

Evaluation de l'influence des populations de vers de terre sur la diversité de la faune de litière de la forêt Miombo du Haut Katanga (RD Congo)

[Evaluation of the influence of the earth worm population on litter fauna diversity in the Miombo forest (DR Congo)]

YUMBA NKULU FREDDY¹, MALOBA WA KAKOBE¹, TSHIMETA MWAMBA CARMELLE², MIRHONYI MUGISHO³, and JEAN PIERRE KABULU DJIBU⁴

¹Departement de Biologie-Chimie,
Section Sciences Exactes, Institut Supérieur Pédagogique de Lubumbashi, RD Congo

²Departement de Géomines,
Institut Supérieur de techniques appliquées de Lubumbashi, RD Congo

³Departement de Chimie Physique,
Section Sciences Exactes, Institut Supérieur Pédagogique de Lubumbashi, RD Congo

⁴Departement de Géographie et Gestion de l'Environnement,
Section Sciences Exactes, Institut Supérieur Pédagogique de Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2018 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 this research, the evaluation of the influence of earth worm on the soil fauna diversity was studied during each season in making comparison of the density, the abundance and the biomass between Annelida and other inventoried taxa of invertebrates. The results brought out a great density of earth worm in rainy season than the dry one seeing that Oligochaetes are bound at the humidity. The other taxa inventoried were a part of 8 different orders listed according to the importance as follows: Hymenoptera, Araneida, Isoptera, Diplopoda, Coleoptera, Blattoptera, Chilopoda and Thysanoptera. From the 8 orders, the 7 first inventoried during the rainy season were found again during the dry season but with a great density for almost each taxon in spite of the sensitive reduction of the abundance of earth worms. The Chilopoda's order was observed only during the rainy season, the one of Thysanoptera only during the dry season. In conclusion, the density, the abundance and the biomass of the earth worms of the Miombo forest don't have influence on the one of other litter fauna invertebrates.

KEYWORDS: Oligochaeta, Miombo, diversity, biomass, invertebrates and organic matter.

RÉSUMÉ: Dans cette recherche, l'évaluation de l'influence des vers de terre sur la diversité de la faune du sol a été étudiée au cours de chaque saison par comparaison de la densité, l'abondance et la biomasse entre les annélides et les autres taxons d'invertébrés inventoriés. Les résultats montrent une forte densité des vers de terre en saison de pluie qu'en saison sèche étant donné que les Oligochètes sont liés à l'humidité. Les autres espèces inventoriées appartiennent à 8 ordres différents cités par ordre d'importance comme suit: les Hyménoptères, les Aranéides, les Isoptères, les Diplopedes, les Coléoptères, les Blattoptères, les Chilopodes et les Thysanoptères. De ces 8 ordres, les 7 premiers inventoriés au cours de la saison de pluie ont été retrouvés même au cours de la saison sèche mais cette fois-ci avec une forte densité presque pour chaque taxon malgré la diminution sensible de l'abondance des vers de terre. L'ordre des Chilopodes a été observé uniquement au cours de la saison de pluie et celui des Thysanoptères rien qu'en saison sèche. En conclusion, la densité, l'abondance et la biomasse des vers de terre des forêts Miombo n'influencent généralement pas celles d'autres invertébrés de la faune de litière.

MOTS-CLEFS: Oligochètes, Miombo, diversité, biomasse, invertébrés et matière organique.

1 INTRODUCTION

Le sol possède une faune excessivement nombreuse et variée, dont les éléments occupent des niveaux d'un réseau trophique compliqué, dominé par les chaînes de saprophytes mais comportent aussi des chaînes secondaires de prédateurs. Ces organismes permettent la dynamique de la matière organique et de l'eau ainsi que, le recyclage des nutriments (BACHELIER, 1978[1] ; DINDAL, 1990 [2]).

Parmi les groupes taxonomiques majeurs constituant la faune du sol, on dénombre des arthropodes, les arachnides, les collemboles les vers de terre qui sont les plus abondants (Schaefer et Schauer mann, 1990) [3]. Les lombricidés représentent une importance particulière du fait de leur densité, leur biomasse prédominante et leur rôle dans l'humification et la minéralisation de la matière organique des sols augmentant ainsi leur stabilité structurale (CLUZEAU D. (2007) [4]; PELOSI, 2008 [5]; CLUZEAU D. (2014) [6].

Les vers de terre contribueraient donc à l'augmentation de la diversité biologique de la faune du sol étant donné que celle-ci est aussi fonction de la matière organique.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons mené cette étude ayant pour thème « l'influence des populations lombriciennes sur la diversité de la faune de litière ». Cette étude a été menée de janvier à mai 2017 dans la forêt Miombo du monastère de Kiswishi dans la province du Haut Katanga en République Démocratique du Congo.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

Cette étude a été menée dans la forêt claire MIOMBO de la concession du monastère catholique de KISWISHI, située à 18 km au Nord-Est de la ville de Lubumbashi sur l'axe routier LIKASI dans la province du Haut-KATANGA en République Démocratique du Congo. L'altitude de cette contrée est de 1316 m et 11°53 '44" de latitude sud et 27°46'28" de longitude Est (coordonnées de l'entrée du MONASTERE).

Cette forêt est constituée de 3 strates : arborée, arbustive et herbacée. La strate arborée comprend des mégaphanérophytes de 8 à 30m de hauteur composés principalement des espèces ci-après : *Julbernardia paniculata* (Benth) Troupin, *Marquesia macroura* Gilg, *Brachystegia boehmii* Taub., *Brachystegia longifolia* Benth et *Brachystegia spiciformis var latifoliolata* (De Wild) Hoyle.



Photo 1 : La forêt Miombo du Monastère de Kiswishi (le 19 avril 2017)

Outre la végétation, le milieu a été caractérisé aussi par quelques paramètres physico-chimiques de son sol. Ces échantillons de sols ont été récoltés sur chaque section d'échantillonnage pour la détermination de l'humidité à 105°C, du pH eau-sol, ainsi que de la matière organique par la méthode de la perte au feu. Ces analyses ont été réalisées au laboratoire de chimie de l'Institut supérieur pédagogique de Lubumbashi.

2.2 RECOLTE ET IDENTIFICATION DES ESPECES DE LA FAUNE DU SOL

La délimitation des sections d'échantillonnage était faite selon la méthode de JONES et EGGLETON (2000) [7]. Les différentes espèces de la faune du sol étaient récoltées selon la méthode de retournement de l'écorce et de la chasse et les spécimens récoltés furent décrits et identifiés jusqu'au niveau de l'ordre par la méthode RBA (Rapid Biodiversity Assessment).

2.3 LA DENSITE ET LA DISTRIBUTION

2.3.1 LA DENSITÉ

La densité ou l'abondance de la population de la faune du sol correspond au nombre moyen d'individus récoltés par unité de surface. Elle a été exprimée ici en nombre d'individus par mètre carré (ind/m²).

2.3.2 LA DISTRIBUTION SPATIALE

La distribution spatiale de la faune du sol a été déterminée en comparant la moyenne de comptage de chaque taxon par rapport à la variance (BACHELIER, 1978) [1]. Selon cette méthode on distingue une distribution **régulière** si la moyenne est supérieure à la variance ; une distribution **au hasard** si la moyenne est égale à la variance et une distribution en **agrégats** dite encore distribution **contagieuse** si la moyenne est inférieure à la variance.

2.3.3 LA BIOMASSE

La biomasse a été évaluée en poids sec sans cendres (PSSC). Pour cela chaque échantillon de la faune du sol a été placé à l'étuve (60°C) pendant 48 heures pour donner le poids sec auquel on soustrait le poids des cendres obtenus après introduction de l'échantillon sec dans le four à 450°C pendant 4 heures (BRUN, 2011) [8].

2.4 CALCULS DES INDICES

2.4.1 INDICE DE DIVERSITÉ

Après identification, l'abondance relative et l'abondance moyenne ont été déterminées pour chaque taxon. Pour évaluer la diversité de la faune du sol récoltée, il a été utilisé l'indice de Shannon H' et l'indice d'équitabilité de Piélu J' calculés à partir des abondances relatives des différents taxons selon les formules suivantes [8] :

$$H' = - \sum_{i=1}^N p_i * \log_2(p_i)$$

Avec : H' : indice de Shannon

p_i : Abondance relative du taxon i par rapport aux autres taxons soit : $p_i = \frac{n_i}{N}$

N : nombre total de taxons

Cet indice prend donc en compte le nombre de taxons présents ainsi que la proportion d'individus dans chaque taxon. Il augmente avec le nombre de taxons et/ou avec l'équirépartition des individus au sein de chaque taxon [8].

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} = \frac{H'}{\log_2(N)}$$

Avec : J' : Indice d'équitabilité de Piélu

Cet indice prend en compte l'équirépartition des individus par taxon. Il varie de 0 (un seul taxon) à 1 (même nombre d'individus dans chaque taxon).

Et la dominance des taxons a été évaluée par l'indice de Simpson (1949) calculé selon la formule.

$$D = \frac{N(N-1)}{\sum_n(N-1)}$$

Avec : N = Le nombre d'individus dans la population
 n = Le nombre d'individu de chaque espèce

Cet indice varie de 1 à l'infini.

2.4.2 FRÉQUENCE D'OCCURRENCE

Pour caractériser la présence d'un taxon dans un milieu, il a été calculé des fréquences d'occurrence FO par taxon i , par la formule suivante [8] :

$$FO_i = \frac{E_i}{E_t} \times 100$$

Avec : E_i : le nombre d'échantillons où le taxon i est présent
 E_t : le nombre total d'échantillons.

Selon cette formule, la présence d'un taxon est considérée comme fréquente lorsque $FO \geq 75\%$, commune lorsque $75\% > FO \geq 50\%$, occasionnelle lorsque $50\% > FO \geq 25\%$, rare lorsque $25\% > FO \geq 10\%$ et accidentelle lorsque $FO < 10\%$ [8].

3 RESULTATS

Cette partie présente les différents résultats obtenus lors de nos investigations. Ces résultats sont en rapport avec la densité et la biomasse de vers de terre ainsi que les paramètres physico-chimiques (l'humidité, la matière organique, et le pH) pour la caractérisation des habitats.

3.1 CARACTERISTIQUES PHYSICOCHIMIQUES DES SOLS

La figure 1 ci-dessous indique que l'humidité des sols échantillonnés diminue de manière significative de Janvier à Avril mais augmente en Mai. Leur pH a varié de 4,5 à 4,8 et la matière organique de 8,71% au mois de Janvier à 9,71% au mois de Mai. Cependant ces valeurs ne sont pas significativement différentes.

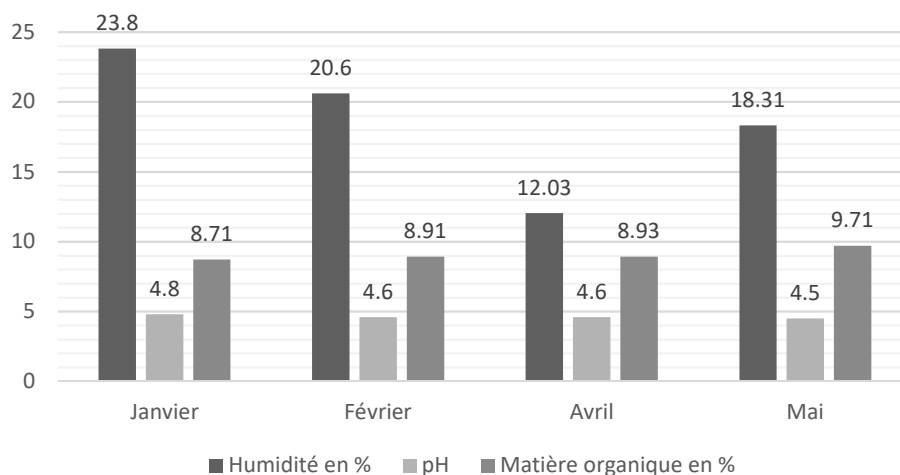


Fig. 1. Caractéristiques physico-chimiques des sols

3.2 CARACTERISTIQUES DE LA FAUNE DU SOL

3.2.1 LES MOIS DE JANVIER ET FÉVRIER

Il a été récolté au total 636 individus de la faune du sol sur 12 sections, de mètre carré chacune, répertoriées soit une densité de 53 ind/m². Ces résultats repris au tableau 1 indiquent que les individus récoltés étaient répartis en 8 ordres différents parmi lesquels les Oligochètes sont les plus représentés avec une abondance relative de 40,9%.

Tableau 1. Densité et abondance relative de la population de la faune du sol aux mois de janvier et février

N°	TAXONS	CODE	DENSITE		ABONDANCE RELATIVE EN %
			EFF	Ind/m ²	
1	ARANEIDES	Ara	60	5	9,4
2	BLATTOPTERES	Bla	24	2	3,8
3	CHILOPODES	Chi	20	2	3,1
4	COLEOPTERES	Col	60	5	9,4
5	DIPLOPODES	Dpp	84	7	13,2
6	ISOPTERES	Iso	16	1	2,5
7	HYMENOPTERES	Hym	112	9	17,6
8	OLIGOCHETES	Oli	260	22	40,9
TOTAL			636	53	100

Le tableau 2 indique que la distribution spatiale des espèces était en agrégat au sein de tous les taxons représentés.

Tableau 2. Distribution spatiale des espèces des taxons étudiés

N°	TAXONS	CODE	m(X)	S ²	DISTRIBUTION
1	ARANEIDES	Ara	5	23,6	En agrégats
2	BLATTOPTERES	Bla	2	13,1	En agrégats
3	CHILOPODES	Chi	2	13,1	En agrégats
4	COLEOPTERES	Col	5	49,8	En agrégats
5	DIPLOPODES	Dpp	7	26,5	En agrégats
6	ISOPTERES	Iso	1,3	12,6	En agrégats
7	HYMENOPTERES	Hym	9,6	42,1	En agrégats
8	OLIGOCHETES	Oli	21,7	269	En agrégats

La figure 2 ci-dessous montre que les ordres fréquents dans le Miombo du monastère de Kiswishi aux mois de janvier et février sont les *Oligochètes*, les *Hyménoptères* et les *Diplopodes*. Les *Aranéides* et les *Coléoptères* sont des taxons communs alors que les *Isoptères* et les *Chilopodes* sont rares.

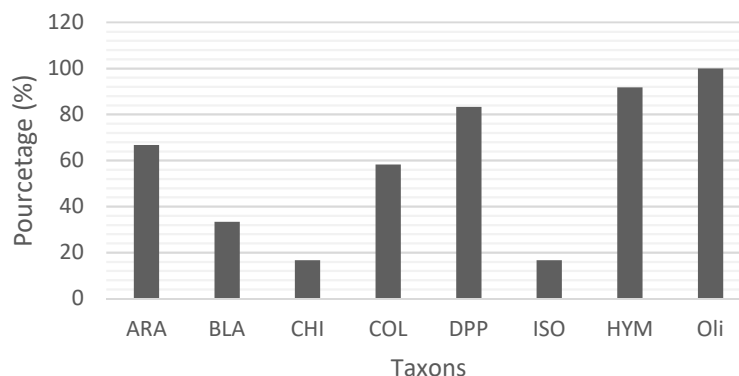


Fig. 2. Fréquence d'occurrence des taxons inventoriés aux mois de janvier et février

3.2.2 LES MOIS D'AVRIL ET MAI

Il a été récolté au total 556 individus de la faune du sol sur 12 sections, de mètre carré chacune, répertoriées soit une densité de 46 ind/m². Ces résultats repris au tableau 3 indiquent que les individus récoltés étaient répartis en 8 ordres différents parmi lesquels les *Hyménoptères* et les *Oligochètes* sont les plus représentés avec une abondance relative de 11% chacun.

Tableau 3. Densité et abondance relative de la population de la faune du sol aux mois d'avril et mai

N°	TAXONS	CODE	DENSITE		ABONDANCE RELATIVE EN %
			EFF	Ind/m ²	
1	ISOPTERES	Iso	84	7	15,1
2	ARANEIDES	Ara	92	8	16,5
3	BLATTOPTERES	Bla	52	4	9,4
4	HYMENOPTERES	Hym	136	11	24,5
5	COLEOPTERES	Col	12	1	2,2
6	DIPLOPODES	Dpp	36	3	6,5
7	THYSANOPTERES	Thy	12	1	2,2
8	OLIGOCHETES	OLI	132	11	23,7
TOTAL			556	46	100

Tous les taxons inventoriés aux mois d'avril et mai 2017 ont été caractérisés par une distribution spatiale en agrégats comme indiqué au tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4. Distribution spatiale des espèces des taxons étudiés

TAXONS	CODE	m(X)	S ²	DISTRIBUTION
ISOPTERES	Iso	7	288,4	En agrégats
ARANEIDES	Ara	7,7	42,1	En agrégats
BLATTOPTERES	Bla	4,3	15,8	En agrégats
HYMENOPTERES	Hym	11,3	136,2	En agrégats
COLEOPTERES	Col	1	6,2	En agrégats
DIPLOPODES	Dpp	3	23,6	En agrégats
THYSANOPTERES	Thy	1	3,2	En agrégats
OLIGOCHETES	Oli	11	305,8	En agrégats

La figure 3 ci-dessous montre que les taxons fréquents au cours des mois d'avril et mai 2017 sont les *Hyménoptères* et les *Aranéides*. Par contre les *Oligochètes* et les *Blattoptères* ont été qualifiés de taxons communs.

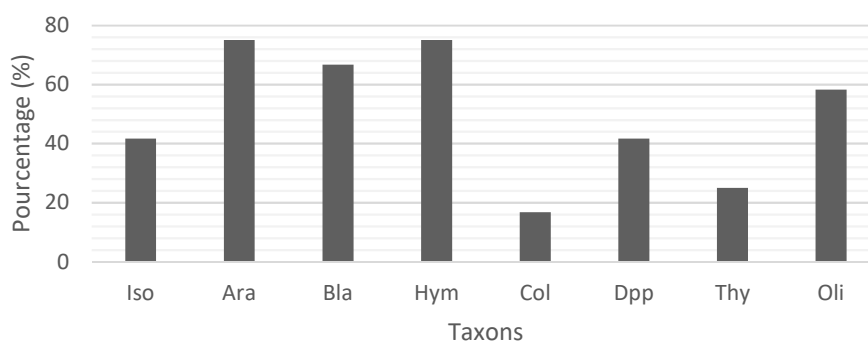


Fig. 3. La fréquence d'occurrence des taxons inventoriés aux mois d'avril et mai

3.2.3 LES INDICES DE DIVERSITÉ

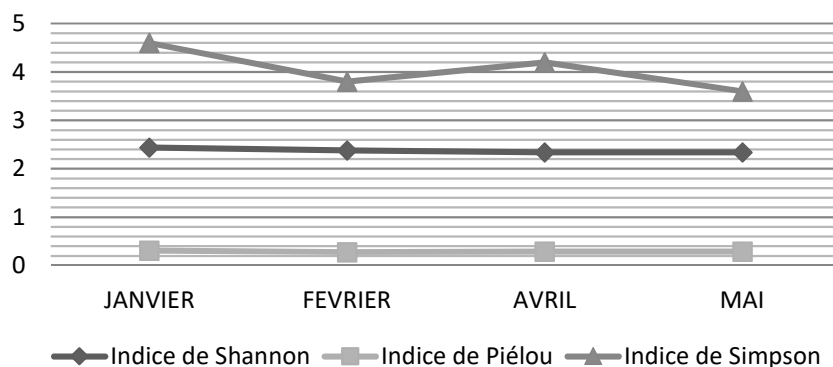


Fig. 4. Variation des indices de diversité calculés

L'équitabilité (J) est un complément à la diversité, car elle indique la position de la diversité observée par rapport à la diversité maximale du peuplement, celle où l'abondance relative de toutes les espèces est la même. Cet indice a été de 0,28 au mois de février ; 0,31 au mois de janvier mais 0,29 en avril et mai.

L'évolution mensuelle de la diversité spécifique H' varie de 2,34 à 2,44. Au cours de ces deux saisons, la diversité reste plus élevée en janvier où elle est de 2,44 et de 2,38 en février. Mais on constate aussi qu'au cours de la saison sèche, la diversité n'a pas diminué sensiblement, car elle reste de 2,34 pour le mois d'avril et de mai.

L'évolution de la dominance (D), montre des valeurs inférieures à 5, pour le mois de janvier, la dominance est de 4,6 à mai et 3,8 en février. Au cours de la saison sèche, la dominance est de 4,2 en avril et 3,6 pour le mois de mai.

4 DISCUSSION

Cette étude a été essentiellement axée sur l'impact des communautés lombriciennes des forêts Miombo sur la diversité des invertébrés qui font partie de la faune de litière en comparant quantitativement et qualitativement différents spécimens des différents taxons inventoriés.

En effet, pour y arriver il a été d'abord question de déterminer la densité et la biomasse des lombriciens puis à les comparer à celles des autres invertébrés inventoriés dans cette même litière. C'est ainsi que sur le terrain d'étude sélectionné à cet effet, il a été constaté au cours de la saison de pluie une densité de 22 individus par m^2 et une biomasse de 0,15 g/m^2 et 11 individus par m^2 et 0,03 g/m^2 de biomasse au cours de la saison sèche. Toutes ces abondances observées concernent les vers de terre épigés et endogés, car selon Capowiezy (2009) [9], les épigés vivent en surface dans la litière à partir de 0 à 5 cm et les endogés en profondeur à partir de 5 à 15 cm.

Bien que ces résultats se rapprochent de ceux d'Omodeo et Martinucci (1987) qui ont observé dans le Nord Algérien des densités de vers de terre comprises entre 11 et 12,7 ind./ m^2 et des biomasses de 1,25 à 3,0 g/m^2 ; mais ils ne sont pas toujours bons, car les densités de vers de terre se situent généralement entre 50 et 400 vers/ m^2 , excédant parfois les 1000 vers/ m^2 (Lee, 1985) [10] ; la biomasse vivante de vers de terre se situe entre 30 et 100 g/m^2 (Lavelle et Spain, 2001) [11] mais peut dépasser 300 g/m^2 (Lee, 1985) [11]. Ouahrani (2003) a trouvé des valeurs beaucoup plus élevées, de 188 g/m^2 et 256 vers/ m^2 dans les sols du bord de l'oued Rhumel (Constantine) et Bouché (1975) [12] a aussi trouvé que la densité des vers de terre dans les sols français (où le climat est plus humide par rapport à celui de l'Algérie) est souvent dans la gamme de 100 à 150 ind./ m^2 avec une biomasse moyenne allant jusqu'à 110 g/m^2 , mais des chiffres plus élevés peuvent également être observés, de l'ordre de 2000 ind./ m^2 dans les pâturages des régions tempérées, ou bien dans les vergers irrigués, où la biomasse varie généralement de 30 à 100 g/m^2 .

Par ailleurs, les études d'El-Duweini et Ghabbour (1965) [13] et celles d'Hendrix *et al.*, (1992) [14] ont montré une corrélation positive entre la densité et/ou la biomasse de vers de terre et la teneur en matière organique du sol. C'est ainsi que dans le cas de notre étude, ces résultats sur la densité et la biomasse se rapportent à une teneur de matière organique qui se situe entre 8,71% et 9,71% en moyenne. En se référant à ce qui précède Edwards et Bohlen (1996) [15] expliquent que les sols pauvres en matière organique ne supportent généralement pas de fortes densités de vers de terre. Les valeurs les plus élevées se trouvent dans les pâturages fertilisés et les plus basses dans les sols acides ou arides [10] ; [10].

Toujours dans le même ordre d'idée de corrélérer les caractéristiques des habitats aux communautés lombriciennes, appart la matière organique, la teneur moyenne de l'humidité du sol a été importante pour les vers de terre au cours de la saison de pluie où elle a été observée à 23,8% ; sa diminution jusqu'à 18,31% au cours de la saison sèche pourrait justifier cette diminution sensible de la densité des communautés lombriciennes, car selon Pelosi (2008), la dynamique des populations lombriciennes en prairie tout comme en forêt est souvent fixée à une teneur strictement supérieur à 20% en moyenne [5].

De cette même caractérisation des habitats, le pH mesuré est compris entre 3,95 à 5,22; cette acidité du sol peut favoriser une forte densité des lombriciens, car selon Satchell (1967) [16], la majorité des espèces de régions tropicales et tempérées se trouvent dans des sols à pH compris entre 5,0 et 7,4.

En rapport avec la diversité de la faune de litière, à part les Oligochètes faisant déjà partie des lombriciens, les autres espèces inventoriées appartiennent à 8 ordres différents cités par ordre d'importance comme suit: les Hyménoptères, les Aranéides, les Isoptères, les Diplopodes, les Coléoptères, les Blattoptères, les Chilopodes et les Thysanoptères.

De ces 8 ordres, les 7 premiers inventoriés déjà au cours de la saison de pluie où la densité des Oligochètes était de 22 ind. /m² se sont répétés même au cours de la saison sèche mais cette fois-ci avec une forte densité presque pour chaque ordre malgré la diminution sensible de la densité des Oligochètes jusqu'à 11 ind. /m². L'ordre des Chilopodes a été observé uniquement au cours de la saison de pluie et celui des Thysanoptères rien qu'en saison sèche. Notre constat se rapporte à celui de Buchmann *et al.* (1996) [17] qui ont trouvé chez les Chilopodes, une valeur plus élevée à l'automne par rapport au printemps. De même chez les Thysanoptères, un effet saison semble être observé. Ceci peut se justifier par le fait que les litières ont une variation de signature au cours des saisons (Bachelier, 1978) [1].

En se référant à ce qui précède, nous pouvons dire dans le cadre de notre recherche que la densité des lombriciennes n'influencent généralement pas la présence d'autres invertébrés de la faune de litière, car même les études de Schaefer & Schauer mann (1990) [3], sur les invertébrés du sol dans une prairie Européenne rapportent qu'un mètre carré héberge près de 1000 espèces d'invertébrés dont 400 à 500 espèces d'Acariens, 60 à 80 espèces de Collembolés, 90 espèces de Nématodes, 60 espèces de Protozoaires, 22 espèces d'Enchytréides, 15 espèces de Diplopodes et 15 à 17 espèces de vers de terre. Mais au moins, elle pourrait être influencée par les facteurs abiotiques déterminés lors de la caractérisation des habitats, c'est notamment la teneur en matière organique, le pourcentage de l'humidité et le pH du sol, car selon Jegou & *al* (2002) [18], la majeure partie d'invertébrés du sol tels que les Arthropodes, les Collembolés et Acariens sont influencés par les facteurs agro pédologiques tels que le pH, la teneur en matière organique, l'hydromorphie du sol, les espèces végétales présentes et la diversité végétale.

5 CONCLUSION

Cette étude a été essentiellement axée sur l'évaluation de l'impact des communautés lombriciennes des forêts Miombo sur la concentration en matière organique et la diversité de la faune de litière. Pour cela, pendant deux mois de la saison pluvieuse et deux autres de la saison sèche, la densité, l'abondance et la biomasse des vers de terre ont été comparée avec celles d'autres espèces invertébrées inventoriées dans la litière.

Afin d'élargir les connaissances sur ces interactions nous avons aussi procédé à la détermination des paramètres physicochimiques tels que l'humidité, la matière organique et le pH du sol pour caractériser les habitats.

En conclusion, la densité, l'abondance et la biomasse des lombriciennes des forêts Miombo n'influencent généralement pas la présence d'autres invertébrés de la faune de litière.

REFERENCES

- [1] BACHELIER G., 1978. *La faune des sols, son écologie et son action*, ORSTOM, Paris pp391, 256,257
- [2] Dindal, D. L., 1990. *Soil biology guide*. Wiley and sons Inc., New-York, 1349 pp.
- [3] Schaefer, M. et Schauermaun, J., 1990. The soil fauna of beech forests: comparison between a mull and a moder soil. *Pedobiol.* 34, 299-314.
- [4] CLUZEAU D., 2007. Biodiversité & Fonctionnement du sol : *Rôle de la diversité de la faune du sol dans le fonctionnement des sols (dégradation et recyclage des matières organiques du sol)*, UMR 6553 EcoBio- Université de Rennes 1, 16 p.
- [5] PELOSI C., 2008. *Modélisation de la dynamique d'une population de vers de terre Lumbricus terrestris au champ*, thèse de doctorat à l'Institut Agro paris Tech. pp 1,19
- [6] CLUZEAU D., 2014. Les vers de terre : *Guide pratique auxiliaires de cultures ; Comprendre et reconnaître les vers de terre*; OPVT -OSUR/Université de Rennes, 20p.
- [7] JONES, D.T.; EGGLETON, P., 2000. *Sampling termite species assemblages in tropical forests: testing a rapid biodiversity assessment protocol*. Journal of Applied Ecology, v.37, p.191-203.
- [8] BRUN S., 2011. *Première approche spatiotemporelle de la biodiversité aquatique d'un marais littoral, Analyse particulière des communautés benthiques, supra-benthiques et ichtyologiques*, Memoire de Master 2 en Ecologie et Ethologie, universite de Jean Monet, p7, 8,
- [9] Capowiez Y., 2016. *Quels sont les principaux facteurs expliquant l'abondance et la biodiversité des vers de terre en arboriculture/viticulture ?* Réseau-Agriville. Copyright, *Journée d'Étude – Site INRA Auzeville – 2016*, 27pp.
- [10] Lee, K. E., 1985. *Earthworms: their ecology and relationship with soils and land use*. New York, 411 pp.
- [11] Lavelle, P. et Spain, A. V., 2001. *Soil Ecology*. Kluwer Scientific Publications, Amsterdam, 654 pp.
- [12] Bouché, M. B., 1975. *Action de la faune sur les états de la matière organique dans les écosystèmes*. In: Kilbertus, G., Reisinger, O., Mourey, A. et Cancela da Fonseca, J. A. (eds), *Humification et biodégradation*. Pierron, Sarreguemines, pp. 157-168.
- [13] El-Duweini, A. K. et Ghabbour, S. I., 1965. *Population density and biomass of earthworms in different types of Egyptian soils*. *J. Appl. Ecol.* 2, 271-287.
- [14] Hendrix, P. F., Muller, B. R., Bruce, R. R., Langdale, G. W. et Parmelee, R. W., 1992. *Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia Piedmont, USA*. *Soil Biol. Biochem.* 24, 1357-1361.
- [15] Edwards, C. A. et Bohlen, P. J., 1996. *Biology and Ecology of Earthworms 3rd ed.* Chapman and Hall, London, 426 pp.
- [16] Satchell, J. E., 1967. *Lumbricidae*. In: Burges, A. et Raw, F. (eds), *Soil Biology*. Academic Press, London, pp. 259-322.
- [17] Buchmann N., Guehl J. M., Barigah T. S. and Ehleringer J. R., 1997. *Interseasonal comparison of CO2 concentrations, isotopic composition, and carbon dynamics in an Amazonian rainforest (French Guiana)*. *Oecologia* 110,120-131.
- [18] Jegou, D., Brunotte, J., Rogasik, H., Capowiez, Y., Diestel, H., Schrader, S. et Cluzeau, D., 2002. *Impact of soil compaction on earthworm burrow systems using X-ray computed tomography: preliminary study*. *Eur. J. Soil Biol.* 38, 329-336.