeurs de choix sont fondés sur la géomorphologie, le contexte géologique, le mode d'occupation des bas-fonds, l'influence des facteurs démographiques et socioculturels sur la dégradation des terres.

Tableau 1. Coordonnées géographiques des bas-fonds d'étude

Nom de bas-fonds	Commune	Province	Contexte géologique	Coordonnées géographiques UTM (Zone 30)	
				X	Y
Bas-fond de Kankandé	Kaya	Sanmantenga	Plutonique	711 358	1 462 307
Bas-fond de Gagou	Barsalougho	Sanmantenga	Plutonique	714 671	1 465 896
Bas-fond de Tamasgo	Barsalougho	Sanmantenga	Plutonique	707 859	1 469 414
Bas-fond de Tifou	Kaya	Sanmantenga	Volcano-sédimentaire	684 610	1 467 617
Bas-fond de Fénéguéné	Nasséré	Bam	Volcano-sédimentaire	679 694	1 469 457
Bas-fond de Sika	Nasséré	Bam	Volcano-sédimentaire	674 038	1 472 939

Collecte des données

Les échantillons de sol ont été prélevés à la tarière sur les trois sous unités géomorphologiques des bas-fonds à savoir le glacis, le versant et la zone centrale. Ces échantillons prélevés à trois profondeurs d'horizon de sol (de 0 à 20 cm, de 20 à 40 cm et de 40 à 60 cm) ont fait l'objet d'analyses granulométrique et chimique au Bureau National des Sols (BUNASOLS) du Burkina Faso. Sur chacune des sous unités géomorphologiques des bas-fonds, des prélèvements de la macrofaune ont également été réalisés selon la méthode standard du programme international Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) (Fig.2).

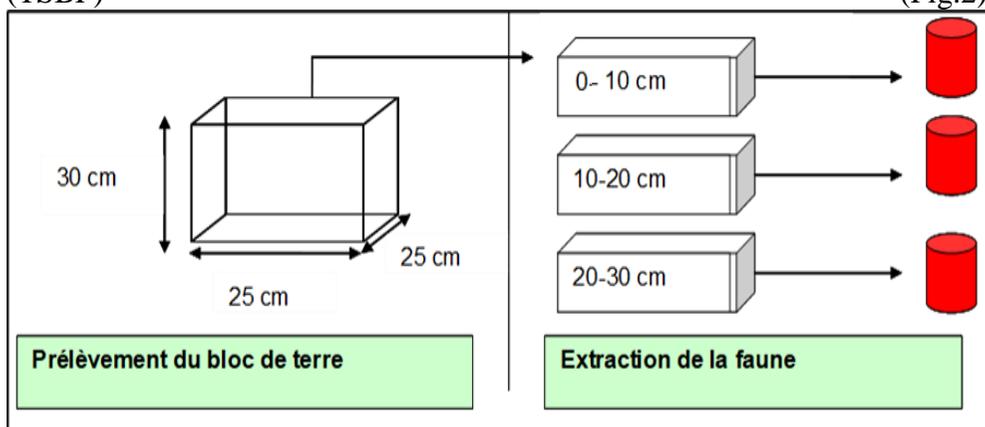


Figure 2. Schéma de prélèvement du bloc de terre et d'extraction de la macrofaune
Source : Anderson *et al.*(1993)

La méthode consiste à isoler un monolithe de sol de 25 cm x 25 cm x 30 cm de profondeur (Anderson et Ingram, 1993). Le monolithe a été débité

en trois strates : 0-10 cm, 10-20 cm et 20-30 cm. Chacune des strates a été déposée dans un plateau et ses macro- invertébrés triés manuellement à l'aide d'une loupe binoculaire. La litière du monolithe a été rassemblée et sa faune immédiatement triée. Les macro-invertébrés récoltés ont été fixés dans l'alcool à 75 %. Ils ont ensuite été identifiés au laboratoire de Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (CNRST) et classés en fonction de leur groupe taxonomique à l'aide de la clé de la reconnaissance (Delvare et Aberlenc, 1989).

Les opérations de prélèvement ont eu lieu dans le mois d'octobre entre 06 et 10 heures du matin. La température à cette période de la journée est moins élevée justifiant une densité plus élevée de la macrofaune dans le sol. Au total, dix-huit (18) monolithes de terre ont été prélevés sur les six bas-fonds dont trois par bas-fond en fonction des sous unités géomorphologiques considérées (glacis, versant et zone centrale).

Analyse de sol

Les analyses de sol ont été réalisées au laboratoire du Bureau National des Sols (BUNASOLS) du Burkina Faso pour déterminer les paramètres physico-chimiques suivants :

- la granulométrie (5 fractions) reposant sur la méthode internationale adaptée à la pipette « Robinson Khöln »;
- le carbone organique: méthode Walkley et Black (1934) consistant en une oxydation de l'échantillon de sol par un mélange de bichromate de potassium et d'acide sulfurique. On admet que l'oxygène consommé est proportionnel au carbone que l'on veut doser. Matière organique= C (%) * 1,72;
- l'azote total: méthode de Kjeldahl qui consiste en une digestion du sol suivi de la distillation (Bremner, 1965);
- la réaction du sol: pH eau et pH_{KCl} déterminées par potentiométrie. Le pH est déterminé dans un rapport sol / eau distillée de 1,25 et matière organique/eau distillée de 1/5;
- les bases échangeables et la CEC: déterminées par spectrophotométrie à l'absorption atomique (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺) et à émission de flamme (Na⁺, K⁺) (Bunasols, 1987);
- le phosphore assimilable: méthode de Bray-I. Elle combine l'extraction du phosphore en milieu acide à la complexation, par le fluorure d'ammonium, de l'aluminium lié au phosphore (Bray et Kurtz, 1945);
- le potassium disponible: méthode de l'acétate d'ammonium consistant à mesurer le potassium dans une suspension de 1g de sol pour 15 ml d'acétate d'ammonium au photomètre à flamme (spectrophotométrie à émission de flamme);

- le potentiel capillaire: méthode d'extraction de l'eau sous pression (Marmite RICHARD), HpF2, 5: humidité pondérale à la capacité au champ (en pF3 pour les sols lourds), HpF4, 2: humidité pondérale au point de flétrissement permanent. Humidité pondérale [Hp= (pF2, 5 – pF4,2)];
- la réserve en eau utile (RU): $RU = (HpF2, 5 - HpF4,2) \times da \times Z / 100$ avec da = densité apparente; Z = épaisseur de l'horizon (mm);
- la densité apparente du sol: les prélèvements ont été faits au cylindre (Blake et Hartge, 1986).

Le critère de classification du niveau de fertilité chimique du sol est basé sur celui du BUNASOLS (1990) où les principaux paramètres considérés sont la matière organique, la somme des bases échangeables et le pH_{eau}. Chaque paramètre est coté de 1 (défavorable) à 5 (très favorable). La somme des cotations détermine la classe de fertilité. Cette somme a permis de déduire la classe de fertilité des sols sur la base des normes de la classe de fertilité des sols.

Analyse statistique

La description de la macrofaune s'est basée sur deux principaux paramètres d'appréciation :

- La diversité spécifique, exprimée par l'Indice de Shannon-Weiner (Legendre et Legendre, 1984) selon la formule:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln (P_i)$$

où H' : indice de biodiversité de Shannon, pi : probabilité de rencontrer une espèce i sur la placette (monolithe) par rapport au nombre total d'espèces (S) rencontrées dans le milieu d'étude (ou richesse spécifique du milieu). P(i) = ni / N où ni est le nombre d'individus pour l'espèce i et N l'effectif d'individus de toutes les espèces. H' est nul quand une seule et même espèce est représentée ; sa valeur est maximale quand toutes les espèces ont la même abondance.

- L'équitabilité (IE) ou régularité ou l'indice de Piélou (1996) qui mesure la répartition équitable des espèces et permet de comparer des peuplements comportant des nombres d'espèces différentes. L'objectif étant d'observer l'équilibre des populations présentes. Sa valeur est donnée par la formule:

$$IE = \frac{H'}{\ln (s)}$$

où S est la richesse spécifique du peuplement. L'équitabilité traduit l'abondance relative des différentes espèces au sein du peuplement.

La valeur tend vers 0 lorsqu'une espèce domine assez largement un peuplement et est égale à 1 lorsque tous les groupes sont uniformément représentés.

Les données collectées et mesurées sont saisies à l'aide du tableur EXCEL 2016. L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel R.

Résultats

Etat de de fertilité chimique des sols de bas-fonds

Les sols de bas-fonds du sous-bassin du Nakanbé-Dem ont présenté quasiment les mêmes caractéristiques sur le plan textural (tableau 2).

Tableau 2. Paramètres physico-chimiques des sols de bas-fonds

Bas-fond de Kankandé en milieu d'ensemble plutonique										
Sous unité Géomorph.	Hz (cm)	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)	Ca++ (még)	Mg++ (még)	K+ (még)	pHeau	C tot (%)	CEC (még)
Glacis	0-20	15,69	23,53	60,78	1,69	0,83	0,02	7,29	0,52	2,94
	20-40	17,65	27,45	54,90	2,67	1,16	0,02	8,08	0,39	4,23
	40-60	23,53	23,53	52,94	2,60	0,23	0,02	8,06	0,36	5,20
Versant	0-20	27,45	15,69	56,86	1,45	0,49	0,03	5,40	0,55	3,68
	20-40	31,37	15,69	52,94	1,67	0,91	0,04	5,21	0,32	4,62
	40-60	37,25	17,65	45,10	1,85	0,66	0,02	5,66	0,29	4,09
Zone centrale	0-20	19,61	31,37	49,02	1,52	0,86	0,06	6,43	0,78	3,31
	20-40	25,49	33,33	41,18	1,49	1,24	0,02	6,41	0,56	3,61
	40-60	33,33	29,42	37,25	1,68	0,66	0,01	6,55	0,47	3,07
Bas-fond de Tifou en milieu d'ensemble volcano-sédimentaire										
Unité Géomorph.	Hz (cm)	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)	Ca++ (még)	Mg++ (még)	K+ (még)	pHeau	C tot (%)	CEC (még)
Glacis	0-20	27,45	27,44	45,10	1,28	0,06	0,05	5,29	0,24	2,53
	20-40	15,69	7,84	76,50	1,41	0,10	0,07	5,09	0,32	2,62
	40-60	19,61	11,76	68,60	1,66	0,22	0,03	5,66	0,27	2,90
Versant	0-20	17,65	15,68	66,70	1,70	0,24	0,27	6,60	0,82	3,66
	20-40	21,57	17,65	60,80	1,82	0,81	0,18	7,88	0,65	4,14
	40-60	29,41	13,73	56,90	1,82	0,68	0,12	7,66	0,32	3,53
Zone centrale	0-20	23,53	19,61	56,90	1,62	0,45	0,20	5,79	0,87	4,14
	20-40	27,45	20,61	52,90	2,14	0,55	0,23	5,89	0,81	4,43
	40-60	33,33	23,91	47,10	2,23	1,82	0,12	6,02	0,41	5,53

Sur les deux milieux géologiques, le sable est dominant sur toutes les sous unités géomorphologiques de bas-fonds et dans tous les horizons de sol. Cependant des spécificités granulométriques peuvent être distinguées.

En milieu d'ensemble plutonique les sols des glacis sont de texture d'ensemble argileuse dont la proportion de sable atteint 60,78% dans les horizons de surface suivie de celle de limon (27,45 %) et d'argile (23,53 %). Sur les versants se développent des sols de texture limono-argileuse avec une proportion de sable à 56,86 % et d'argile à 37,25 % tandis que dans les zones

centrales des bas-fonds, la texture d'ensemble est limoneuse avec du sable dominant (49,02 %) dans les horizons de surface et de profondeur (37,25%). En milieu d'ensemble volcano-sédimentaire, les caractéristiques granulométriques ont peu différé. Le sable reste dominant sur les glacis atteignant une proportion de 76,5% dans les horizons intermédiaires suivi de limon (27,44 %) en surface et d'argile (19,61) en profondeur donnant une texture d'ensemble limono-argileuse à limoneuse. Sur les versants, les sols sont de texture d'ensemble limono-argileuse avec 17,65 % d'argile en surface et 29,41% en profondeur. Dans les zones centrales des bas-fonds, les sols sont de texture d'ensemble limono-sablo-argileuse dans les horizons de surface (23, 53 % d'argile et 19,61 % de limon) et limono-argileuse en profondeur (23,91 % de limon et 33,33 % d'argile).

Quant aux éléments chimiques du sol, l'analyse a relevé que sur les glacis, les bases échangeables varient entre 1,4 cmol/kg à 2,64 cmol/kg. Il y est également relevé un faible taux de carbone (0,60%) et une acidification faible (pH eau=5,29). Sur les versants, les bases échangeables fluctuent entre 2,8 cmol/kg et 1,71 cmol/kg dans un sol présentant une faible acidification (pH eau=6,3) et un taux de carbone de 0,56 %.

Dans les zones centrales, les bases échangeables sont faibles, variant de 2,28 cmol/kg à 3,72 cmol/kg. Le sol y est faiblement basique (pH eau= 7,32) à tendance acide faible (pH eau = 6,3) avec un taux de carbone total relativement plus élevé (0,78%).

En milieu d'ensemble plutonique, les sols ont une faible fertilité dans les 40 cm de profondeur sauf dans les zones centrales où elle est moyenne. Les éléments minéraux y sont en faible quantité. En milieu d'ensemble volcano-sédimentaire, la fertilité est moyenne dans les zones centrales, moyenne à faible sur les versants et faible (basse) sur les glacis (Fig.3).

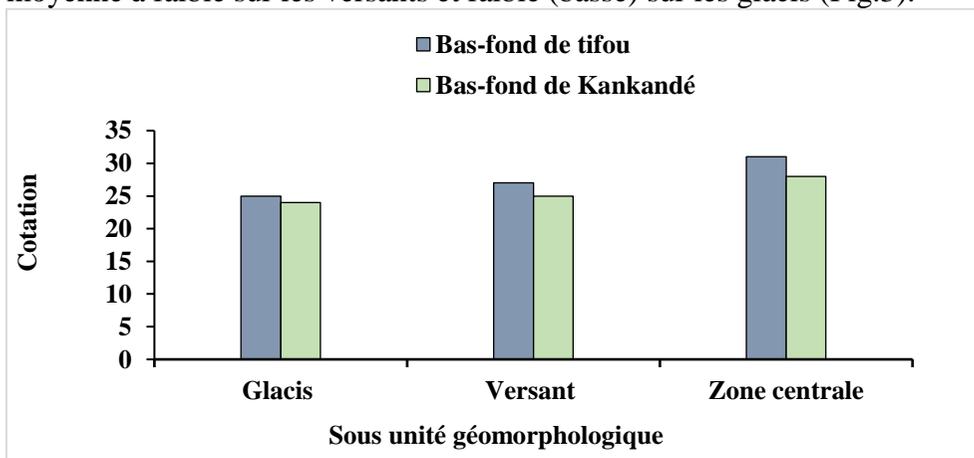


Figure 3. Fertilité des sols selon les sous unités géomorphologiques

Inventaire de la macrofaune des sols de bas-fonds

L'inventaire de la macrofaune a recensé au total, 282 individus pour une richesse spécifique de 63 espèces regroupées en 9 familles et réparties en 6 ordres (Tableaux 3 ; et 4). Il a montré une dominance de l'ordre des Hyménoptères (47,62 %) suivi des Diplopodes (25,40 %) et des Isoptères (17,46 %). L'ordre des Coléoptères est le moins représenté (1,60 %).

Quant aux familles, les plus dominantes sont les Formicidae (47,62 %), les Iulidae (22,22 %) et les Termitidae (17,46%). Les familles des Anthicidae, des Cimicidae et des Pseudoscorpionidae sont les moins représentées, chacune n'atteignant guère 2%.

En comparant la macrofaune des contextes géologiques considérés, le milieu volcano-sédimentaire a montré une richesse spécifique plus élevée (35 %) que le milieu plutonique (28%). Le plus grand nombre d'espèces, de familles et d'ordres est observé dans les bas-fonds du milieu volcano-sédimentaire. Les ordres de Hyménoptères et les Diplopodes sont les plus dominants dans les deux contextes géologiques. Les espèces les plus représentées dans les deux contextes géologiques sont les *Microtermes sp* (33,57%), *Orthoporus ornatus* (25,09 %), les *Monomorium pharaonis* (11,66 %), chacune dépassant la proportion 10 % de l'ensemble de la macrofaune inventoriée (Fig.4).

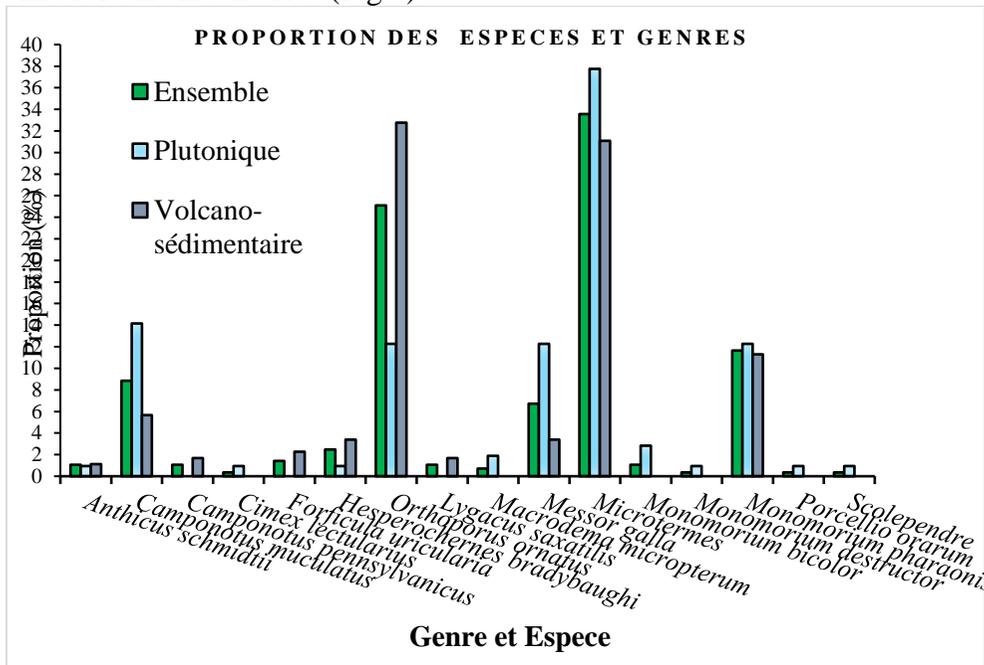


Figure 4. Proportion des espèces en fonction du contexte géologique

Les espèces les plus dominantes sont *Camponotus maculatus*, *Monomorium pharaonis*, *Orthoporus ornatus*, *Microtermes sp* et *Messor*

galla et ce quelle que soit la sous unité géomorphologique considérée (tableau 3). La proportion d'individus des zones centrales (57,66%) reste la plus élevée suivie de celle des versant (31,23 %) et de glacis (11, 11 %).

Tableau 3. Liste de la macrofaune recensée en milieu plutonique

Horizon (cm)	Ordre	Famille	Genre et Espece	Nombre par cm ²
Bas-fond de Kankandé				27
k0-10	Hyménoptères	Formicidae	Camponotus maculatus	6
	Hyménoptères	Formicidae	Monomorium pharaonis	4
	Arachnides	Pseudoscorpionidae	Hesperoernes bradybaug	1
	Coléoptères	Anthicidae	Anthicus schmidti	1
k10-20	Isoptères	Termitidae	Microtermes	5
	Hyménoptères	Formicidae	Monomorium pharaonis	2
k20-30	Hyménoptères	Formicidae	Monomorium bicolor	3
	Hyménoptères	Formicidae	Camponotus maculatus	2
	Hyménoptères	Formicidae	Messor galla	1
	Isoptères	Termitidae	Microtermes	2
Bas-fond de Gabou				60
G0-10	Hyménoptères	Formicidae	Messor galla	9
	Diplopedes	Iulidae	Iule	2
	Isoptères	termitidae	microtermes	12
	Hyménoptères	Formicidae	Monomorium pharaonés	6
	Diplopedes	Scolopendridae	Scolopendre	1
	Hémiptères	Lygaeidae	Macrodera micropterum	1
G10-20	Hyménoptères	Formicidae	Messor galla	3
	Hyménoptères	Formicidae	Camponotus maculatus	4
	Hémiptères	Cimicidae	Cimex lectularius	1
	Diplopedes	Iulidae	Iule	2
	Hémiptères	Lygaeidae	Macrodera micropterum	1
	Arachnides	Isopodes(Crustacés)	Porcellio orarum	1
G20-30	Isoptères	Termitidae	Microtermes	12
	Hyménoptères	formicidae	Camponotus muculatus	3
	Hyménoptères	Formicidae	Monomorium destructor	1
	Coléoptères	Scarabaeidae	Larve	1
Bas-fond de Tamasogo				19
Ta0-10	Diplopedes	Iulidae	Iule	3
	Isoptères	Termitidae	Microtermes	1
	Hyménoptères	Formicidae	Monomorium pharaonis	1
Ta10-20	Diplopedes	Iulidae	Iule	2
Ta20-30	Isoptères	Termitidae	Microtermes	8
	Diplopedes	Iulidae	Iule	4

Légende. **K0-10** = Profondeur du sol entre 0 et 10 cm dans le bas-fond de Kankandé, **K10-20** = Profondeur du sol entre 10 et 20 cm dans le bas-fond de Kankandé, **K20-30** = Profondeur du sol entre 20 et 30 cm dans le bas-fond de Kankandé, **G0-10** = Profondeur du sol entre 0 et 10 cm dans le bas-fond de Gabou, **G10-20** = Profondeur du sol entre 10 et 20 cm dans le bas-fond de Gabou, **G20-30** = Profondeur du sol entre 20 et 30 cm dans le bas-fond de Gabou, **Ta0-10** = Profondeur du sol entre 0 et 10 cm dans le bas-fond de Tamasgo, **Ta10-20** = Profondeur du sol entre 10 et 20 cm dans le bas-fond de Tamasgo, **Ta20-30** = Profondeur du sol entre 20 et 30 cm dans le bas-fond de Tamasgo.

Source: Ilboudo (2021)

Tableau 4. Liste de la macrofaune recensée en milieu volcano-sédimentaire

Horizon (cm)	Ordre	Famille	Genre et Espece	Nombre par cm ²
bas-fond de Tifou				64
Ti0-10	Hyménoptères	Formicidae	Camponotus pennsylvanicu	3
	Coléoptères	Scarabaeidae	Larves	3
	Diplopodes	Iulidae	Iule	8
	Hyménoptères	Formicidae	Messor gala	3
	Arachnides	Pseudoncorpronidae	Hesperochernes bradybaug	2
Ti0-20	Dermaptères	Forficulidae	forficula uricularia	4
	Arachnides	Pseudoncorpronidae	Hesperochernes bradybaug	4
	Isoptères	Termitidae	Microtermes	9
Ti0-30	Isoptères	Termitidae	Microtermes	10
	Diplopodes	Iulidae	Iule	7
	Hémiptères	Lygaeidae	Lygacus saxatilis	3
	Coléoptères	Anthicidae	Anthicus schmidtii	2
	Hyménoptères	Formicidae	Camponotus muculatus	6
Bas-fond de Fénéguéné				60
F0-10	Diplopodes	Iulidae	Iule	39
	Hyménoptères	Formicidae	Monomorium pharaonis	2
F10-20	Hyménoptères	Formicidae	Monomorium pharaonis	5
	Hyménoptères	Formicidae	Camponotus maculatus	3
F20-30	Coléoptères	Staphylinidae	Larves	4
	Hyménoptères	Formicidae	Monomorium pharaonis	2
	Hyménoptères	Formitidae	Microtermes	1
	Hyménoptères	Formicidae	Messor galla	2
	Diplopodes	Iulidae	Iule	2
Bas-fond de Sika				53
S0-10	Coléoptères	Scarabaeidae	Larves	1
	Hyménoptères	Formicidae	Monomorium pharaonis	4
	Hyménoptères	Formicidae	Messor galla	1
	Hyménoptères	Formicidae	Camponotus maculatus	1
S10-20	Diplopodes	Iulidae	Iule	1
	Hyménoptères	Formicidae	Monomorium pharaonis	2
	Isoptères	Termitidae	Microtermes	30
	Coléoptères	Staphylinidae	Larves	2
S20-30	Hyménoptères	Formicidae	Monomorium pharaonis	5
	Diplopodes	Iulidae	Iule	1
	Isoptères	Termitidae	Microtermes	5

Légende. **Ti0-10** = Profondeur du sol entre 0 et 10 cm dans le bas-fond de Tifou, **Ti10-20** = Profondeur du sol entre 10 et 20 cm dans le bas-fond de Tifou, **Ti20-30** = Profondeur du sol entre 20 et 30 cm dans le bas-fond de Tifou, **F0-10** = Profondeur du sol entre 0 et 10 cm dans le bas-fond de Fénéguéné, **F10-20** = Profondeur du sol entre 10 et 20 cm dans le bas-fond de Fénéguéné, **F20-30** = Profondeur du sol entre 20 et 30 cm dans le bas-fond de Fénéguéné, **S0-10** = Profondeur du sol entre 0 et 10 cm dans le bas-fond de Sika, **Ta10-20** = Profondeur du sol entre 10 et 20 cm dans le bas-fond de Sika, **Ta20-30** = Profondeur du sol entre 20 et 30 cm dans le bas-fond de Sika.

Source : Ilboudo (2021)

Richesse spécifique de la macrofaune des sols de bas-fonds

Les richesses spécifiques les plus élevées (tableau 5) sont rencontrées dans le bas-fond de Gabou (7 espèces). Pour une densité moyenne de 6,4 individus /m², on y a dénombré quatre (4) familles. Le bas-fond de Sika a enregistré la plus grande densité de macrofaune (10,13 individus /m²) n'appartenant pourtant qu'à trois familles.

Tableau 5. Variation de la densité et de la diversité de la macrofaune en fonction des bas-fonds

Bas-fonds	Nombre Moy.d'ind./ m2	Nombre de familles	Richesse spécifique	H'	IE	Contexte géologique
Kankandé	2,72	5	6	2,20	1,23	Plutonique
Gabou	6,40	4	7	1,78	0,91	
Tamasgo	7,47	2	3	0,66	0,60	
Féneguéné	3,20	1	1	0,56	0,81	Volcano-sédimentaire
Sika	10,13	3	5	0,76	0,47	
Tifou	7,60	3	3	1,24	1,13	

Légende : Nombre Moy.d'ind. = Nombre moyen d'individus ; H' = la diversité spécifique ou l'Indice de Shannon -Weiner ; IE = l'équitabilité ou l'indice de Pielou

Selon l'Indice de Shannon (H'), la plus grande diversité de macrofaune est observée en milieu plutonique. L'Indice d'Equitabilité (IE) a également montré une meilleure répartition des espèces dans les bas-fonds du milieu plutonique. L'Indice de Shannon et celui d'Equitabilité ont des valeurs plus élevées dans les bas-fonds de Kankandé (H'= 2,20 et IE= 1,23) et Gabou (H'= 1,78 et IE= 0,91). Le bas-fond de Tamasgo a présenté l'Indice de Shannon et l'Indice d'Equitabilité les plus faibles (H'= 0,66 et IE= 0,60).

Distribution de la macrofaune en fonction des sous unités géomorphologiques des bas-fonds

Une analyse en composantes principales (ACP) a indiqué que l'axe 1 et l'axe 2 expliquent presque 100% de la variabilité des espèces entre les trois sous unités géomorphologiques des bas-fonds (Fig.5). La superposition des projections des espèces et des sous unités géomorphologiques dans le plan factoriel formé par ces deux axes a permis de définir l'axe 1 comme étant celui qui distingue la macrofaune du versant de celle des autres sous unités géomorphologiques (zone centrale et glacis). L'axe 2 sépare la macrofaune du glacis de celle de la zone centrale et du versant.

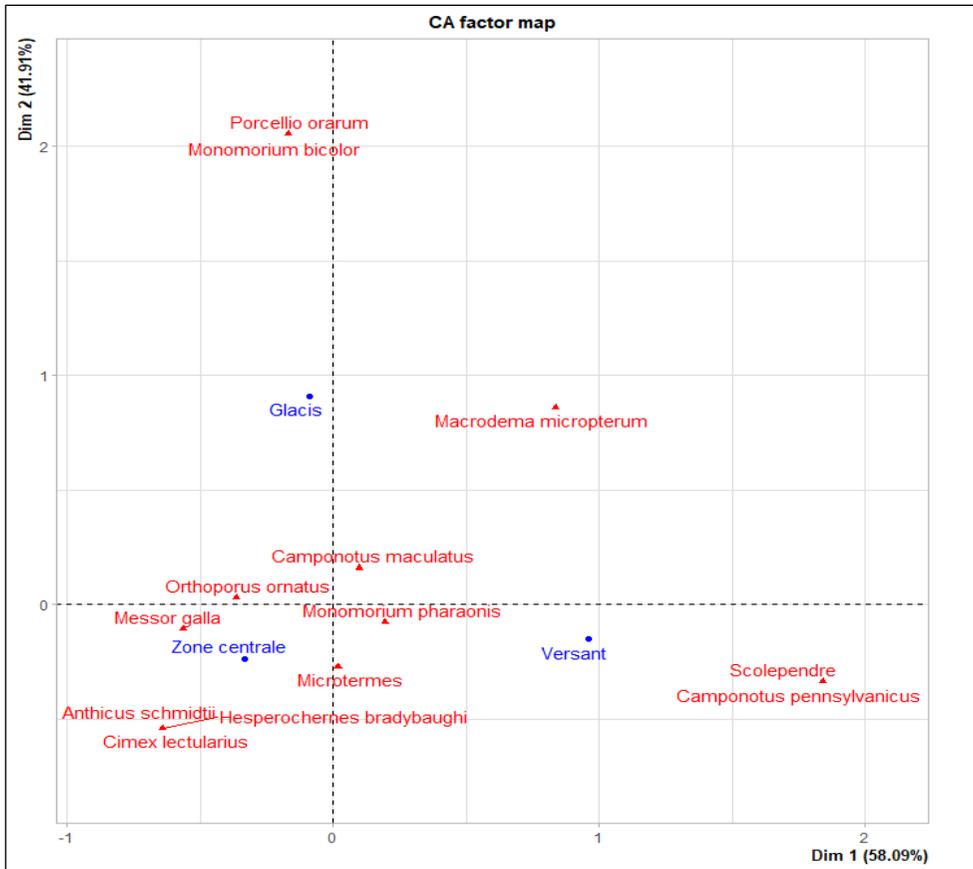


Figure 5. Analyse de la distribution des espèces dans les bas-fonds

L'analyse des variables ayant fortement contribué à l'inertie des axes a montré que la macrofaune du versant est principalement constituée de *Scolependre*, de *Camponotus pennsylvanicus* tandis que la zone centrale a tendance à abriter les espèces tels que *Messor galla*, *Microtermes*, *Monomorium pharaonis* et *Orthoporus ornatus* qui y sont dominants. A l'inverse, les espèces comme *Porcellio orarum*, *Monomorium bicolor* et *Macrodema micropterum* sont éloignées de la zone centrale des bas-fonds. Elles sont plus portées vers le glacis. Il en ressort que les zones centrales des bas-fonds regorgent plus de macrofaune que les autres sous unités géomorphologiques. Les indices de diversité et d'équitabilité les plus élevés sont enregistrés dans la zone centrale. L'indice de shannon y est de $2,20 \pm 0,32$ et celui de Pélou donne $1,23 \pm 0,12$.

Distribution de la macrofaune en fonction de la profondeur du sol

La Figure 6 présente la répartition de la macrofaune en fonction de la profondeur. La distribution des espèces le long de l'axe 1 indique l'existence

d'un gradient de profondeur. La dispersion des relevés sur l'axe 2 a également fait ressortir l'existence d'un gradient responsable de cette répartition des espèces. Les deux premiers axes expliquent 100 % de la dimension expliquée. L'axe1 explique 58, 09% de la variance et oppose les espèces des dix premiers centimètres de profondeur à celles se trouvant à plus de 10 cm de profondeur.

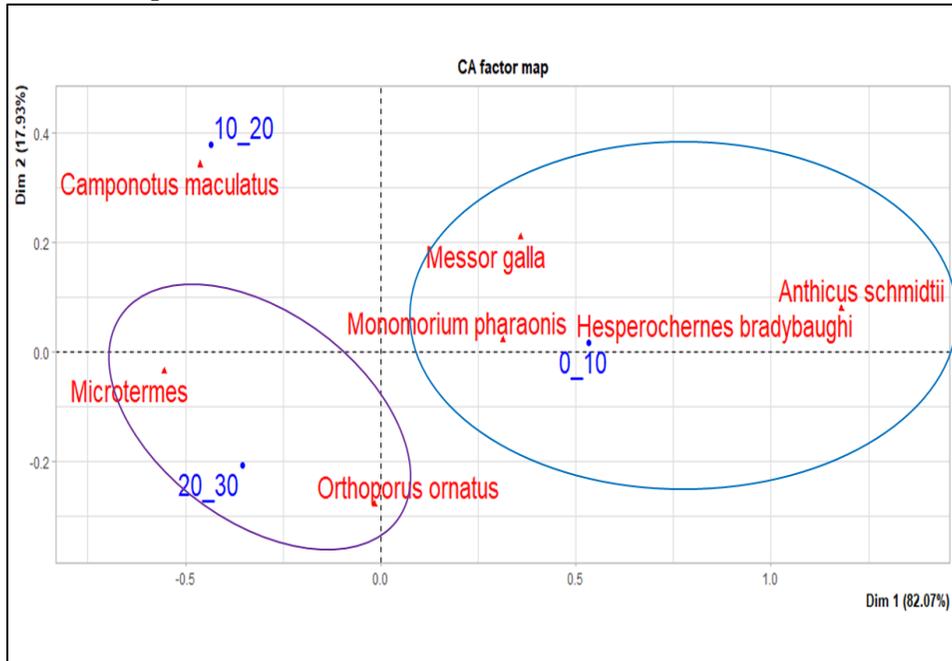


Figure 6. Analyse factorielle de la distribution des espèces dans les zones centrales des bas-fonds

Les espèces comme *Messor galla*, *Monomorium pharaonis*, *Anthicus schmidtii*, et *herperochnes bradybaughi* sont plus portées vers les 10 premiers centimètres du sol. Les profondeurs de plus de 10 cm ont enregistré les *Microtermes sp*, *Orthoporus ornatus* et les *Camponotus maculatus*.

Discussion

Dynamique spatiale de la macrofaune dans les bas-fonds

L'analyse a montré que la distribution spatiale de la macrofaune varie d'un bas-fond à un autre et, au sein d'un même bas-fond, en fonction des sous unités géomorphologiques. La proportion d'individus des zones centrales (57,66%) reste la plus élevée que celles des versant (31,23 %) et des glacis (11, 11 %). Les zones centrales des bas-fonds, en raison de la matière organique plus abondante, constituent une source d'énergie et un réservoir d'azote pour la macrofaune dont la densité en dépend (Ouédraogo *et al.*, 2004). La forte densité de la végétation dans la zone centrale des bas-fonds

est associée à une forte densité en macrofaune (Zida *et al.*, 2011), plus importante dans les jachères riches en matière organique (Traore *et al.* (2012). Dans une étude similaire, Savadogo (2017) a montré que les zones à couvert végétal dense, regorgent beaucoup plus de macrofaune que les autres unités due à l'humidité et à la présence des ligneux. Les litières, par leur contenu minéral, leur richesse en glucides, en protéines, en lignines influencent le déterminisme et l'activité de la macrofaune du sol dans les zones centrales (Ouedraogo, 2009). La relative bonne fertilité du sol dans les zones centrales est liée à la présence de la macrofaune qui constitue un élément essentiel dans le processus de décomposition et de minéralisation de la matière organique (Hallaire *et al.*, 2004). Ce qui conforte nos résultats qui ont montré une relative forte densité de la macrofaune dans les zones centrales où le taux de carbone organique est également plus élevé, comparativement à celle des glacis et des versants plus dégradés qui ont enregistré un faible taux du carbone organique. Nos résultats ont montré que les indices de diversité et d'équitabilité les plus élevés sont enregistrés dans la zone centrale. L'indice de shannon y est de $2,20 \pm 0,32$ et celui de Pélou donne $1,23 \pm 0,12$. Ces résultats corroborent Tamsire *et al.* (2017) qui en comparant les densités de la macrofaune révèlent que les densités les plus importantes sont rencontrées à l'intérieur des parcelles qu'en dehors des parcelles plus dégradées et pauvres en matière organique. Ces résultats s'accordent également avec ceux trouvés par Tondoh (2007) qui a montré que les densités de la macrofaune sont supérieures dans les forêts non dégradées que dans les forêts et savanes dégradées. Hallaire *et al.* (2004) ont relevé que la présence de la macrofaune constitue un élément essentiel dans le processus de décomposition et de minéralisation de la matière organique. La relative faible densité de la macrofaune sur les glacis et les versant de nos bas-fonds d'étude où le taux de la matière organique est relativement faible corrobore Tamsire *et al.* (2017) qui ont indiqué que la densité de la macrofaune est en relation avec la teneur en matières organiques. Selon Aubert *et al.* (2005), le principal facteur explicatif de la répartition spatiale de la macrofaune se trouve être la ressource trophique conditionnée par les retombées de litière. Suite à la dégradation du couvert végétal, la macrofaune du sol migre à l'intérieur des parcelles moins dégradées (Tamsire *et al.*, 2017) telles que les zones centrales des bas-fonds. Des recherches ont montré que la même tendance de la macrofaune s'observe lorsqu'on compare des parcelles aménagés de conditions similaires aux zones centrales à d'autres non aménagés similaires aux glacis et versants (Doamba *et al.*, 2011 ; Traore *et al.*, 2015 ; Rakotomanga *et al.*, 2016; Guebre *et al.*, 2021) Selon Savadogo (2017), la macrofaune dans la zone en reverdissement est plus diversifiée et participe pleinement à la qualité des sols. Ilboudo-Tapsoba *et al.* (2011) ont

relevé que la faible proportion de la macrofaune dans les bas-fonds est un indicateur de l'état de dégradation des bas-fonds.

Répartition verticale de la macrofaune du sol de bas-fonds

L'analyse a montré que la distribution de la macrofaune varie d'un bas-fond à un autre et, au sein d'un même bas-fond, en fonction de la profondeur du sol. Selon nos résultats, les richesses spécifiques sont plus élevées dans les horizons de surface (0-10 cm) où dominent les espèces comme *Messor galla*, *Monomorium pharaonis*, *Anthicus schmidtii*, et *herperochernes bradybaughi* qui sont plus portées vers les 10 premiers centimètres du sol. A l'inverse, les *Microtermes sp* et les *Camponotus maculatus* sont rencontrés dans les profondeurs de plus de 10 cm. L'analyse des variables ayant fortement contribué à l'inertie des axes a montré que les *Microtermes sp* et *Orthoporus ornatus* sont des espèces de profondeur se trouvant à plus de 20 cm du sol. Par contre dans les profondeurs inférieures, la macrofaune rencontrée est constituée de *Camponotus maculatus*, *Messor galla*, *Monomorium pharaonis*, *Hesperochernes bradybaughi* et *Anthicus schmidtii*.

Ces résultats s'accordent avec ceux de Tamsire *et al.*(2017) qui ont trouvé que les Hyménoptères, les Isoptères et les Coléoptères se trouvent en grand nombre dans la couche 0-10 cm suivie de la couche 10-20 cm avec des différences non significatives. Selon nos résultats, la proportion d'individus est plus élevée dans les premiers centimètres du sol corroborant ainsi (Guebre *et al.*, 2021) qui ont relevé qu'en termes de répartition de la macrofaune, la densité de la macrofaune est significativement plus importante dans l'horizon 0-10 cm et qu'en considérant l'ensemble de la profondeur 0-30 cm, il s'avère que certains ordres sont plus discriminants que d'autres. Analysant la diversité de la macrofaune du sol dans les parcelles de reboisement de la Grande Muraille Verte au Sénégal, Tamsire *et al.* (2017) concluent qu'en fonction de la profondeur du sol, la distribution de la macrofaune n'est pas homogène. Ces auteurs précisent qu'à l'intérieur des parcelles, les couches 0-10cm sont les plus densément peuplées, tandis qu'en dehors des parcelles, la couche la plus densément peuplée est celle 10-20 cm. Selon Goma-Tchimbakala et Bernhard-Reversat (2006) , l'effet de la profondeur agit de manière différente sur la répartition verticale des différents groupes taxonomiques et les termites sont nombreux et actifs pendant la décomposition des litières.

Le macro-brassage contribue à la circulation d'importants volumes de sol et la remontée en surface des horizons riches en matière minérale (Zirbes *et al.*, 2009). Ce qui expliquerait la proportion importante de la macrofaune dans les horizons de 0-10 cm. Selon nos résultats, à cette profondeur, la proportion de la macrofaune est encore plus importante dans

les zones centrales (41,67%). Dans les profondeurs de plus de 20 cm du sol, les *Microtermes sp* et *Orthoporus ornatus* sont des espèces les plus représentées. Bikay (2005) a relevé que ces organismes étant très sensibles à l'humidité du sol, vont souvent chercher l'eau jusqu'à 30 cm de profondeur, contribuant ainsi à l'humidification du profil cultural.

Conclusion

Ce travail visait à étudier la dynamique de la macrofaune dans les sols de bas-fonds de la zone soudano-sahélienne. Les résultats montrent qu'au sein d'un bas-fond, le nombre et les espèces de la macrofaune ont varié le long du gradient géomorphologique et en fonction de la profondeur du sol de fertilité chimique moyenne. La richesse la plus élevée est observée dans les zones centrales des bas-fonds. La faible présence de ces bio-indicateurs révèle un état dégradé des bas-fonds étudiés et peuvent servir à l'élaboration et à la promotion de stratégies de mise en valeur des bas-fonds soudano-sahéliens afin d'améliorer leur état écologique. En outre, la fertilité faible des sols de bas-fonds en milieu plutonique par rapport au degré moyen de la fertilité des sols de bas-fonds du milieu de l'ensemble volcano sédimentaire nécessite une correction des éléments déficitaires si l'on veut gérer durablement les sols de ces bas-fonds

Conflit d'intérêts

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts sur cet article.

Contribution des auteurs

AI et MT ont réalisé l'étude et participé au traitement des données. PZ et EH ont participé à la conception de projet de l'étude de recherche et supervisé le travail. Tous ces auteurs ont contribué à la rédaction du manuscrit soumis à votre journal pour publication.

References:

1. Albereel, J., et Claude, J. (1988). Fonctionnement hydrologique des bas fonds en Afrique de l'Ouest. *Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement En Coopération. Dakar. ORSTOM*, 14p.
2. Anderson, J., et Ingram, J. (1993). Tropical soil biology and fertility: a Handbook of Metsu. *GeoJournal*, 48, 299-311.
3. Aubert, M., Hedde, M., Decaëns, T., et Margerie, P. (2005). Facteurs contrôlant la variabilité spatiale de la macrofaune du sol dans une hêtraie pure et une hêtraie – charmaie. *ScienceDirect*, 328, 57–74. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2004.10.008>.
4. Barbier, B., Ouedraogo, H., Dembélé, Y., Yacouba, H., Barry, B., et

- Jamin, J. (2011). L'agriculture irriguée dans le Sahel Ouest-africain. *Cahiers Agricultures*, 20, 24–33.
5. Barrios, E. (2007). Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics*, 64(2), 269–285.
 6. Bikay, B. S. B. (2005). *Inventaire de la macrofaune en culture cotonnière sous quatre modes de gestion des sols: cas de Windé Pintchoumba (Nord) et Zouana (extrême -Nord)*. Université de Dschang.
 7. Blake, G. R., et Hartge, K. H. (1986). Bulk density. In: Klute, A., Ed., *Methods of soil analysis, Part1*. 2nd ed. Madison, WI, USA. *American Society of Agronomy*, 363-375.
 8. Bray, R. H., et Kurtz, T. L. (1945). Determination of total organic and available forms of phosphorous in soils. *Soil Science*, 59, 39–45.
 9. Bremner, J. (1965). Total nitrogen. In: Black C.A., ed. *Methods of soil analysis, part 2*. Madison, WI, USA: *American Society of Agronomy*, 2, 1149–1178.
 10. Bunasols. (1987). *Méthodes d'analyse physique, chimique des sols, eaux, plantes. Document technique n°3*.
 11. BUNASOLS. (1990). Manuel pour l'évaluation des terres. *Documentations Techniques*, 181p.
 12. Cudennec, C., et Y. Sinaré. (2000). Relations terre-eau dans les bassins versants ruraux Atelier électronique Interrelations entre agriculture et hydrologie en zone de bas-fond . Exemple du bassin versant. *Etude de Cas. FAO*, 4p.
 13. Delvare, G., et Aberlenc, H.-P. (1989). *Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale: Clés pour la reconnaissance des familles. Montpellier cedex 1 - France*.
 14. Doamba, S. M. F., Nacro, H. B., Sanon, A., et Sedogo, M. (2011). Effet des cordons pierreux sur l'activité biologique d'un sol ferrugineux tropical lessivé (Province du Kouritenga au Burkina Faso). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(1). <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v5i1.68106>
 15. DREP/CN. (2017). Profil régional 2017 du centre-Nord. *Direction Régionale de l'économie et de La Planification Du Centre-Nord*, 52p.
 16. Goma-Tchimbakala, J., et Bernhard-Reversat, F. (2006). Comparison of litter dynamics in three plantations of an indigenous timber-tree species (*Terminalia superba*) and a natural tropical forest in Mayombe, Congo. *Forest Ecology and Management*, 229(1–3), 304–313. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2006.04.009>
 17. Guebre, D., Tockville, M. B., Hien, E., et Traoré, S. (2021). Conservation des sols en zone soudano-sahélienne: quelle est l'efficiencia des amendements ligneux? *Revue Burkinabè de La*

- Recherche Sciences Naturelles et Appliquées*, 39(2), 2(1).
18. Hallaire, V., Lamandé, M., et Heddadj, D. (2004). Effet de l'activité biologique sur la structure de sols soumis à différentes pratiques culturales. Impact sur leurs propriétés de transfert. *Étude et Gestion Des Sols*, 11, 47–58.
 19. Hounkpetin, C. (2003). Contribution à la mise en valeur du bas-fond de Okeita dans la commune de Pobé (département du Plateau). *Université d'Abomey-Calavi. Thèse*, 134p.
 20. Ilboudo-Tapsoba, E., Tankoano, H., Ouédraogo, M., Dicko, I. O., et Sanon, A. (2011). Diversité des insectes actifs au sol dans quatre écosystèmes de bas-fonds du Burkina Faso : importance pour la détermination de bio-indicateurs caractérisant ces milieux. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 5(April), 724–738. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v5i2.72146>
 21. Ilboudo, A., Sawadogo, S., Soulama, S., Hien, E., et Zombre, P (2020). Spatial dynamics and risks analysis of lowlands degradation potential around of watershed in Center-nord of Burkina Faso (West Africa): Through multi-date Study and satellite tele-analysis. *European Scientific Journal*, ESJ, 16(33), 122–148. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n33p122>
 22. Ilboudo, A. (2021). *Dynamique de dégradation des bas-fonds soudano-sahéliens dans un contexte de changement climatique: étude de cas dans le sous-bassin versant du Nakanbé-Dem au Centre-nord du Burkina Faso*. Joseph KI-ZERBO.
 23. Ilboudo, A., Soulama, S., Hien, E., et Zombre, P. (2020). Perceptions paysannes de la dégradation des ressources naturelles des bas-fonds en zone soudano-sahélienne: cas du sous bassin versant du Nakanbé-Dem au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(3), 883–895. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i3.19>
 24. INSD. (2017). *Projections démographiques des communes du burkina faso de 2007 a 2020*.
 25. Legendre, P., et Legendre, L. (1984). *Ecologie Numérique. Le Traitement Multiple des Données Ecologiques (Tome 1)*. (Masson).
 26. Lidon, B., Legoupil, J.-C., Blanchet, F., Simpara, M., et Sanogo, I. (1998). Le diagnostic rapide de pré-aménagement (DIARPA). *Agriculture et Développement*, 20, 61–80.
 27. Ouédraogo, A. K. (1999). Télédétection et cartographie des sols dégradés dans quelques terroirs du Centre-Nord du Burkina-Faso: Cas des villages de Loaga, Niénéga, Dablo, Namissiguima et Soubeira. *Mémoire de Fin d'études*, 147p.
 28. Ouédraogo, E., Mando, A., et Brussaard, L. (2004). Soil macrofaunal-mediated organic resource disappearance in semi-arid West Africa.

- Applied Soil Ecology*, 27(3), 259–267.
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2004.03.003>
29. Ouedraogo, J. (2009). Evaluation de la contribution de la macrofaune du sol sur la performance des mesures de conservation des eaux et des sols. In *Mémoire de fin de cycle*. Université polytechnique de Bobo.
 30. Piélou, E. C. (1996). Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *J. Theor. Biol.*, 370-383.
 31. Prince, A. A. (1999). Etude du fonctionnement hydraulique d'un bas-fond en vue de l'aménagement en zone soudano-guinéenne. Cas du bas-fond d'Akouégba (Glazoué). *Rapport*, 167p.
 32. Rakotomanga, D., Blanchart, É., Rabary, B., Randriamanantsoa, R., Razafindrakoto, M., et Autfray, P. (2016). Diversité de la macrofaune des sols cultivés sur les hautes- terres de madagascar. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, 20(4), 495–507. <https://doi.org/10.25518/1780-4507.13314>
 33. Sarr, A., Thiam, A., et Tidiane Bâ, A. (2011). Macrophytes et groupements végétaux aquatiques et amphibies de la basse vallée du ferlo (Sénégal). *African Journal of Science and Technology*, 2(1), 89–97. <https://doi.org/10.4314/ajst.v2i1.44651>
 34. Savadogo, M. (2017). Reverdissement au sahel : résilience, diversité biologique et dynamique de la végétation des écosystèmes. *Université Joseph Ki-ZERBO. Thèse*, 135p.
 35. SP/CPSA. (2008). Programme de Spécialisation Régionale du Centre-Nord. Burkina Faso. *Ministère de l'Agriculture, de l'Hydrauliques et Des Ressources Halieutiques.*, 108p.
 36. Tamsire, S., Ababacar, C., et Baïla, N. A. (2017). Diversité de la macrofaune du sol dans les parcelles de reboisement de la Grande Muraille Verte Au Sénégal. *European Scientific Journal, ESJ*, 13(15), 185. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n15p185>
 37. Tondoh, J. E. (2007). *Effet de la mise en culture des forêts secondaires sur les peuplements de macroinvertébrés du sol dans la zone de contact forêt-savane de Côte d ' Ivoire*. 4, 197–204.
 38. Traore, M., Barro, A., Garane, A., et Bismarck, H. (2015). Etude de la dynamique de la macrofaune du sol sous culture de deux variétés de patate douce (Ipomea batatas) avec utilisation de différents modes de désherbage Study of the dynamics of soil macrofauna under cultivation of two varieties of sweet potato (. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9(October), 2334–2345. <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
 39. Traore, M., Lompo, F., AYUKE, F., Ouattara, B., Ouattara, K., et Sedogo, M. (2012). Influence des pratiques agricoles sur la macrofaune du sol : cas de l'enfouissement de la paille et du fumier. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(4),

- 1761–1773. <https://doi.org/https://doi.org/10.4314/ijbcs.v6i4.31>
40. Walkley, A., et 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 Sci.*, 37, 29–38.
 41. Windmeijer, P., Dugué, M., Jamin, J., et Van de Giesen, N. (2002). *Présentation des caractéristiques hydrologiques de la mise en valeur des bas-fonds. Bouaké (Côte d'Ivoire)*. 64p.
 42. Zida, Z., Ouédraogo, E., Mando, A., et Stroosnijder, L. (2011). Termite and earthworm abundance and taxonomic richness under long-term conservation soil management in Saria, Burkina Faso, West Africa. *Applied Soil Ecology*, 51(1), 122–129. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.09.001>
 43. Zirbes, L., Collin, C., Dufey, J., Tu, P. K., Nguyen, D., Francis, F., Lebailly, P., Haubruge, E., et Brostaux, Y. (2009). Mise en relation de la diversité des vers de terre et des caractéristiques du sol de Thua Thien Hue (Centre Vietnam). *Tropical Conservation Science*, 2(3), 282–298.