

**ARTICLES ORIGINAUX
ORIGINAL ARTICLES**
**OORSPROKELIJKE ARTIKELS
ARTICULOS ORIGINALES**
Inventaire préliminaire de la faune lombricienne dans la Réserve et Domaine de Chasse de Bombo-Lumene, Plateaux Batéké (République Démocratique du Congo)

F. Milau^{1*}, A. Lemtiri², M. Mungyeko³, J. Aloni³ & F. Francis²

Keywords: Earthworms- Bombo-Lumene- Bateke Plateau- DR Congo

Résumé

La macrofaune du sol est régulièrement mise en avant pour son rôle sur les caractéristiques physiques et chimiques du sol, notamment des terres cultivées. De plus, la fréquence du travail du sol et l'intensité de l'exploitation culturale sont des facteurs importants à prendre en compte dans la gestion des sols agricoles. Le présent inventaire vise à étudier l'impact du changement d'usage des sols sur la faune lombricienne. Il présente la diversité et l'abondance des espèces de lombriciens dans des écosystèmes savanicoles et forestiers de la Réserve et Domaine de Chasse de Bombo-Lumene des plateaux Batéké en République Démocratique du Congo. A cet effet, six types d'environnements ont été explorés: les forêts denses semi-décidues, les galeries forestières, les recrûs forestiers, les savanes herbeuses, les savanes arborescentes, et les cultures. Les espèces lombriciennes récoltées sont présentées en fonction du biotope, du régime alimentaire, du type de prostomium et de la distribution géographique.

Summary
Preliminary Inventory of the Earthworm Fauna in the “Réserve et Domaine de chasse” of Bombo-Lumene Batéké Plateaus, Democratic Republic of the Congo

The soil macrofauna is frequently cited for its important role in the physicochemical parameters of cultivated land. Moreover, the tillage frequency and the cropping intensity are key factors to be considered in the management of cropping systems. An inventory related to the changes in land use on the earthworm fauna was carried out. The diversity and the abundance of the harvested species were determined in savannah and in forest ecosystems. The study was conducted in the “Réserve et Domaine de chasse” of Bombo-Lumene located on Batéké Plateaus in the Democratic Republic of the Congo. Six types of environments have been prospected: semi-deciduous dense forests, gallery forests, second-growth forests, grasslands, woodland savannas, and crop land). Collected earthworm species are presented according to their habitat, their feeding habit, the kind of prostomium, and their geographical distribution.

¹université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire de Gestion des Ressources Naturelles, Kinshasa, R.D. Congo

²Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive, Gembloux, Belgique

³université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Laboratoire de Géomorphologie et pédologie, Kinshasa, R.D. Congo

*Auteur correspondant: Email: filsmilau@gmail.com

Introduction

Les communautés lombriciennes sont présentes dans la plupart des écosystèmes terrestres et représentent une composante majeure de la macrofaune du sol (10). Elles jouent un rôle important dans la dynamique et le fonctionnement des sols (11). Le nombre d'espèces de lombriciens, qui définit la richesse spécifique suit un gradient marqué à l'échelle du globe (11). Cette diversité taxonomique reflète l'action d'une multitude de facteurs environnementaux et anthropiques, notamment dans le cadre de la gestion et du travail du sol (18). Les lombriciens consomment les débris végétaux de la litière, la matière organique humifiée, ils participent ainsi à leur décomposition et à leur enfouissement dans les sols. Ces organismes excrètent des biostructures (turricules) qui impactent la fertilité et la survie des autres groupes fonctionnels du sol (8). Ils ont été récemment considérés comme bio-indicateurs et acteurs biologiques indispensables à la fertilité des sols (13).

Dans les régions tropicales humides et subhumides, la macrofaune du sol est dominée en densité par les termites et les fourmis mais en biomasse par les vers de terre (22). En Afrique, les biomasses importantes relevées sont dues au fait que les espèces épigées, endogées et anéciques sont de taille plus importante que dans les régions tempérées (23). Omodéo et Martinucci (33) ont inventorié 16 espèces dans la région méditerranéenne à partir des recherches couvrant 83 localités réparties sur la Tunisie, l'Algérie et le Maroc. Les récoltes de Baha (1) effectuées dans la région de la Mitidja, une plaine côtière au sud d'Alger, ont révélé la présence de 11 espèces, dont *Allolobophora chlorotica* nouvellement découverte en Afrique du Nord, trois autres espèces non encore inventoriées en Algérie (*Octodrilus maghrebicus*, *Octodrilus kabylianus* et *Eisenia xylophila*), ainsi qu'une cinquième, *Proselodrilus doumandjii*, décrite comme nouvelle espèce par Baha et Berra (2). En République Démocratique du Congo, peu de résultats ont été obtenus lors des précédentes études concernant les communautés de vers de terre (24). Les travaux relatifs à la biodiversité des lombriciens restent insuffisants, à cause d'une part, de l'identification et de la classification de ces organismes qui demeurent difficiles par absence de clés d'identification des espèces présentes en Afrique, et d'autre part, la difficulté à étudier les vers de terre en raison de plusieurs contraintes liées à la nature des sols et à la complexité de ces organismes (12). Il nous a donc paru très intéressant d'étudier la diversité des communautés lombriciennes en intégrant les conditions pédoclimatiques. Le but de cette étude est donc de présenter un inventaire des communautés lombriciennes présentes dans différents biotopes de la RDCBL (Réserve et Domaine de Chasse de Bombo-Lumene) aux plateaux Batéké.

Matériel et méthodes

Sites d'étude

L'étude a été réalisée dans la RDCBL, dans une zone comprise entre 4°20' et 5°80' de latitude Sud et 15°50' et 16°20' de longitude Est à 600 m d'altitude aux plateaux Batéké localisés à 125 km du centre-ville de Kinshasa dans la commune de Maluku. Le climat de la région est tropical humide de type Aw₄ selon la classification de Köppen avec une saison sèche de quatre mois (juin à septembre), une saison pluvieuse (novembre à avril); mai et octobre constituant des mois de transition (31).

Les sols sont classifiés comme Rubique Ferralique Arénosol (Dystrique) selon le système de classification WRB (20), et comme Quartzipsamment Ustoxique Isohyperthermique suivant la taxonomie du sol (38).

En termes de climat, les précipitations annuelles varient entre 1.300 et 1.600 mm et la température moyenne annuelle est de 25,7 °C. La moyenne mensuelle la plus élevée (27,1 °C) se situe durant le mois d'avril; tandis que le mois d'août est le mois le plus frais avec une température moyenne de l'ordre de 23,2 °C (38).

La végétation est dominée par des savanes parsemées de quelques forêts et galeries forestières (21). Six biotopes (Figure 1) ont été étudiés: la forêt dense semi décidue, la galerie forestière, le recru forestier, la savane arborescente, la savane herbeuse et le sol sous culture. Le choix a été basé selon un gradient d'intensification des activités humaines afin de refléter tous les faciès du couvert végétal.

Méthodes d'échantillonnage

L'extraction des lombriciens a été effectuée selon la méthode décrite par Bouché (6) et adaptée par Cluzeau *et al.* (8) qui associe une méthode chimique et un tri manuel. Les lombriciens sont extraits en utilisant une solution de 25 ml de formaldéhyde à 36% diluée dans 10 l d'eau et épandue sur une surface de 1 m². A la suite de cette extraction, le sol est échantillonné par bêchage sur une profondeur de 20 cm. Cette méthode est bien adaptée aux milieux hétérogènes où la densité des lombriciens est supposée être différente et la taille de la surface de prélèvement suffisante pour intégrer à la fois la variabilité de distribution des lombriciens associée à cette hétérogénéité naturelle du milieu et leur faible densité. Les prélèvements ont été réalisés de janvier 2013 à décembre 2014, à raison d'une fois par trimestre. Quatre répétitions ont été réalisées sur chaque type de biotope étudié. Au total 24 parcelles ont été investiguées.

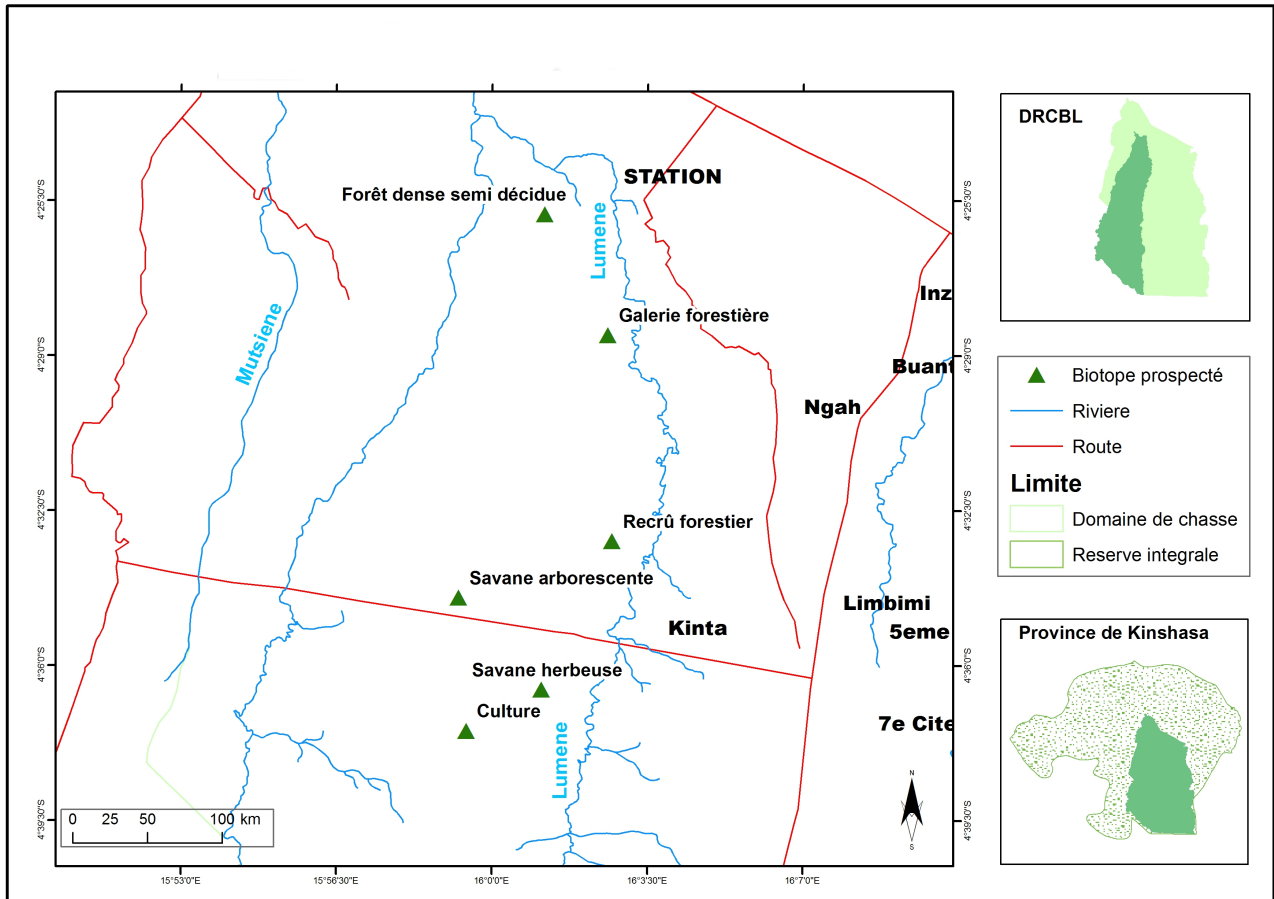


Figure 1: Répartition des biotopes étudiés dans la RDCBL.

Conservation et identification des lombriciens

Après chaque collecte, les lombriciens sont nettoyés puis mis dans des piluliers de 125 ml préalablement étiquetés contenant de l'alcool à 70° jusqu'à l'identification.

Les lombriciens ont été identifiés suivant les clés préconisées par Csuzdi (9), basées sur des caractéristiques morphologiques et anatomiques (la forme du *prostomium*, la forme du *clitellum*, la taille de l'individu, la couleur du corps, le nombre de pores mâles et femelles, le nombre de pores dorsaux ...). Cette identification a été réalisée à l'Unité d'Entomologie Fonctionnelle et Evolutive de Gembloux AgroBiotech, Université de Liège.

Evaluation de la diversité

La diversité a été évaluée en calculant les indices de diversité suivants:

- Indice de Shannon (37): L'indice de Shannon (H') renseigne sur la diversité des espèces de chaque biotope pris en considération. Si cette valeur est faible, le milieu est considéré comme pauvre en espèces. En revanche, si cet indice est élevé, il implique que le milieu est très peuplé en espèces ou favorable au développement des espèces. Il s'exprime par la formule I:

$$H' = -\sum ((N_i / N) * \log_2 (N_i / N)) \quad I$$

avec N_i : nombre d'individus d'une espèce donnée, i allant de 1 à S (nombre total d'espèces), N : nombre total d'individus.

La diversité maximale ($H'max$) se calcule en utilisant la formule II:

$$H'max = \log_2 S \quad II$$

S représente la richesse totale des espèces.

- Indice d'équitabilité: cet indice évalue l'équirépartition du peuplement. L'équirépartition est le rapport de la diversité observée à la diversité maximale. Elle est donnée par la formule III (5):

$$E = H' / H'max \quad III$$

Similarité

L'analyse de la similarité entre les biotopes est caractérisée par l'indice de Jacard qui permet de comparer deux à deux les peuplements des différents biotopes et d'évaluer la similarité ou la dissimilarité faunistique d'une communauté. Elle est calculée par la formule IV:

$$CJ = j / (a + b - j) \quad IV$$

a = la richesse dans le premier biotope, b = la richesse dans le deuxième biotope, j = espèce partagée.

Résultats et discussion

Distribution des lombriciens dans les biotopes

Au total, neuf cents quatre-vingt onze individus ont été collectés dans l'ensemble des biotopes en 2013 (Tableau 1). Les individus sont plus nombreux dans la forêt dense semi-décidue (39,4% des individus récoltés) puis dans la forêt galerie (25,7% des individus récoltés). Le sol sous culture présente les plus faibles effectifs de lombriciens (5,2% des individus récoltés). En 2014, mille cent quatre vingt quatorze individus ont été collectés. De même qu'en 2013, les individus sont plus nombreux dans la forêt dense semi-décidue (33,8% des individus récoltés) puis dans la forêt galerie (31,6% des individus récoltés) alors que le plus faible nombre d'individus récoltés a été obtenu dans le sol sous culture (3,5% des individus récoltés). Nous avons observé que les populations de lombriciens varient selon les types de biotopes, mais aussi selon les pratiques agricoles adoptées. Il est évident que l'importante densité lombricienne observée dans la forêt semi-décidue et dans la galerie forestière est due au fait que les écosystèmes forestiers naturels favorisent un meilleur développement des lombriciens que les écosystèmes savanicoles et anthropisés (10). La réduction des communautés lombriciennes sous l'effet de l'anthropisation est observée aussi bien en milieu tempéré qu'en milieu tropical (10, 15). Fragoso *et al.* (16) ont rapporté que la biodiversité des vers de terre est modifiée par la destruction du couvert végétal et les habitats naturels et leurs remplacements par les cultures et les agroécosystèmes; ce qui réduit l'abondance de certains groupes écologiques.

La richesse spécifique est plus importante dans la forêt dense semi décidue et dans la galerie forestière avec respectivement 6 et 7 espèces rencontrées. Le sol sous culture est associé à la plus faible richesse spécifique puisqu'uniquement 2 espèces ont été récoltées. Ce résultat indique que les lombriciens colonisent les biotopes où les conditions écologiques sont les plus favorables à leur survie. Les causes peuvent être multiples, d'une part, du fait que toutes les espèces ne s'adaptent pas de la même manière dans les différentes niches écologiques à cause des facteurs édaphiques comme par exemple la texture et l'humidité du sol; d'autre part à cause des agressions multiples des prédateurs et parasites des lombrics. En effet, dans la galerie forestière et dans la forêt dense semi décidue, les conditions sont très favorables au développement et à la dispersion des lombrics ce qui justifie leur diversité. Ce résultat corrobore également les conclusions de Fragoso *et al.* (17) selon lesquelles la savanisation s'accompagne souvent d'un appauvrissement de la macrofaune du sol, en particulier des vers de terre en réduisant leur richesse spécifique.

Comparant la similarité entre les biotopes (Tableau 2), on remarque que la savane herbeuse, la savane

arborescente et le sol sous culture sont les habitats les plus similaires. Ils présentent un indice de Jaccard égal à 0,67 et sont suivis de la forêt dense semi décidue et de la galerie forestière qui ont un indice de similarité égal à 0,63. Les autres biotopes sont les plus distants, présentant un indice de Jaccard relativement faible. Ces habitats accueilleraient une diversité relativement différente entre eux.

Diversité et abondance relative des lombriciens collectés

Dix espèces de lombriciens réparties au sein de deux familles (*Acanthodrilidae* et *Eudrilidae*) ont été récoltées en 2013 et 2014 (Tableau 3). L'espèce *Dichogaster congica* est celle qui présente les abondances les plus importantes en 2013 et 2014. Les abondances les plus faibles sont celles des espèces *Hyperiodrilus africanus* et *Dichogaster tenuiseta*, en 2013 et 2014 respectivement.

Les *Acanthodrilidés* (7) sont les plus importants. Cette famille est représentée par neuf espèces appartenant à l'ordre des *Haplotaxida*. Les espèces inventoriées sont les suivantes:

(i) *Benhamia itoliensis* (26) récoltée dans la galerie forestière et dans la savane herbeuse, elle est géophage et présente un *prostomium* prolobique. Elle a été observée dans le parc national de l'Upemba et est répandue dans toutes les provinces de la RDC, en Afrique centrale et en Afrique du Sud;

(ii) *Dichogaster wenkei* (29) récoltée dans la forêt dense semi décidue et dans la galerie forestière, cette espèce phytosaprophage présente un *prostomium* schizolobique. Elle est présente dans le parc national de l'Upemba ainsi que dans toutes les provinces de la RDC;

(iii) *Dichogaster tenuiseta* (30) récoltée dans la forêt dense semi décidue, elle est phytosaprophage avec un *prostomium* épilobique. Son aire de distribution est la même que celle de *D. wenkei*;

(iv) *Dichogaster navana* (30) récoltée dans la galerie forestière et dans le recrû forestier, cette espèce présente un *prostomium* schizolobique et est géophage. Elle a été observée jusqu'à présent uniquement en RDC;

(v) *Dichogaster savanicola* (28), a été trouvée dans le recrû forestier, dans la savane arborescente et herbeuse et dans les sols sous cultures. Cette espèce géophage est caractérisée par un *prostomium* prolobique. Elle est présente dans les savanes du parc national de l'Upemba et dans toutes les savanes de la RDC;

(vi) *Dichogaster silvestris* (27) récoltée dans la forêt dense semi décidue et dans la galerie forestière, cette espèce présentant un *prostomium* épilobique est géophage. Sa présence est attestée dans les provinces du Kivu et dans la province du Kongo Central. Sa distribution couvre toutes les provinces de la RDC;

Tableau 1
Répartition de la richesse spécifique des lombriciens selon les biotopes de collecte.

Biotope	2013				2014			
	Individu	Famille	Espèce	F (%)	Individu	Famille	Espèce	F (%)
FD	390	1	6	39,4	404	1	6	33,8
GF	255	1	7	25,7	377	1	7	31,6
RF	117	2	5	11,8	180	2	5	15,1
SA	99	2	3	10	118	2	3	9,9
SH	78	1	3	7,9	73	1	3	6,1
SSC	52	1	2	5,2	42	1	2	3,5
Totaux	991	-	-	100	1194	-	-	100

GF: galerie forestière, RF: recrû forestier, SA: savane arbustive, SH: savane herbeuse, SSC: sol sous culture

Tableau 2
Matrice de similarité (indice de Jaccard) appliquée aux taxons non rares entre les biotopes.

	FD	GF	RF	SA	SH	SSC
FD	1					
GF	0,63	1				
RF	0,25	0,38	1			
SA	0,13	0,11	0,17	1		
SH	0,13	0,25	0,17	0,5	1	
SSC	0,14	0,14	0,2	0,67	0,67	1

(FD: forêt dense semi décidue, GF: galerie forestière,

RF: recrû forestier, SA: savane arbustive, SH: savane herbeuse, SSC: sol sous culture).

Tableau 3
Diversité et abondance relative des lombriciens récoltés en 2013 et 2014.

Ordre	Famille	Espèce	2013	2014	Total	F (%)
Haplotaxida	Acanthodrilidae	<i>Benhamia itoliensis</i>	50	61	111	5
Haplotaxida	Acanthodrilidae	<i>Dichogaster wenkei</i>	120	131	251	11,4
Haplotaxida	Acanthodrilidae	<i>D. tenuiseta</i>	44	48	92	4,2
Haplotaxida	Acanthodrilidae	<i>D. navana</i>	61	111	172	8
Haplotaxida	Acanthodrilidae	<i>D. savanicola</i>	126	121	247	11,3
Haplotaxida	Acanthodrilidae	<i>D. silvestris</i>	137	147	284	13
Haplotaxida	Acanthodrilidae	<i>D. stuhlmanni</i>	93	141	234	10,7
Haplotaxida	Acanthodrilidae	<i>D. austeni</i>	126	140	266	12,2
Haplotaxida	Acanthodrilidae	<i>D. congica</i>	197	240	437	20
Haplotaxida	Eudrilidae	<i>Hyperiodrilus africanus</i>	37	54	91	4,2
Totaux	2	10	991	1194	2185	100

(vii) *Dichogaster stuhlmanni* (25) récoltée dans la forêt dense semi décidue, dans la galerie forestière et dans le recrû forestier. Cette espèce à *prostomium* épilobique est géophage. Elle est présente dans les forêts du parc national de l'Upemba et est rencontrée dans la plupart des provinces de la RDC;

(viii) *Dichogaster austeni* (4) récoltée dans la forêt dense semi décidue, dans la galerie forestière et dans le recrû forestier, cette espèce présentant un *prostomium* épilobique est phytosaprophage. Elle est présente dans la province du Sud Kivu en RDC. Elle est aussi rencontrée dans toutes les autres provinces de la RDC;

(ix) *Dichogaster congica* (19) récoltée dans la forêt dense semi décidue, dans la galerie forestière, dans la savane arborescente et herbeuse ainsi que dans le sol sous cultures. Cette espèce présentant un *prostomium* prololobique est géophage. Elle est largement répandue dans les sols de toutes les provinces de la RDC.

Les Eudrilidés sont représentés par une seule espèce *Hyperiodrilus africanus* (3) récoltée dans le recrû forestier et dans la savane arborescente, cette espèce à *prostomium* prololobique est géophage. Décrite en Côte d'Ivoire et rencontrée en RDC, elle serait spécifique de l'Afrique tropicale (32). Des résultats similaires ont été notés dans le Constantinois algérien par Ouahrani (34) et au sud de la ville d'Alger par Baha (1) qui ont tous les deux répertoriés onze espèces lombriciennes.

En revanche, la richesse spécifique et la diversité de ces lombriciens sont faibles et différentes de celles trouvées par Razafindrakoto (35) à Madagascar qui a inventorié trente-trois espèces dont treize endémiques et vingt exotiques. Cette différence pourrait s'expliquer par la qualité des biotopes et les

différents types de sols. En effet, nous avons travaillé dans des biotopes naturels et anthropisés sur des sols sableux pouvant influencer fortement la diversité et la densité lombricienne.

Par contre, les études citées ci-dessus ont été réalisées uniquement dans des biotopes naturels non anthropisés et sur des sols argileux qui constituent un microclimat favorable au développement de plusieurs espèces lombriciennes.

A cela s'ajoutent les conditions climatiques pouvant varier d'une région à une autre.

Indices de diversité

L'indice de diversité de Shannon-Weaver est égal 2,18 pour les espèces collectées en 2013 contre 2,22 pour celles collectées en 2014 (Figure 2). Ce faible indice de diversité serait dû au déséquilibre de la structure taxonomique de la communauté causé par les perturbations anthropiques.

La diversité taxonomique est plus importante en 2014 qu'en 2013. Un tel résultat suggère que l'arrêt des perturbations anthropiques permet une recolonisation des biotopes par des espèces très sensibles à ces pressions comme l'ont souligné les travaux de Schwert (36), d'Edwards et Bohlen (14), et de Milau *et al.* (31) car les lombriciens répondent très rapidement à cet arrêt de pressions anthropiques.

Les équivalences sont similaires lors des deux années d'étude. Elles s'expliquent notamment par la présence majoritaire des mêmes espèces, les unes sont inféodées aux biotopes forestiers et les autres aux biotopes savaniques et anthropisés. Ce qui suggère une faible sensibilité aux contraintes environnementales.

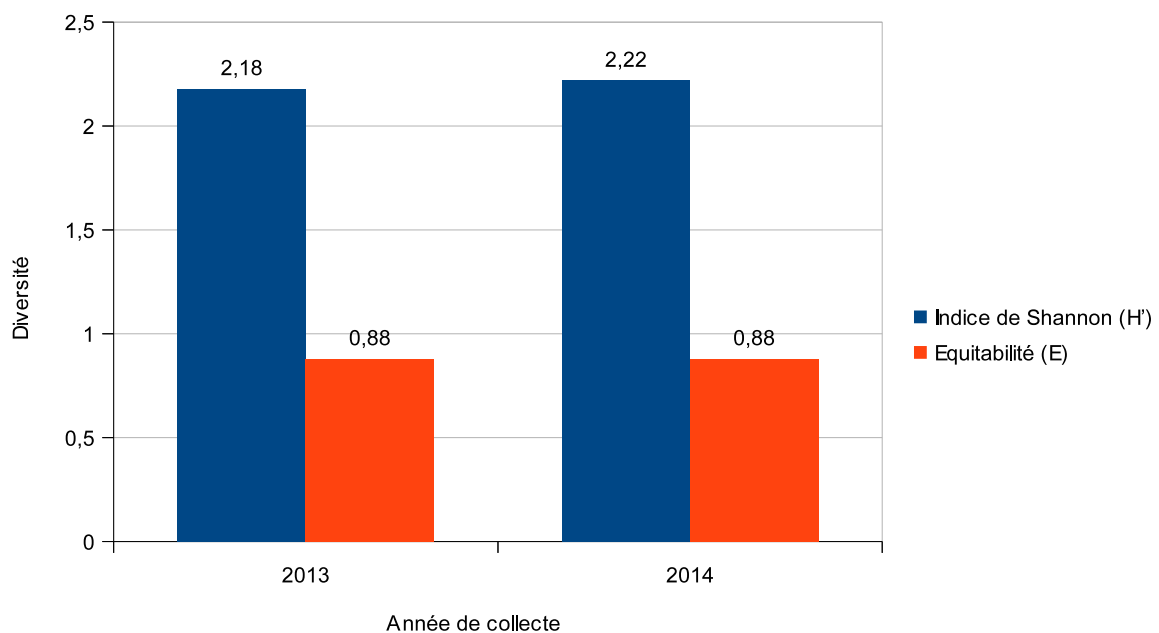


Figure 2: Indices de diversité.

Conclusions

Cette étude préliminaire a permis de dénombrer 2.185 lombrics dont 991 en 2013 et 1.194 en 2014. Les individus ont été récoltés en nombre plus important dans la forêt dense semi décidue (794 individus soit 36,3% de la totalité des individus récoltés) puis dans la galerie forestière (632 individus soit 29% de la totalité des individus récoltés). Le nombre d'individus récoltés dans les autres biotopes échantillonnés demeure faible. La famille des Acanthodrilidés est la mieux représentée avec 9 espèces soit 90% du total des taxons échantillonnés.

Au sein des Acanthodrilidés, c'est l'espèce *Dichogaster congica* qui a été récoltée en plus grand nombre (437 individus soit 20% de la totalité des individus récoltés). Cette étude a permis d'établir la première liste de la biodiversité lombricienne présente dans la RDCBL. Cet inventaire de base pourra ainsi servir de référence aux études complémentaires qui seront effectuées par la suite afin d'étudier l'évolution de la biodiversité des lombrics de toute la région avec l'utilisation d'autres méthodes et techniques d'échantillonnages.

Références bibliographiques

- Baha M., 1997, The earthworm fauna of Mitidja, Algeria, *Tropical Zool.* **10**, 247-254.
- Baha M. & Berra S., 2001, *Proselodrilus doumandjii* n.sp., a new lumbricid from Algeria, *Tropical Zool.* **14**, 87-93.
- Beddard F.E., 1891, The classification and distribution of earthworms, *Proc. R. Phys. Soc.*, **10**, 235-290.
- Beddard F.E., 1901, On some species of earthworms of the genus *Benhamia* from tropical Africa, *Proc. Zool. Soc. London*, **2**, 190-206.
- Blondel J. & Bourlière F., 1979, *Biogéographie et écologie: synthèse sur la structure, la dynamique et l'évolution des peuplements de vertébrés terrestres*. Masson, Paris, 173 p.
- Bouché M.B., 1972, Lombriciens de France. Ecologie et Systématique. I.N.R.A. *Annales de Zoologie Ecologie Animale*, Paris, 671p.
- Claus C.F.E., 1880, *Grundzüge der Zoologie 4th edn. Marburg*, El wert Press. 821 pp.
- Cluzeau D., Cannavacciuolo M. & Péres G., 1999, *Indicateurs microbiologiques des sols: les lombriciens – Méthode d'échantillonnage dans les agrosystèmes en zone tempérée*. In Euroviti 99, 12^{ème} Colloque Viticole et Œnologique Nov 99, Montpellier (Eds. ITV France, Paris, pp. 25-38.
- Csuzdi C., 2010, *A monograph of the Paleotropical Benhamiinae Earthworms* (Annelida: Oligochaeta, Acanthodrilidae). *Pedozoologica Hungarica*, 348p.
- Decaëns T., 1999, *Rôle fonctionnel et réponses aux pratiques agricoles des vers de terre et autres ingénieurs écologiques dans les savanes colombiennes*. Thèse de Doctorat, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI, 412p.
- Decaëns T., Mariani L. & Lavelle P., 1999, Soil surface macrofaunal communities associated with earthworm casts in grasslands of the Eastern Plains of Colombia, *Appl. Soil Ecol.*, **13**, 87-100.
- Decaëns T., 2010, Macroecological patterns in soil communities, *Global Ecol. Biogeogr.*, **19**, 3, 287-302.
- Didden W.A.M., 2003, *Oligochaeta*. In: B.A. Markert, A.M. Breure, H.G. Zechmeister, *Bioindicators and Biomonitors: Principles, concepts and applications*. Elsevier, pp. 555-576.
- Edwards C.A. & Bohlen P.J., 1996, *Biology and Ecology of earthworms* (3rd edition). Chapman & Hall, Inc., London, 426p.
- Edwards C.A. & Lofty J.R., 1977, *Biology of earthworms*. (2e edition). Chapman & Hall, Inc., London, 333p.
- Fragoso C., Brown G.G., Patron J.C., Blanchart E., Lavelle P., Pashanasi B., Senapati B. & Kumar T., 1997, Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms, *Appl. Soil Ecol.*, **6**, 3-16.
- Fragoso C., Lavelle P., Blanchart E., Senapati B., Jiménez J. J., De Los Angeles M., Decaëns T. & Tondoh J., 1999, *Earthworm Communities of Tropical Agroecosystems: Origin, Structure and Influence of Management Practices*. Wallingford: CABI, p.27-55
- Guénola P., 2003, *Identification et quantification in situ des interactions entre la diversité lombricienne et la macrobioporesité dans le contexte polyculture breton. Influence sur le fonctionnement hydrique du sol*, *Ecologie, Environnement*. Université Rennes, 1. 266p.
- Horst R., 1894, On an earthworm from the Upper-Congo *Benhamia congica* n.sp. - *Tijdschrift der Nederlandsche Dierkundige Vereeniging*. **4**, 68-70.
- IUSS Working Group WRB., 2006, *World reference base for soil resources 2006*. 2nd edn. World Soil Resources Report No. 103. FAO, Rome. 217pp.
- Ladmirant H., 1964, *Carte géologique à l'échelle du 1/200 000. Notice explicative de la feuille Léopoldville*. Service Géologique du Congo Léopoldville. 40p.
- Lavelle P., 1983, *The structure of earthworm communities*. In Satchell, J. E.,(eds). *Earthworm Ecology: from Darwin to Vermiculture*. Chapman & Hall, Inc., London, p. 449-466.
- Lavelle P., Bignell D., Lepage M., Wolters V., Roger P., Ineson P., Heal O.W. & Dhillion S., 1997, Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers, *Eur. J. Soil Biol.*, **33**, 4, 159-193.
- Lessedjina K., 1970, *Facteurs limitant la densité et l'activité d'Hyperodrilus africanus, Beddard 1891 (Oligochète, Opisthopore. Eudrilidae) sous pelouse de paspalum*. Mémoire, Université Nationale du Zaïre. 149p.
- Michaelsen W., 1890, Beschreibung der von Herrn Dr F. Stuhlmann im Müdungsgebiet des Sambesi gesammelten Terricolen, *Mitteilungen aus Museum Hamburg*, **7**, 1- 30.
- Michaelsen W., 1892, Beschreibung der von Herrn Dr F. Stuhlmann am Victoria Nyanzagesammelten Terricolen, *Mitteilungen aus Museum Hamburg*, **92**, 3-14.

27. Michaelsen W., 1896, Die Regenwürmer Ost- Afrikas. *Die Tierwelt der Deutsch.-Ost-Afrika Berlin*, **4**, 1-48.
28. Michaelsen W., 1915, Zentralafrikanische Oligochäten, *Erg. Zweiten Deutschen Zentral-Afrika, Exp.*, 1910-1911, **1**, 185-317.
29. Michaelsen W., 1931, Ausländische pithopore Oligochäten. *Zoologische Jahrbucher, Abteilung fur Systematik, Okologie Geogr. der Tiere*, **61**, 523-578.
30. Michaelsen W., 1936, Oligochäten von Belgisch- Kongo II. *Rev. Zool. Bot. Afr.*, **28**, 213-226.
31. Milau E.F., Kachaka S., Aloni K., Mvumbi M. & Francis F., 2015, Incidence de la déforestation sur les catégories écologiques des vers de terre dans le domaine et Reserve de Chasse de Bombo-Lumene (Kinshasa), *Tropicultura*, **33**, 3, 209-217.
32. Omodeo P., 1954, Eudrilinae e octochaetinae della Costa d'ovorio (Oligochaeta) *Mem. Mus. Civ. St. Nat. Verona*, **5**, 213-229.
33. Omodeo P. & Martinucci G.B., 1987. *Earthworms of Maghreb. On earthworms*. In: A.M. Bonvicini Paglia I. & P. Omodeo (eds), *Selected Symposia and Monographs U.Z.I.*, **2**, Mucchi, Modena, 235-250.
34. Ouahrani G., 2003, *Lombrotechniques appliquées aux évaluations et aux solutions environnementales*. Thèse de doctorat d'État. Université Mentouri, 230 p.
35. Razafindrakoto M., 2012, *Etude des Annélides Oligochètes de Madagascar: Taxonomie, Distribution et Ecologie*. Thèse de Doctorat, Université d'Antananarivo, Madagascar, 174 p.
36. Schwert D.P., 1990, *Oligochaeta: Lumbricidae*. In: *Dindal, D.L (Ed.) Soil Biology Guide*. John Wiley & Sons, New York, p. 341-356.
37. Shannon C.E., 1948, «A Mathematical Theory of Communication». In: *The Bell Syst. Tech. J.*, **27**, 4, 623-656.
38. Soil Survey Staff., 2006, *Keys to soil Taxonomy*, 10th edition. Soil Conservation Service, USDA. Washington D.C. 331p.

F. Milau, Congolais (RDC), PhD, Professeur, 'université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire de Gestion des Ressources Naturelles, Kinshasa, R.D. Congo .

A. Lemtiri, Français, PhD, Assistant de recherche, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive, Gembloux, Belgique.

M. Mungyeko, Congolais (RDC), Doctorant, Chef des travaux, Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Laboratoire de Géomorphologie et pédologie, Kinshasa, R.D. Congo.

J. Aloni, Congolais (RDC), PhD, Professeur, Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Laboratoire de Géomorphologie et pédologie, Kinshasa, R.D. Congo.

F. Francis, Belge, PhD, Professeur, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive, Gembloux, Belgique.