

## Incidence de la déforestation sur les catégories écologiques des vers de terre dans le domaine et Réserve de Chasse de Bombo-Lumene (Kinshasa)

F. Milau Empwal<sup>1\*</sup>, C. Kachaka Sudi<sup>1</sup>, J. Aloni Komanda<sup>2</sup>, N. Mvumbi Madidila<sup>3</sup> & F. Francis<sup>4</sup>

**Keywords:** Earthworms- Ecological categories- Deforestation- Degradation- Environment- DRC

### Résumé

*Les vers de terre améliorent la productivité des sols et contribuent au fonctionnement durable de tous les écosystèmes où on les retrouve. L'effet de différents niveaux de dégradation du couvert forestier sur l'abondance et la diversité spécifique des populations de lombrics a été évalué au niveau du domaine et réserve de chasse de Bombo-Lumene. Les résultats obtenus mettent en évidence une diminution de la biomasse moyenne de toutes les catégories écologiques de vers de terre avec l'augmentation de la dégradation du couvert forestier. Cette dégradation s'accompagne également d'une diminution de la fréquence relative des vers épigés dans les populations de lombrics des sites investigués. Les relations entre la faune de lombriciens et la fertilité des sols sont discutées notamment dans la perspective de mise en place de systèmes de production agro-forestiers.*

### Summary

#### Impact of deforestation on ecological categories of earthworms in the "Domaine et Réserve de Chasse" of Bombo-lumene (Kinshasa)

*Earthworms improve soil productivity and contribute to sustainable functioning of all ecosystems where they can be found. The effect of different levels of degradation of the forest cover on the abundance and species diversity of earthworm populations was evaluated in the "domaine et réserve de chasse" of Bombo-Lumene. The results show a decrease in the average biomass of all ecological categories of earthworms with increasing degradation of forest cover. This degradation is also accompanied by a decrease of the relative frequency of epigeic earthworm populations of the investigated sites. Relations between earthworm fauna and soil fertility are discussed, particularly in the perspective of development of agroforestry systems.*

### Introduction

A part les toundras et les déserts, les écosystèmes terrestres sont peuplés de nombreux lombriciens. Ils jouent un rôle prépondérant dans le maintien de la qualité des sols et dans la transformation des matières organiques (4). La densité et la biomasse lombriciennes dépendent essentiellement de la structure végétale, du climat et du sol (13). Les vers de terre sont, sous les climats tempérés et tropicaux, considérés comme les ingénieurs de l'écosystème sol (12). Bouché (1) a proposé de les

classer en trois catégories écologiques basées sur des critères morphologiques (pigmentation, taille), comportementaux (alimentation, construction de galeries, mobilité) et écologiques (longévité, temps de génération, prédation, survie à la sécheresse). En raison de leur biologie, les populations de vers de terre peuvent renseigner sur l'état de la structure du sol, les conditions microclimatiques, la situation nutritionnelle et les éléments toxiques présents dans les sols (5). Pour ces raisons, les lombriciens sont devenus des bio-indicateurs pour l'étude de l'impact écologique potentiel de contaminants, provenant d'activités anthropiques.

<sup>1</sup>Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire de Gestion des Ressources Naturelles, Kinshasa, R.D. Congo

<sup>2</sup>Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Laboratoire de Géomorphologie et pédologie, Kinshasa, R.D. Congo.

<sup>3</sup>Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Economiques, Unité de Statistique et Mathématique appliquée, Kinshasa, R.D. Congo.

<sup>4</sup>Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive, Gembloux, Belgique.

\*Auteur correspondant: Email: filsmilau@gmail.com

Reçu le 24.07.14 et accepté pour publication le 7.10.14

Par ailleurs, les caractéristiques du sol peuvent être modifiées de manière significative par les activités humaines comme la pratique de cultures intensives mécanisées. Dans la Réserve et Domaine de Chasse de Bombo-Lumene (DRCBL), la déforestation et la dégradation perpétrées par l'homme sur les écosystèmes forestiers au profit d'une agriculture de survie prennent des allures inquiétantes. Quelles qu'en soient ses modalités, l'agriculture succédant à la forêt vise invariablement à transformer le milieu. Il est établi que les modifications des écosystèmes par l'homme (déforestation et dégradation) peuvent influencer sur le niveau des populations de vers de terre et leur diversité spécifique. Du fait de la sensibilité des lombriciens face aux changements des conditions de l'environnement, une réduction de leur diversité, de leur densité ainsi que de leur biomasse est souvent observée en milieu cultivé (17).

Les études réalisées jusque là dans le DRCBL ont mis l'accent sur les modalités et les moteurs de la déforestation tandis que l'impact de la transformation de la forêt sur les propriétés physico-chimiques du sol a été peu investigué. L'action de la déforestation sur la population lombricienne reste encore très largement méconnue, bien que celle-ci fasse certainement partie des agents majeurs de la récupération du sol. La présente étude poursuit l'objectif d'évaluer l'incidence de la dégradation forestière sur les catégories écologiques des vers de terre.

## Matériel et méthodes

### Site étudié

Situé à 125 km du centre ville de Kinshasa dans la commune de Maluku, l'aire protégée dénommée «Domaine et Réserve de Chasse de Bombo-Lumene» s'étend sur 300.000 hectares. La localisation de cette aire protégée est présentée à la Figure 1. Les rivières Lufimi et Bombo forment respectivement les limites Est et Ouest du domaine. La frontière Sud se trouve au niveau du village Kasangulu, dans la province du Bas-Congo et au Nord, la route nationale numéro 2 marque la fin du domaine.

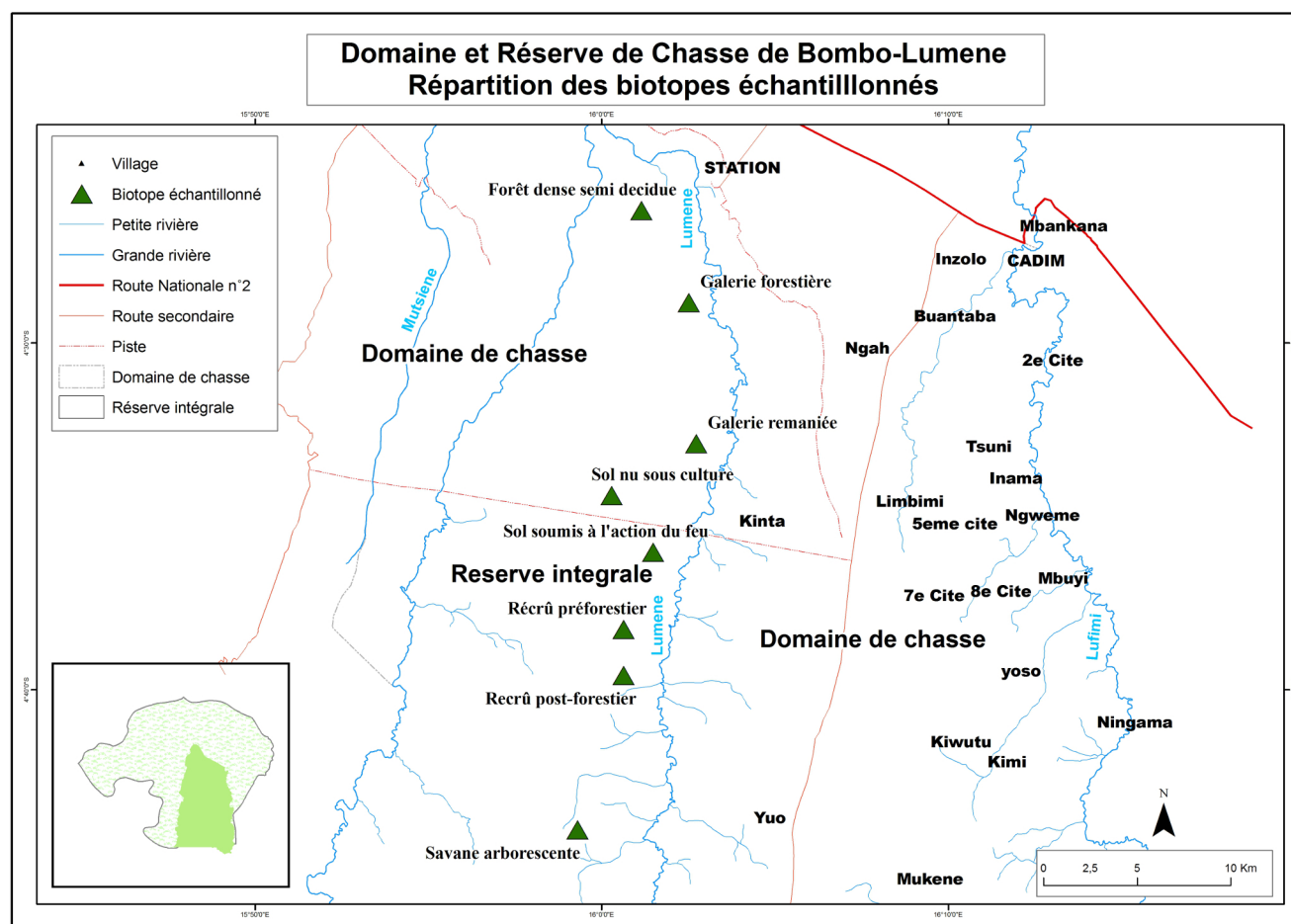
Le domaine est compris entre 4°20' et 5°80' de latitude Sud et 15°50' et 16°20' de longitude Est et son altitude moyenne est de 600 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Statutairement Bombo-Lumene inclut deux types d'aires protégées: une réserve intégrale et un domaine de chasse créés respectivement en 1976 et en 1968. Dans la première, toute action sur l'écosystème est normalement interdite (chasse, pêche, cueillette, habitat, etc.).

Au sein du domaine de chasse, par contre, l'exploitation des ressources est autorisée, pour peu qu'elles soient respectueuses de l'environnement, la chasse, la pêche, la cueillette et l'agriculture non mécanisée sont permises tant qu'elles ne sont pas menées de façon intensive. Le but est évidemment de permettre à la faune et à la flore de mieux se régénérer.

Le domaine de chasse constitue une source d'aliments, pour les habitants. Il a également pour fonction de former une zone tampon protectrice de la réserve intégrale.

La flore dominante est une savane arbustive entrecoupée de galeries forestières étroites occupant les berges des cours d'eau et les flancs des vallées. On y trouve une couverture sableuse du type Kalahari. La perméabilité du sous-sol sableux permet à la zone d'être bien drainée. Les sols sont acides. Selon la classification de Köppen, le climat est du type Aw<sub>4</sub>. Il s'agit d'un climat tropical humide caractérisé par deux saisons: sèche et humide de respectivement quatre et huit mois (9). Jadis, cette aire protégée abritait plusieurs espèces d'animaux sauvages dont certaines ont aujourd'hui disparu, tandis que d'autres sont en voie de disparition. Il subsiste néanmoins quelques babouins, hippopotames, buffles, rongeurs et divers oiseaux. Les écosystèmes de Bombo-Lumene procurent aux communautés locales des aliments, des médicaments et des matériaux (construction, artisanat, etc.) et ils permettent également l'expression de valeurs humaines, culturelles et spirituelles fondamentales. (19).



**Figure 1:** Localisation du Domaine et Réserve de chasse de Bombo-lumene et répartition des environnements explorés.

## Expérimentations

Les échantillons de vers de terre ont été prélevés dans des parcelles caractéristiques de huit types d'occupation du sol: (a) la forêt dense semi décidue, (b) la galerie forestière, (c) la galerie forestière remaniée, (d) le recrû pré-forestier, (e) le recrû post-forestier, (f) la savane arborescente, (g) les sols nus ou sous culture, et (h) les sols soumis à l'action du feu (site de production de charbon de bois ou ayant subi le passage d'un feu de brousse). Les prélèvements ont été réalisés de janvier à décembre 2012, à raison d'une fois par trimestre par la méthode de l'extraction au formol appliquée sur une surface de 1 m<sup>2</sup>. Cette méthode est bien adaptée aux milieux hétérogènes où les densités des lombriciens sont supposées être différentes et la taille de la surface du prélèvement suffisante pour intégrer à la fois la variabilité de distribution des lombriciens associée à cette hétérogénéité naturelle

du milieu et leur faible densité. Elle a été complétée par un tri manuel appliqué sur un volume de 0,02 m<sup>3</sup> de sol (0,10 m<sup>2</sup> x 0,2 m de profondeur). Trois répétitions ont été réalisées sur chaque type d'environnement étudié. Au total 24 parcelles ont été investiguées. Les lombriciens récoltés étaient placés dans des piluliers préalablement étiquetés contenant une solution d'alcool à 70°.

Au laboratoire, les échantillons de lombriciens ont été déterminés suivant une clé mise au point par Bouché (1) et la méthode RBA (Rapid Biodiversity Assessment) basée sur une détermination taxonomique simplifiée suivie d'une différenciation visuelle des individus (15). La méthode consiste à identifier les individus jusqu'à l'ordre; les niveaux taxonomiques inférieurs (famille, genre, espèce) ne sont pas pris en compte. Au sein de chaque ordre, les individus sont analysés selon trois critères de détermination: leur couleur, leur taille et leur morphologie.

Ils sont ainsi classés en différents groupes appelés morphotypes. Dans le cadre de cette étude, les individus ont été regroupés selon leurs catégories écologiques à savoir: les épigés, les endogés et les anéciques.

Les analyses statistiques ont été effectuées sur les catégories écologiques des lombriciens et les différentes occupations du sol.

La diversité des catégories de vers de terre a été déterminée pour chaque environnement (type d'occupation du sol) par l'indice de diversité de Shannon-Wiener (Formule I):

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad \text{I}$$

où  $p_i$  est la proportion d'une espèce  $i$  par rapport au nombre total d'espèces dans le milieu d'étude, qui se calcule avec la formule II:

$$p_i = n_i / N \quad \text{II}$$

où  $n_i$  est le nombre d'individus pour l'espèce  $i$  et  $N$  est l'effectif total.

L'indice d'équitabilité de Pielou révèle la répartition des individus au sein des espèces, il a été calculé par la formule III:

$$J' = H' / H'_{\max} \quad \text{III}$$

$H'$  = indice de Shannon-Wiener

Des tests statistiques paramétriques et non paramétriques ont donc été choisis pour analyser les données. Le test de  $\chi^2$  (univarié et bivarié) et l'étude de corrélation de Bravais Pearson ont été réalisés afin d'évaluer respectivement l'existence d'une relation ; l'homogénéité des échantillons et la distribution de la densité des lombriciens à l'intérieur de chaque habitat ainsi que l'intensité de la relation. Les tests de corrélations ont été réalisés au seuil de probabilité de 5%.

## Résultats

### Abondances des communautés lombriciennes

Au total, 3.196 individus ont été capturés sur l'ensemble des 24 postes de prélèvement (Figure 2). Les valeurs d'abondance totale par type d'environnement suivent un gradient descendant en fonction du niveau de dégradation du couvert forestier. C'est-à-dire depuis la Forêt dense semi-décidue (889 individus) jusqu'aux sols soumis à l'action du feu (94 individus)

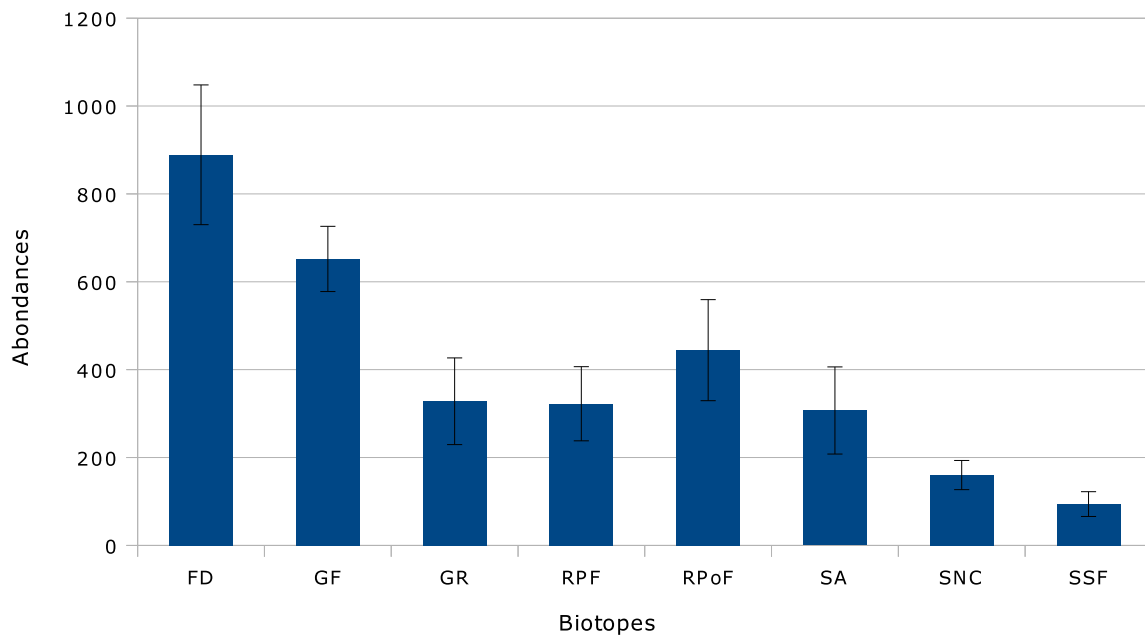
### Influence de l'environnement sur l'abondance des catégories écologiques des lombriciens

Les lombriciens capturés dans les différents environnements ont été regroupés en trois catégories écologiques (Figure 3). Les vers endogés y sont incontestablement les plus nombreux. L'importance relative des deux autres catégories écologiques varie selon le niveau de dégradation du milieu. La proportion de vers épigés est supérieure à celle des vers anéciques dans les trois environnements où le couvert forestier est le moins dégradé; c'est-à-dire au niveau de la forêt dense semi-décidue, des galeries forestières et des galeries remaniées. Dans tous les autres environnements, les vers anéciques sont plus nombreux que les épigés.

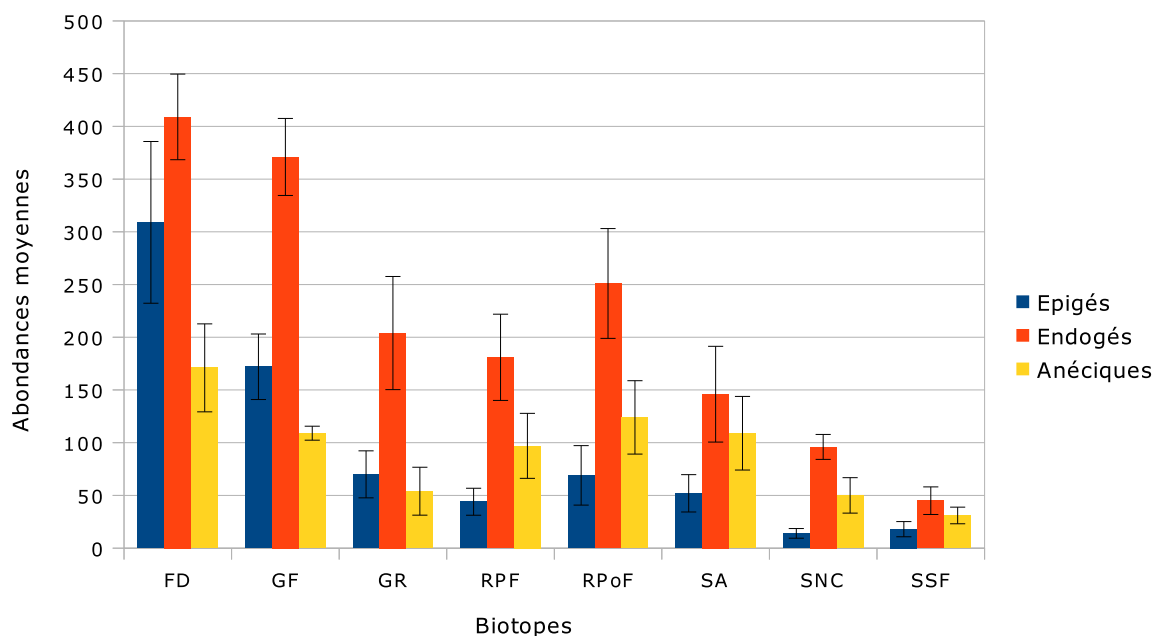
### Evaluation de l'hétérogénéité, de l'équitabilité inter-habitat et du lien entre les différentes catégories écologiques

L'indice d'équitabilité de Pielou permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces indépendamment de la richesse spécifique. Une valeur s'approchant de 0 a été obtenue et traduit la dominance d'une catégorie par rapport aux autres en l'occurrence, les endogés. L'indice de Shannon, confirme ces différences significatives entre les habitats ciblés.

Les résultats repris au tableau 1 montrent qu'il existe une corrélation positive élevée et très hautement significative entre les abondances de chaque catégorie écologique de vers pour l'ensemble des environnements investigués.



**Figure 2:** Abondances des communautés lombriciennes de chaque environnement (FD= Forêt dense semi-décidue, GF= Galerie forestière, GR= Galerie remaniée, RPF= Recrû pré-forestier, RPoF= Recrû post-forestier, SA= Savane arborescente, SNC= sol nu ou sous culture, SSF= sol soumis à l'action du feu).



**Figure 3:** Abondances des individus observés dans chaque environnement classés selon leur catégorie écologique (FD= Forêt dense semi-décidue, GF= Galerie forestière, GR= Galerie remaniée, RPF= Recrû pré-forestier, RPoF= Recrû post-forestier, SA= Savane arborescente, SNC= sol nu ou sous culture, SSF = sol soumis à l'action du feu).

**Tableau 1**

Matrice des coefficients de corrélation de Pearson calculés entre les trois catégories écologiques de vers de terre pour l'ensemble des huit environnements investigués.

|           | Epigés   | Endogés  | Anéciques |
|-----------|----------|----------|-----------|
| Epigés    | 1        |          |           |
| Endogés   | 0,906*** | 1        |           |
| Anéciques | 0,792**  | 0,824*** | 1         |

N = 3, \*\*\* = significatif au seuil de probabilité  $P < 0,001$ , \*\* = Significatif au seuil de probabilité  $P < 0,01$

**Tableau 2**

Matrice des coefficients de corrélation de Pearson calculés entre les différents environnements pour l'ensemble des vers observés dans chacun d'entre eux.

|      |         | FD    | GF     | GR    | RPF    | RPoF   | SA     | SNC    | SSF |
|------|---------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-----|
| FD   | Pearson | 1     |        |       |        |        |        |        |     |
| GF   | Pearson | 0,928 | 1      |       |        |        |        |        |     |
| GR   | Pearson | 0,869 | 0,991* | 1     |        |        |        |        |     |
| RPF  | Pearson | 0,533 | 0,81   | 0,882 | 1      |        |        |        |     |
| RPoF | Pearson | 0,61  | 0,862  | 0,922 | 0,996  | 1      |        |        |     |
| SA   | Pearson | 0,305 | 0,638  | 0,736 | 0,968  | 0,94   | 1      |        |     |
| SNC  | Pearson | 0,481 | 0,774  | 0,852 | 0,998* | 0,988* | 0,982  | 1      |     |
| SSF  | Pearson | 0,438 | 0,742  | 0,826 | 0,994* | 0,976  | 0,990* | 0,999* | 1   |

N = 8, \* = significatif au seuil de probabilité  $P < 0,05$ .

FD= Forêt dense semi-décidue, GF = Galerie forestière, GR= Galerie remaniée, RPF= Recrû pré-forestier, RPoF= Recrû post-forestier, SA= Savane arborescente, SNC= sol nu ou sous culture, SSF= sol soumis à l'action du feu

Ce qui signifie que plus un environnement est favorable à l'abondance d'une catégorie écologique de vers de terre, plus il l'est également pour les deux autres.

Tous les coefficients de corrélation calculés entre les environnements pour les populations totales de vers observées dans ceux-ci sont positifs (Tableau 2). Ils varient entre 0,305 et 0,999. Cependant, seulement sept d'entre eux sont significatifs. Il s'agit principalement des corrélations existant entre les populations totales de vers de terre observées dans les environnements les plus dégradés.

## Discussion

L'étude démontre qu'il existe un lien entre les effectifs totaux des populations de lombriciens et les environnements étudiés. Il en va de même pour l'importance relative des catégories écologiques dans chaque environnement. Cette relation semble être principalement fonction du degré de dégradation du milieu.

Tous les environnements sont dominés par les endogés, signe de la grande importance de ce type de vers pour le fonctionnement de l'écosystème édaphique et de leur moins grande sensibilité que les deux autres catégories écologiques à la dégradation du milieu. La forêt dense semi-décidue connaît de faibles fluctuations des conditions micro climatiques. L'humidité relative du sol y est élevée surtout pendant la nuit. Les précipitations n'interviennent que pour une faible part dans le maintien de cette humidité car les couronnes des arbres interceptent une bonne partie de la pluie. C'est surtout la réduction de l'évapotranspiration, liée en partie à la diminution de la vitesse du vent qui explique la préservation de ce haut niveau d'humidité (3) très favorable au développement des lombriciens. La prédominance des épigés par rapport aux anéciques dans ce milieu est attribuée non seulement au maintien de l'humidité, même dans les tout premiers centimètres du sol, mais aussi à l'abondance et à la qualité de la matière organique qui s'y trouve.

En effet, la forêt dense semi-décidue alimente l'horizon humifère en matière organique dont se nourrissent les épigés.

La présence de plages de sols non protégées par le couvert des arbres dans les galeries forestières se traduit par une forte pénétration des rayons du soleil lesquels réduisent l'humidité et augmentent la température du sol.

Dans les galeries remaniées, les fréquentes interventions humaines limitent le développement de l'ensemble des catégories écologiques de vers de terre, influençant principalement les espèces épigées.

Celles-ci soumises directement au changement des conditions physiques du milieu liées à une plus grande exposition du sol à l'ensoleillement et au piétinement qui induisent son compactage avec pour conséquence une baisse de sa perméabilité et de l'infiltration de l'eau. L'importance de la prédation exercée sur les vers de terre tend également à augmenter avec l'importance des interventions humaines.

Le recrû pré-forestier se caractérise par la présence d'essences de forêts secondaires à croissance très rapide comme *Musanga cecropioides*, *Dracaena mannii*, *Oncoba welwitschii*, *Trema orientalis*, *Pentaclethra eetveldiana*, *Pentaclethra macrophylla*, *Albizia adianthifolia*, *Alchornea cordifolia*, *Allophylus africanus*, *Markhamia tomentosa*, *Vernonia conferta* et *Strychnos variabilis* dont les canopées réduisent les radiations directes au sol et l'enrichissent en matière organique.

La prédominance des anéciques par rapport aux épigés dans cet environnement et dans tous ceux qui y sont apparentés, s'explique du fait que les galeries profondes qu'ils creusent leur permettent d'échapper à la prédation des oiseaux, des cochons et des arthropodes. En outre, les galeries conservent une bonne humidité permettant ainsi le maintien et le développement de ces derniers même lors du dessèchement du sol.

A l'inverse, le recrû post-forestier présente une densité de vers de terre légèrement plus importante que le recrû pré-forestier. Les débris résiduels de la déforestation offrent autant de nutriments à la macrofaune, mais la colonisation de l'environnement par le *Chromoleana odorata*,

l'*Hymenocardia acida* et *Hymenocardia ulmoides* acidifie le sol et en modifie les propriétés. Le changement de structure de la végétation modifie également les conditions microclimatiques en surface (18), en particulier en asséchant l'air et en augmentant les amplitudes thermiques. Les études antérieures de la macrofaune du sol en Amazonie avaient déjà montré combien la coupe de la forêt pouvait affecter la densité de la macrofaune du sol (7, 11), mais peu d'études avaient jusqu'ici quantifié la perte en espèces engendrée. Dans la savane arborescente, la végétation est majoritairement herbacée. La faible quantité en nutriments et en matière organique ne permet pas le bon développement des lombriciens, car la savanisation s'accompagne souvent d'un appauvrissement de la macrofaune du sol, en particulier des vers de terre (7). Les mêmes mécanismes que ceux cités précédemment, vis-à-vis des conditions microclimatiques, peuvent être également être évoqués dans ce contexte. La biomasse lombricienne dans les sols nus ou sous culture est faible, tout particulièrement pour les épigés. Ceci corrobore le fait que les pratiques agricoles limitent le développement de l'ensemble des catégories écologiques, influençant principalement les espèces épigées qui peuvent totalement disparaître. Les espèces endogées et anéciques sont aussi très sensibles aux conditions qui prévalent dans un tel milieu (16). Evans et Guild (6) ont d'ailleurs montré qu'un labour peut réduire le peuplement lombricien de 70% en 5 ans. Hopp (10) confirme ces observations en soulignant que la charrue à disques et le sarclage sont particulièrement nocifs pour les espèces de surface. En outre, la conversion de la forêt en culture transforme complètement le milieu. La température moyenne du sol augmente de plus de 5 °C. Certains vers tropicaux évitent les températures très élevées (14).

Les parcelles dont le sol est soumis au feu renferment la plus faible biomasse lombricienne. Le passage régulier du feu empêche la recolonisation progressive des plages de sol nu en éliminant la matière organique dont les lombriciens s'alimentent. A une échelle toujours plus fine, la qualité de la matière organique, c'est-à-dire sa composition, peut

influencer la faune du sol, car le gradient en qualité de la matière organique du sol serait à l'origine des stratégies différentes de développement des vers de terre (2). De plus lors d'un feu, la température du sol peut atteindre 200°C dans les 15 premiers centimètres du sol (3) ce qui éliminerait les espèces peu mobiles vivant dans les premiers centimètres du sol. Les anéciques et les endogés qui nichent plus en profondeur arrivent à mieux échapper aux aléas des fortes températures (8).

## Conclusions

La biomasse moyenne des populations de vers de terre varie selon le type d'environnement. Plus ce dernier est dégradé, moins on y trouve des lombriciens. De plus, des réponses différentes de chaque catégorie écologique face aux changements intervenus dans le milieu ont été observées.

La dégradation du couvert forestier s'accompagnant de conditions de moins en moins favorables au développement des épigés dans les premiers centimètres du sol, on constate une diminution de l'importance relative de cette catégorie écologique dans les environnements les plus transformés par les actions anthropiques, c'est-à-dire dans les parcelles cultivées et dans les endroits soumis à l'action du feu.

A l'évidence, la conversion de la forêt en toute autre occupation du sol modifie la quantité de matière organique, les concentrations en nutriments et le microclimat du sol; ce qui engendre inéluctablement des conséquences sur toutes les composantes de la biodiversité. La mise en place de systèmes de production agro-forestiers devrait permettre de limiter cette tendance négative et d'assurer une meilleure gestion de la fertilité du sol.

## Références bibliographiques

1. Bouche M.B., 1972, *Lombriciens de France. Ecologie et Systématique*. I.N.R.A. (Ann. Zool.- écol. anim. Numéro hors série 72/2), Paris, 671.
2. Bouche M.B., 1977, Stratégies lombriciennes, *Bull. Ecol.*, **25**, 122-132.
3. Dajoz R., 2000, Précis d'écologie. Dunod, Paris, 615.
4. 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.
5. Edwards C.A. & Bohlen P.J., 1996, Biology and Ecology of earthworm (3rd edition). Chapman and Hall, London.
6. Evans A.C. & Guild W.J., 1948, Studies on the relationships between earthworm and soil fertility. V – Field populations, *Ann. Appl. Biol.*, **35**, 485-493.
7. 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*, 27-55.
8. Gimeno-garcia E., Andreu V., & Rubio J.L., 2004, Spatial patterns of soil temperatures during experimental fires, *Geoderma*, **118**, 17-38.
9. Habiaremye M.F., Nlandu L. & Malio N., 2011, *Habitats de la Réserve et Domaine de chasse de Bombo-Lumene (R.D. Congo). Lexique Kiteke des plantes observées dans ces milieux*, Institut Congolais pour la Conservation de la Nature, 144.
10. Hopp H., 1947, The ecology of Earthworms in cropland, *Proc. Soil Sci. Amer.*, **12**, 503-507.
11. Lavelle P., & Pashanasi B., 1989, Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto), *Pedobiologia*, **22**, 283-291.
12. Lavelle P. & Spain A.V., 2001, *Soil ecology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 654.
13. Lee K.E., 1985, *Earthworms. Their ecology and relationships with soil and land use*, academic Press, Sydney, 411.
14. Ortiz-ceballos A. & Fragoso C., 2004, Earthworms populations under tropical maize cultivation: the effect of mulching with velvetbean, *Biol. Fertil. Soils*, **39**, 438-445.
15. Porte B., 2011, *Estimation de la biodiversité par une méthode simplifiée d'identification des arthropodes, Approche paysagère à l'échelle du territoire viticole des Costières de Nîmes*. Master en Sciences de l'Environnement Terrestre, Université Paul Cézanne, 82.

16. Raw F., 1959, Estimating earthworm populations by using formalin, *Nature* (London), **184**, 1661- 1662.
17. Smeaton T.C., Daly A.N. & Cranwell J.M., 2003, Earthworm population responses to cultivation and irrigation in a South Australian soil, *Pedobiol.*, **47**, 379-385.
18. Strehlow K., Bradley J.S., Davis J., & Friend G.R., 2002, Short term impacts of logging on invertebrate communities in jarrah forests in south-west Western Australia, *For. Ecol. Manage.*, **162**,165-184.
19. Vermeulen C. & Lanata F., 2006, Le Domaine de chasse de Bombo-Lumene : un espace naturel en péril aux frontières de Kinshasa, *Parcs Réserves*, **61**, 4-8.

---

F. Milau Empwal, Congolais RDC, DEA, Assistant de Recherche, Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire de gestion des Ressources naturelles, Kinshasa, R.D. Congo.

C. Kachaka Sudi, Congolais RDC, PhD, Professeur, Université de Kinshasa, Faculté des Agronomiques, Kinshasa, R.D. Congo.

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

N. Mvumbi Madidila, Congolais RDC, Licenciée, Assistante de recherche, Université de Kinshasa, Faculté des Sciences économiques, Unité de Statistique et Mathématique appliquée, Kinshasa, R.D. Congo.

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