

Diversité de l'entomofaune terricole de la galerie forestière du Monastère Notre Dame de l'Assomption (RD Congo/Kinshasa)

H. N. LUKOKI¹, J. ILUNGA², V. NSABATIEN³, H. WETSHINDJADI², P. MUYEKA², F. LUKOKI¹

(Reçu le 27/07/2022; Accepté le 10/09/2022)

Résumé

Pour connaître la diversité des insectes terricoles colonisant la galerie forestière du Monastère Notre Dame de l'Assomption et l'effet de facteurs environnementaux sur la structure de ces derniers, une étude exploratoire a été menée. Pour y parvenir, des pots Barber ont été utilisés à côté d'une capture active à la chasse à vue. Ceux-ci ont été piégés de janvier à septembre 2021. Au total, 1880 individus ont été capturés et 21 espèces ont été identifiées à côté d'une espèce d'hémiptères non identifiée. Après analyse, la famille des Formicidae se révèle la plus abondante en individus (soit 43%) et celle des Scarabaeidae en richesse spécifique (soit 23%). Cependant, le test de Student a confirmé que la saison n'a pas influencé les abondances d'insectes. Aussi, la grande partie de la faune recensée était constituée d'espèces de grande taille, traduisant une adaptation dans le milieu. Par ailleurs, les résultats de cette étude attestent que les quatre paramètres environnementaux évalués n'ont pas connus d'effets significatifs ($p > 0,05$) tant sur la richesse spécifique que l'abondance. En outre, ces résultats confirment que l'intensification d'activités anthropiques dans cette galerie forestière pourrait conduire à un effet négatif sur la composition de l'entomofaune terricole de ce milieu.

Mots clés: insectes terricoles, galerie forestière, facteurs environnementaux, activités anthropiques

Diversity of the soil entomofauna of the Monastery of Our Lady of the Assumption forest (DR Congo)

Abstract

To find out the diversity of ground-dwelling insects colonizing the forest of the Monastery of Our Lady of the Assumption and the effect of environmental factors on their structure, an exploratory study was conducted. To achieve this, Barber jars were used in addition to active capture by sight hunting. These were trapped from January to September 2021. A total of 1880 individuals were captured and 21 species were identified alongside one unidentified hemipteran species. After analysis, the Formicidae family was the most abundant in terms of individuals (43%) and the Scarabaeidae family in terms of species richness (23%). However, Student's t test confirmed that the season did not influence the abundance of insects. Also, the majority of the fauna surveyed was made up of large species, reflecting adaptation to the environment. Furthermore, the results of this study show that the four environmental parameters evaluated did not have significant effects on either species richness or abundance. Moreover, these results confirm that the intensification of anthropic activities in this forest could lead to a negative effect on the composition of the soil entomofauna of this environment.

Keywords: ground-dwelling insects, forest gallery, environmental factors, anthropogenic activities

INTRODUCTION

Les forêts contiennent une grande et importante diversité biologique et constituent un réservoir génétique inestimable (Laurance, 1999). Cependant, leur destruction entraîne la dégradation des sols, et la disparition d'un grand nombre d'espèces animales (Aichar, 2013).

Ainsi donc, avec près de 1,3 millions d'espèces décrites, les insectes représentent 55% de la biodiversité animale et près de 80% des espèces actuellement présentes sur Terre (Peter *et al.*, 2012). Leur déclin est un phénomène complexe, documenté de manière lacunaire, notamment à cause d'un manque de données pour certaines régions du globe. D'après Huis (2014), les insectes occupent aujourd'hui presque tous les types d'habitats et participent donc à de nombreuses fonctions écologiques

Parmi ces insectes, les insectes terricoles jouent un rôle crucial, puisqu'ils sont considérés comme des acteurs du recyclage de la matière organique (Hanski et Cambefort, 1991) et ils sont considérés par Oudjiane *et al.* (2014) comme bio-indicateurs de l'état des écosystèmes terrestres.

Malgré leur diversité et leur rôle crucial dans les écosystèmes, ces insectes restent peu couverts par des mesures de protection ou de conservation par rapport aux vertébrés. Ils font partie à cet effet de cette biodiversité de l'ombre. Or,

comme toute autre forme de vie sur Terre, les insectes subissent la 6^{ème} crise d'extinction (Schuldt et Assmann, 2010).

Toutefois, leur niveau de menace peut être sous-estimé du fait qu'il reste encore une large part à découvrir et à décrire, additionné au manque de programmes de suivi et de conservation (Shaw et Hochberg, 2001). Selon Benamar *et al.* (2011), leur conservation nécessite une bonne connaissance des espèces et de leur rôle au sein de l'écosystème.

La République démocratique du Congo n'a malheureusement pas beaucoup d'informations car, les études portant sur la bioécologie de l'entomofaune terricole sur son territoire sont mal connues et encore moins celles des milieux naturels dégradés. La majeure partie d'études entomologiques en RD Congo s'est concentrée sur les pollinisateurs (Habakaramo, 2008; Milau *et al.*, 2020; Bukaka *et al.*, 2020; Lukoki *et al.*, 2021; Posho, 2015; Asumani, 2007; Badjedjea, 2008) et quelques-unes sur les termites (Kifukieto *et al.*, 2016).

En dépit de cette insuffisance de données sur la diversité et l'écologie d'insectes terricoles de couverts forestiers, notre modeste contribution s'ajoute avec comme objectif de fournir des connaissances sur l'inventaire de l'entomofaune terricole de la galerie forestière du Monastère de Notre Dame de l'Assomption (Vallée de la Funa) à Kinshasa. Ces résultats pourraient être utilisés dans la mise en place d'une base de données, car celle-ci, est un

¹ Laboratoire de botanique systématique et d'Écologie végétale, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, R.D Congo

² Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, R.D Congo

³ Laboratoire de Bioécologie et Lutte Anti-Vectorielle, Département de Santé Environnementale, École de Santé Publique de Kinshasa, RD Congo

outil d'information indispensable pour la préservation de la biodiversité et la gestion de l'environnement.

Nous voudrions également montrer combien les insectes terricoles sont incontournables dans le fonctionnement et la dynamique de nos forêts. Il s'agira aussi, de comprendre comment l'entomofaune terricole de galerie forestière s'organise vis-à-vis des caractéristiques majeures de son environnement. Et enfin, nous tenterons de souligner les menaces de perte auxquels ils sont soumis du fait de la dégradation et de la fragmentation de leur habitat et de leur compétition avec les activités anthropiques.

MILIEU, MATÉRIEL ET MÉTHODES

Milieu d'étude

Cette étude a été réalisée dans la galerie forestière du Monastère Notre Dame de l'Assomption (Vallée de la Funa) qui est localisée géographiquement à 4°42' de latitude Sud et 15°30' de longitude Est, au Sud de la Ville de Kinshasa, dans la commune de Mont-Ngafula (Figure 1) (Kisasa, 2011; Vanden, 2005; Thomas et Wouters, 2010; Kisasa, 2013).

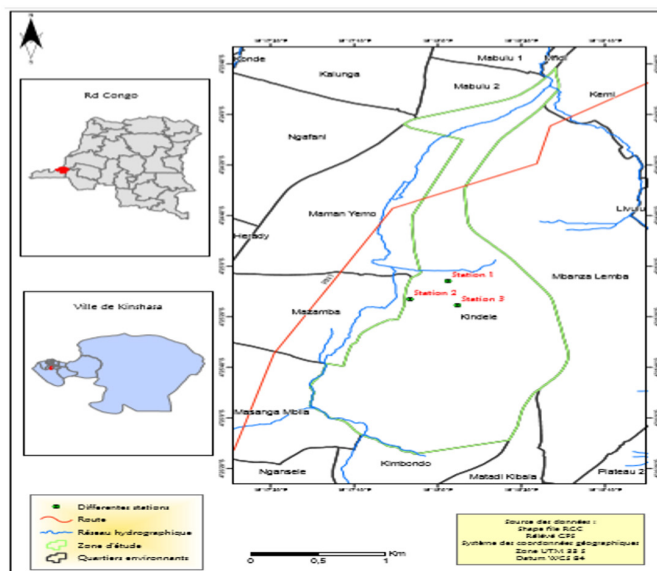


Figure 1: Localisation de la zone d'étude (Carte générée à l'aide du logiciel Arc Gis)

Le choix porté sur ce site se justifie par le fait qu'il regorge non seulement d'une galerie forestière d'environ 45 hectares (Figure 2) mais aussi parce qu'il connaît une dégradation alarmante de son environnement naturel à travers la fragmentation consécutive due à l'explosion démographique et aux activités anthropiques croissantes (Figure 3).

Technique d'échantillonnage

La collecte des insectes terricoles a été effectuée de façon régulière toutes les deux semaines durant neuf mois, de Janvier à Septembre 2021, hormis quelques décalages, dus aux perturbations des conditions climatiques.

Étant donné que le groupe cible est constitué des insectes terricoles, afin de maximiser la collecte, la méthode d'échantillonnage adoptée est l'utilisation des pièges d'interception, appelés «les pots Barber» (Barber, 1931; Rainio et Niemelä, 2003; Julien *et al.*, 2016; Driss *et al.*, 2016). Une technique complémentaire a été associée aux pots Barber pour la maximisation de la récolte, il s'agit de la chasse à vue (Louis-Michel et Christophe, 2009). Cette technique consiste en une capture active à main libre, dans les quadrats ou micro-habitats de prospection d'un 1m² identifié et localisé entre les pots Barber au sein des stations d'échantillonnage.

Les pots Barber consistent en des seaux enterrés jusqu'au ras du sol, remplis aux deux tiers de leur contenu avec un liquide conservateur, constitué d'un mélange de: 1 L d'eau, 300 g de sel et quelques gouttes de détergent, jouant le rôle d'un agent mouillant, qui empêche les insectes de remonter le long des parois. Cette solution était renouvelée toutes les deux semaines afin d'éviter le pourrissement des spécimens après un long moment (Barber, 1931; Julien *et al.*, 2016; Amri *et al.*, 2019).

Dispositif expérimental

L'expérimentation a été réalisée suivant un dispositif décrit à la figure 4. Par ailleurs, trois stations ont été retenues de manière aléatoire selon l'hétérogénéité du milieu avec différentes activités réalisées dans chaque station. Dans chaque station de 45 m sur 30 m (1350 m²), quarante pots Barber ont été installés, répartis entre 4 transects. À côté de pots Barber, vingt-huit micro-habitats ont été identifiés.



Figure 2: Vue aérienne de la station d'étude

Récolte, conservation et identification des insectes collectés

À l'aide d'un tamis, les contenus des pots ont été triés, placés dans des bocaux et acheminés au laboratoire. Au laboratoire, le contenu des bocaux a subi un rinçage et les spécimens ont été triés sous une loupe binoculaire de marque Bresser pour ne retenir que les insectes.

Les spécimens d'insectes séparés sont conservés dans l'alcool à 70° et ont été plus tard étalés à l'aide des épingle entomologiques dans des boîtes entomologiques pour faciliter l'identification. Celle-ci a été faite jusqu'au niveau taxonomique de l'espèce pour certains et genre pour d'autres en se basant sur des caractères morphologiques décrits dans différentes clés de systématique entomologique (Maurice, 1980; Boilly et Vaz-de-mello, 2013; Charrier, 2002; Bedel, 1895; Antoine, 1961; Trautner et Geigenmuller, 1987). L'identification des espèces a été confirmée grâce à certains spécimens conservés au Musée des Sciences Naturelles du Département de Biologie, Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa.

Mesure des variables physico-chimiques

Les analyses des paramètres physico-chimiques ont été effectuées à partir des échantillons de sol prélevés. Ces échantillons ont été prélevés durant toute la période de l'étude, et dans chaque station prise séparément. Ces échantillons étaient prélevés à une profondeur de 10 cm selon la méthode d'Amri *et al.* (2019) et en moyenne 1 kg de sol était prélevé et transporté au laboratoire.

Les échantillons de sol ont été séchés à l'air ambiant pendant 2 semaines, tamisés à 2 mm pour avoir la terre fine et conservées dans des sachets en plastique. Ce sol a été utilisé pour la détermination du pH du sol à l'aide d'un pH mètre portable de type Hanna HI9812-5 selon la méthode de Mathieu et Pieltain (2003).

De plus, la température et l'humidité du sol ont été enregistrées sur terrain durant toute la période de l'étude à l'aide d'un thermo-hygromètre portable de type KJM017 (Lukoki *et al.*, 2021), et à l'aide d'un pied gradué, l'épaisseur de la litière était noté dans chaque station.

Traits fonctionnels

Dans cette étude, chaque espèce recensée est caractérisée par un trait fonctionnel qui est la taille des espèces (Bedel, 1895; Jeannel, 1942; Antoine, 1961; Amri *et al.*, 2019). Cette dernière a été mesurée de la tête à l'abdomen de l'individu grâce à un pied à coulisse gradué. D'après la méthode de Cole *et al.* (2002), trois catégories sont retenues: les espèces de grande taille (>15 mm), les espèces de taille moyenne (9 - 15 mm) et les espèces de petite taille (<9 mm).

Évaluation de la diversité des insectes collectés

Abondance, occurrence et distribution

L'abondance relative (AR) représente le rapport entre le nombre d'individus d'un taxon pris en considération et le nombre total d'individus (N). L'abondance absolue (AA) est déterminée par le nombre d'individus par espèce (Magurran, 2004).

La fréquence d'occurrence (Occ) a été calculée pour chaque espèce en se basant sur le nombre de fois où l'espèce a été trouvée par le nombre total des relevés (Mois d'études). Par ailleurs 4 classes sont retenues d'après le modèle de Bigot et Bodot (1973), (0 à 9), (10 à 24), (25 à 49) et (50 à 100), respectivement, les espèces très accidentelles, accidentelles, communes et constantes.

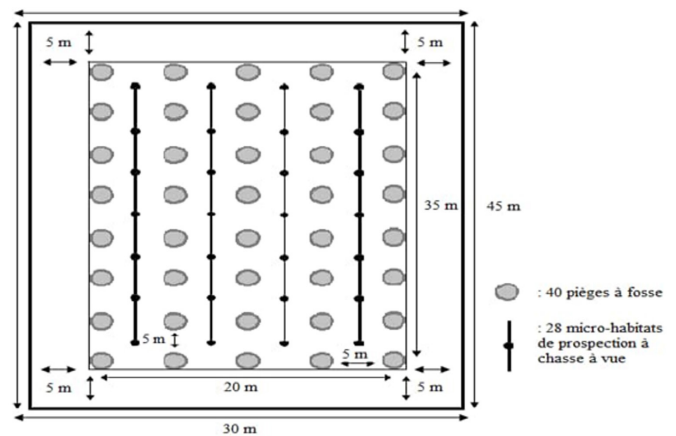


Figure 4: Dispositif expérimental utilisé dans les trois stations d'étude



Figure 3: Illustration des quelques pressions que subit la galerie forestière du Monastère (A, B et C: Coupe des arbres dans la galerie forestière; D : Réduction de la superficie de la galerie forestière par la création des routes; E et F : Envahissement d'une partie de la galerie forestière par des déchets non dégradables)

Quant à la distribution, elle est obtenue grâce à l'indice de dispersion (I) qui est le rapport de la variance (S^2) sur la moyenne (\bar{x}). D'après Canard Poinot (2004), les espèces se répartissent de trois façons d'après l'indice de dispersion: les espèces régulières ($I < 1$), les espèces aléatoires ($I=1$) et les espèces agrégatives ($I > 1$).

Diversité alpha

L'analyse de la diversité alpha est une analyse qui se base sur différents indices non-paramétriques (Amri *et al.*, 2019; Hammer *et al.*, 2001). Elle a été évaluée grâce au logiciel Past (Version 4.03). Dans cette étude, cette analyse s'est consacrée à:

- **La richesse spécifique (S)**, qui correspond au nombre total d'espèces que comporte le peuplement considéré sur un site d'étude et à un moment donné;
- **L'indice de Shannon (H')**: $H' = - \sum p_i \ln p_i$, où p_i est la proportion du nombre d'individus de l'espèce i (n_i) sur le nombre total des individus de toutes les espèces (N);
- **L'indice de Simpson (1 - D)**: $D = \sum N_i (N_i - 1) / N (N - 1)$, où N_i est le nombre d'individus de l'espèce donnée, et N est le nombre total d'individus;
- **L'équitabilité de Pielou (E)**: $E = H' / H'_{\max}$, $H'_{\max} = \ln S$, où S est le nombre total des espèces.

Diversité bêta

L'analyse de la diversité bêta contrairement à la diversité alpha est une analyse qui se base sur la similarité (De Bello *et al.*, 2007). Dans cette étude, cette analyse s'est consacrée à:

- **L'indice de similarité de Jaccards (β_{jac})**: Il a été calculé pour voir la similarité entre différents mois à l'aide du logiciel Past -V. 4.03) par la formule suivante: $\beta_{jac} = c / (a + b - c)$, où c est le nombre d'espèces communes aux deux variables, a est le nombre d'espèces dans la variable X, et b est le nombre d'espèces dans la variable Y;

• **Classification ascendante hiérarchique (CAH)**: Après avoir étudié si les communautés d'insectes terricoles pour chaque mois sont similaires ou différentes, nous avons cherché à voir lesquels sont les plus proches ou les plus éloignées en termes de composition d'espèces en fonction de mois. Pour atteindre ce but, des matrices de distances basées sur la méthode de groupe apparié Euclidien (UPGMA) sont établies pour obtenir des groupements (Amri *et al.*, 2019). Les groupements ont été réalisés à l'aide du logiciel R.

Analyse statistique des données

L'analyse des données a été réalisée grâce à la statistique descriptive. Les données de l'abondance et de la richesse spécifique par mois et par station ont été utilisées pour l'obtention des différents graphiques. De plus, une analyse en classification hiérarchique a été faite afin de caractériser les différents groupes. Et après le test de Shapiro Wilk sur la distribution gaussienne, le test t de Student et le test d'ANOVA à plusieurs facteurs ont été utilisés pour trouver la signification entre différentes variables. Cependant, une analyse multivariée a été complétée par une régression linéaire multiple afin de tester l'effet des quatre facteurs environnementaux (pH, Humidité, Température et Profondeur de la litière) sur l'abondance et la richesse spécifique d'insectes terricoles de cette galerie forestière. Afin de réaliser toutes ces analyses, plusieurs logiciels statistiques ont été utilisés: Excel 2016, Past (version 4.03), et le logiciel R (version 4.1.2).

RÉSULTATS

Inventaire et composition de l'entomofaune terricole

Le tableau 1 ci-dessous résume les différents ordres ainsi que les espèces d'insectes terricoles échantillonnées au cours de cette étude dans différentes stations.

Tableau 1: Liste systématique des espèces inventoriées dans les trois stations

(S1: Station n°1; S2: Station n°2; S3: Station n°3; + : Présence; - : Absence)

ORDRES	FAMILLES	ESPÈCES	S1	S2	S3
Coleoptera	Byrrhidae	<i>Byrrhus sp</i> Linnaeus, 1767	+	+	+
Coleoptera	Carabidae	<i>Demetrias atricapillus</i> Linnaeus, 1758	-	+	+
Coleoptera	Carabidae	<i>Harpalus sp</i> Latreille, 1802	+	-	-
Coleoptera	Carabidae	<i>Pheropsophus cinctus</i> Gory, 1833	-	+	-
Coleoptera	Cerambycidae	<i>Diastocera trifasciata</i> Fabricius, 1775	+	+	+
Coleoptera	Cerambycidae	<i>Monochamus galloprovincialis</i> Olivier, 1795	-	+	+
Coleoptera	Geotrupidae	<i>Bolbaffer sp</i>	+	+	+
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Dichotomius sp</i> Hope, 1838	+	+	+
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Heliocopris sp</i> Hope, 1837	+	+	+
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Onthophagus taurus</i> Schreber, 1759	+	+	+
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Oryctes monoceros</i> Olivier, 1789	+	-	-
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Popillia dorsigera</i> Newman, 1838	+	+	-
Coleoptera	Tenebrionidae	<i>Cryphaeus taurus</i> Fabricius, 1801	+	+	+
Coleoptera	Tenebrionidae	<i>Lagria sp</i> Fabricius, 1775	-	+	+
Dictyoptera	Blaberidae	<i>Blaberus sp</i> Serville, 1831	-	+	+
Dictyoptera	Blaberidae	<i>Pycnoscelus surinamensis</i> Linnaeus, 1758	+	+	+
Dictyoptera	Gryllidae	<i>Acheta sp</i>	+	-	-
Diptera	Sarcophagidae	<i>Sarcophaga africa</i> Wiedemann, 1824	+	+	-
Hemiptera		<i>Non identifiée</i>	-	+	-
Hymenoptera	Formicidae	<i>Oecophylla longinoda</i> Latreille, 1802	+	+	+
Orthoptera	Acrididae	<i>Acanthacris sp</i> Uvarov, 1924	-	+	-
Orthoptera	Acrididae	<i>Valanga irregularis</i> F. Walker, 1870	-	+	+

Il se dégage du tableau 1 que 22 espèces d'insectes terri- coles ont été échantillonnées dans les trois stations retenues dans cette galerie forestière. Ces espèces appartiennent à 6 ordres et 11 familles. L'ordre des coléoptères s'avère le plus représenté dans ce milieu et le plus riche en espèces (14 espèces, 63,6% de la richesse totale), suivi des dictyop- tères et des orthoptères (Figure 5). Par ailleurs, la famille des scarabaeidae s'est relevée importante face à toutes les autres familles avec 5 espèces soit 22,7 % de la richesse totale (Figure 6). Cependant, une espèce d'hémiptères n'a pas pu être identifiée.

Quant aux trois stations investiguées dans cette étude, la station 2 a donné une richesse spécifique élevée (soit 19 espèces) par rapport aux deux autres qui ont respectivement une richesse spécifique de 14 espèces (Figure 7).

En ce qui concerne les abondances, la station 1 a connu une abondance remarquable de 976 individus, soit 52% des abondances totales suivi de la station 2 avec 627 individus, soit 33% et enfin la station 3 avec 277 individus, soit 15% (Figure 8). Ainsi donc, d'après le test d'ANOVA ($p=0,364$), le nombre d'individus n'a pas connu de différences signifi- catives entre différentes stations au cours de l'étude.

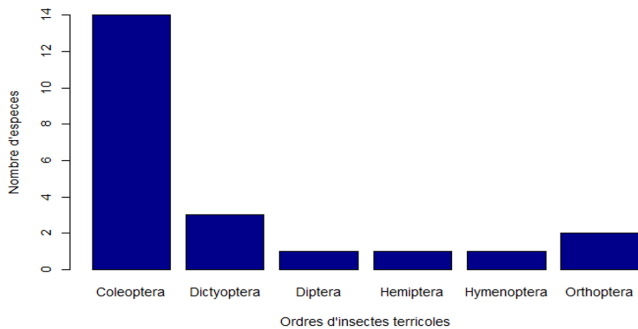


Figure 5: Répartition de la richesse spécifique par ordres dans la zone d'étude

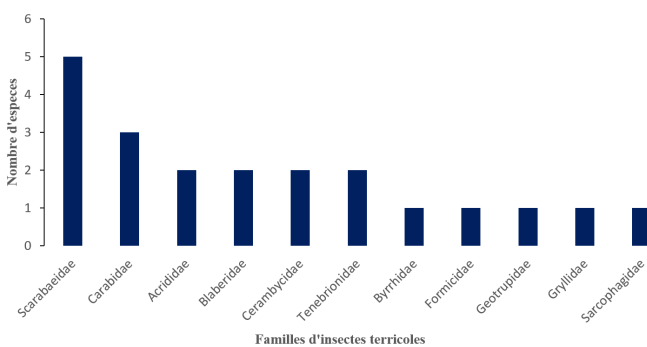


Figure 6: Répartition de la richesse spécifique par familles dans la zone d'étude

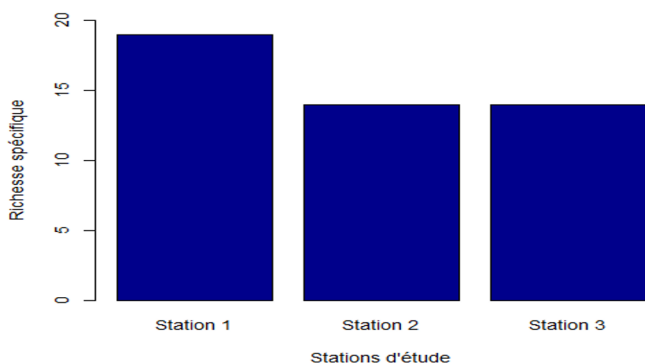


Figure 7: Répartition de la richesse spécifique par stations dans la zone d'étude

Variation saisonnière de l'entomofaune terricole

La figure 9 illustre les variations saisonnières du nombre d'individus.

Il se dégage de cette figure 9 que, la saison de pluie a présentée des abondances remarquables et une moyenne des individus supérieure à celle de la saison sèche. Cependant, d'après le test de Student, ($p=0,611$) ces abondances n'ont pas connu de différence significative entre les saisons.

Évolution mensuelle de l'abondance et de la richesse spécifique

La figure 10 ci-dessous décrit les variations mensuelles du nombre d'individus.

Les résultats obtenus traduisent que les mois d'Avril et Mai sont les deux mois où la récolte était abondante, suivis de Février et Mars. Cependant, les Mois d'Août et Septembre ont connus des abondances très faibles, soit inférieures à 100 individus.

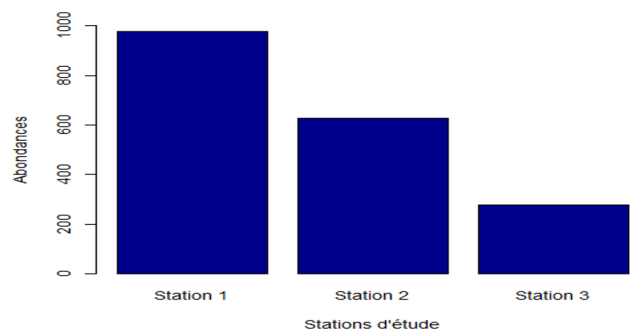


Figure 8: Répartition des abondances par stations dans la zone d'étude

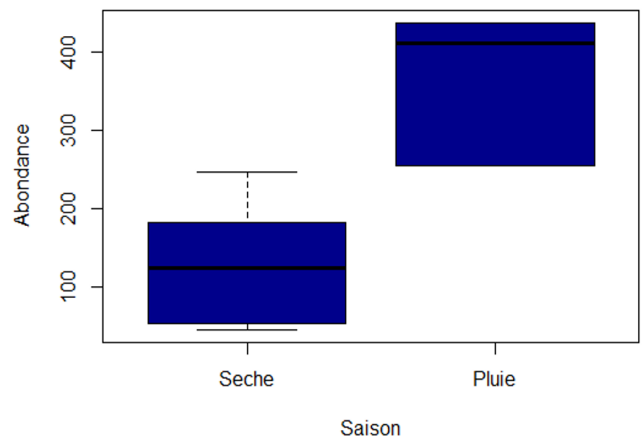


Figure 9: Variation saisonnière du nombre d'individus

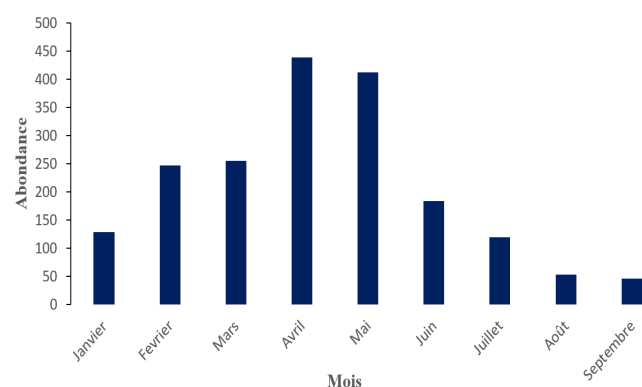


Figure 10: Variation mensuelle du nombre d'individus

Évaluation de la biodiversité

Abondance, occurrence et répartition spatiale

Les résultats sur l'abondance, l'occurrence et la répartition spatiale sont repris dans le tableau 2.

Il se dégage du tableau 2 que l'étude a fait preuve de 1880 individus repartis en 22 espèces. Ainsi donc, 3 espèces (*Oecophylla longinoda*, *Onthophagus taurus* et *Heliocopris sp*) regroupent à elles seules plus de 69% d'observation.

Les résultats de la distribution et répartition spatiale d'insectes terricoles consignés au tableau 2 montrent que seule *Byrrhus sp* était régulière dans le milieu et que plus de 85% d'espèces rencontrées étaient agrégatives alors que très peu d'espèces dans ce site étaient aléatoires.

Quant à la fréquence d'occurrence, nos résultats attestent qu'une bonne partie d'espèces trouvées dans ce site étaient constantes et communes (plus de 50%), ce qui laisse voir l'adaptation de ces espèces dans ce milieu.

Diversité alpha

Les valeurs des indices de la diversité alpha évaluées dans cette étude sont consignées dans les figures 11 et 12.

Les valeurs de la diversité alpha évaluées donnent des variations mensuelles importantes (Figure 11). En effet, la richesse spécifique a connu des variations importantes et c'est au mois de juin qu'on enregistre une richesse spécifique élevée ($R_s = 14$). Par ailleurs, la diversité spécifique était moins importante dans cette étude (Figure 12), car les valeurs trouvées sont inférieures à la diversité maximale ($H=4,45$). Et c'est au mois de juin qu'on enregistre également une valeur élevée de l'indice de Shannon ($H=2,14$).

Cependant, les observations faites en général dans cette étude font état d'une équitabilité significative dans les communautés d'insectes terricoles récoltés, et ce sont les mois de janvier ($J=0,95$) et février ($J=0,94$) qui ont enregistré des valeurs supérieures.

L'indice de Simpson, quant à lui, présente des variations légères comprises entre 0,47 à 0,84, et ce sont les mois de janvier et février qui ont présenté des valeurs élevées, respectivement 0,85 et 0,84.

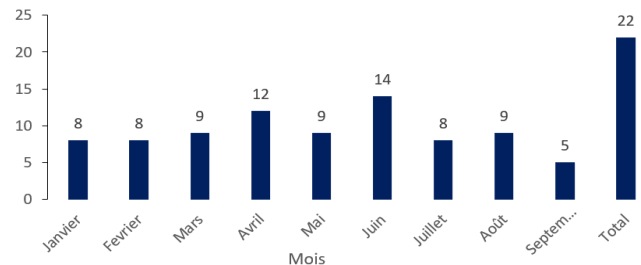


Figure 11: Répartition de la richesse spécifique en fonction de mois

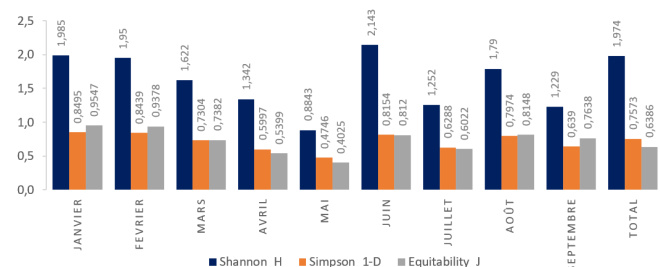


Figure 12: Évaluation des indices de diversité alpha en fonction de mois

Tableau 2: Résultats de l'abondance, de la fréquence d'occurrence et de la répartition spatiale

(AA: Abondance absolue, AR%: Abondance relative, Occ %: Occurrence, X: Moyenne des individus, S²: Variance, I: Indice de dispersion, Acc: Accidentelle, Com: Commune, Cons: Constante, Agr: Agrégative, Alé: Aléatoire et Rég: Régulière).

ESPÈCES	AA	AR%	X	S ²	Occ%	Classe	I	Répartition spatiale
<i>Acanthacris sp</i>	3	0,16	1	3	11,1	Acci	3	Agr
<i>Acheta sp</i>	1	0,05	0,33	0,33	11,1	Acci	1	Alé
<i>Blaberus sp</i>	18	0,96	6	27	44,4	Com	4,5	Agr
<i>Bolbaffer sp</i>	27	1,44	9	37	33,3	Com	4,11	Agr
<i>Byrrhus sp</i>	65	3,46	21,7	21,3	66,7	Cons	0,98	Rég
<i>Cryphaeus taurus</i>	45	2,39	15	28	77,8	Cons	1,87	Agr
<i>Demetrias atricapillus</i>	3	0,16	1	1	11,1	Acci	1	Alé
<i>Diastocera trifasciata</i>	61	3,24	20,3	92,3	55,6	Cons	4,54	Agr
<i>Dichotomius sp</i>	79	4,2	26,3	286,3	44,4	Com	10,9	Agr
<i>Harpalus sp</i>	18	0,96	6	108	22,2	Acci	18	Agr
<i>Heliocopris sp</i>	118	6,28	39,3	1157,3	77,8	Cons	29,4	Agr
<i>Lagria sp</i>	20	1,06	6,67	33,3	44,4	Com	5	Agr
<i>Monochamus galloprovincialis</i>	25	1,33	8,33	58,3	22,2	Acci	7	Agr
<i>Non identifiée</i>	2	0,11	0,67	1,33	11,1	Acci	2	Agr
<i>Oecophylla longinoda</i>	813	43,2	271	43753	88,9	Cons	161,4	Agr
<i>Onthophagus taurus</i>	392	20,8	130,7	13029	100	Cons	99,7	Agr
<i>Oryctes monoceros</i>	10	0,53	3,33	33,3	11,1	Acci	10	Agr
<i>Pheropsophus cinctus</i>	1	0,05	0,33	0,33	11,1	Acci	1	Alé
<i>Popillia dorsigera</i>	16	0,85	5,33	21,3	22,2	Acci	4	Agr
<i>Pycnoscelus surinamensis</i>	83	4,41	27,7	400,3	77,8	Cons	14,5	Agr
<i>Sarcophaga africa</i>	48	2,55	16	273	44,4	Com	17,1	Agr
<i>Valanga irregularis</i>	32	1,7	10,7	121,3	22,2	Acci	11,4	Agr

Estimation de la richesse spécifique

Les données sur l'estimation de la richesse spécifique sont consignées dans la figure 13.

Selon la courbe d'extrapolation de la richesse spécifique cumulée, la figure 13 montre que régulièrement de nouvelles espèces ont été capturées jusqu'au sixième mois où plus de 95% d'espèces ont été capturées.

Les récoltes du mois d'avril ont été nécessaires car, elles ont permis de relever un nombre important de nouvelles espèces, non observées dans les précédents mois. En effet, la courbe de richesse cumulée aboutit à une pente de croissance encore assez forte, ce qui laisse penser que la majorité d'espèces seraient inventoriées.

Diversité bêta

Les valeurs de l'indice de Jaccard au tableau 3 révèlent que les peuplements d'insectes terricoles sont peu semblables entre les mois. Et pour l'ensemble du site, la plupart des valeurs obtenues varient de 0,063 à 0,7. En effet, les valeurs maximales sont signalées pour les couples mai-juillet, juin-août, mars-mai et janvier-février, respectivement 0,7 ; 0,643 ; 0,636 et 0,6. Ainsi, le couple avril-septembre est le couple dont la valeur minimale a été observée.

Cependant, l'analyse du groupement basée sur le groupe apparié Euclidien (UPGMA) a mis en évidence deux groupes bien distincts: le groupe 1, composé des sept mois : septembre, juin, juillet, août, mars, février et janvier et le groupe 2 qui se montre très bien distinct des autres avec le mois d'avril et mai (Figure 14).

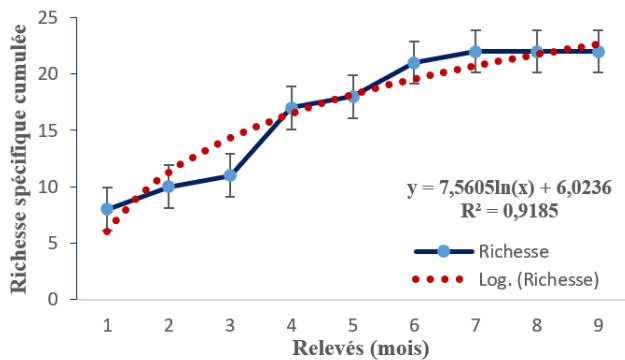


Figure 13: Courbes de raréfaction et d'extrapolation de la richesse spécifique estimée de l'entomofaune terricole

Étude des traits fonctionnels

D'après la figure 15 ci-dessous, la majorité d'insectes terricoles récoltés appartiennent à des espèces de grande taille (soit 63%), et les espèces de moyenne taille sont modérément représentées avec 23%; tandis que les espèces de petite taille sont moins représentées dans cette galerie forestière.

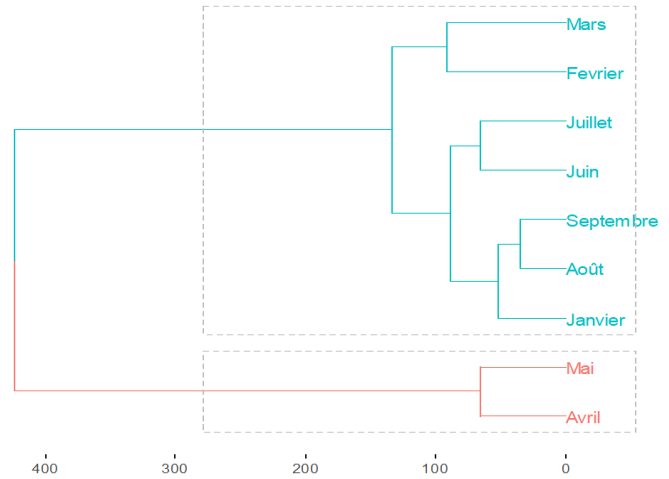


Figure 14: Dendrogramme de classification hiérarchique illustrant la similarité des espèces de l'entomofaune basée sur l'abondance des mois

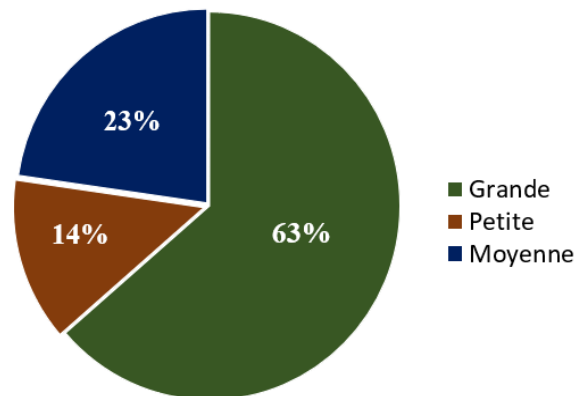


Figure 15: Répartition des insectes terricoles en fonction de la taille du corps

Tableau 3: Valeurs mensuelles de l'indice de similarité de Jaccard

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
Janvier	1								
Février	0,600	1							
Mars	0,545	0,545	1						
Avril	0,250	0,429	0,313	1					
Mai	0,545	0,545	0,636	0,235	1				
Juin	0,375	0,467	0,353	0,444	0,438	1			
Juillet	0,333	0,333	0,545	0,250	0,700	0,375	1		
Août	0,417	0,545	0,500	0,500	0,500	0,643	0,545	1	
Septembre	0,182	0,083	0,273	0,063	0,167	0,267	0,182	0,167	1

Dynamique de l'entomofaune terricole et effets des facteurs environnementaux

Description de l'édaphotope du site étudié

Les résultats sur l'analyse de la description de l'édaphotope de notre site d'étude sont consignés dans le tableau 4.

Il se dégage de ce tableau 4 que la station 3 se caractérise par un sol plus humide que les autres (soit $77,8 \pm 9,05$). La station 1 présente un pH plus élevé de $6,31 \pm 0,50$ et une grande profondeur de la litière de $3,27 \pm 1,22$. De même, les stations 1 et 2 ont présenté une température moyenne de 27°C , légèrement supérieures à celle de la station 3.

Effet des facteurs édaphiques sur l'abondance et la richesse spécifique de l'entomofaune terricole

Afin d'évaluer l'effet des facteurs environnementaux sur l'abondance et la richesse spécifique d'insectes terricoles du site, le modèle statistique testé prend en compte ces facteurs comme effets fixes avec comme équations:

$$\text{Modèle1} = \text{lm}(\text{Richesse_spécifique} \sim \text{pH} + \text{Humidité_sol} + \text{Température_sol} + \text{Profondeur_litière}, \text{data}=\text{tab_synthese1}).$$

$$\text{Modèle2} = \text{lm}(\text{Abondance} \sim \text{pH} + \text{Humidité_sol} + \text{Température_sol} + \text{Profondeur_litière}, \text{data}=\text{tab_synthese2}).$$

Analyse des facteurs édaphiques

Il se dégage de la figure 16 ci-dessous que les relations entre l'abondance ainsi que la richesse spécifique avec les facteurs environnementaux pris en compte sont de type linéaire. Ainsi, les valeurs de corrélation trouvées sont d'une manière générale inférieure à 0,5 traduisant une faible corrélation.

Analyse de la régression linéaire multiple

Le tableau 5 ci-dessous présente les résultats de la régression linéaire multiple des facteurs environnementaux sur l'abondance et la richesse spécifique d'insectes terricoles. Il se dégage du tableau 5 ci-dessus que les quatre facteurs environnementaux évalués n'ont pas un effet significatif sur l'abondance d'insectes terricoles. Ces constatations ont été similaires quant à la richesse spécifique.

Tableau 4: Caractéristiques (moyennes et écart types) des facteurs environnementaux pour chaque station

Stations	Station 1	Station 2	Station 3
Humidité du sol	$76,0 \pm 7,34$	$67,4 \pm 6,86$	$77,8 \pm 9,05$
Température du sol ($^\circ\text{C}$)	$27,4 \pm 1,55$	$27,6 \pm 0,60$	$25,4 \pm 2,19$
Profondeur de la litière (cm)	$3,27 \pm 1,22$	$2,40 \pm 0,87$	$2,00 \pm 0,67$
pH	$6,31 \pm 0,50$	$5,43 \pm 0,46$	$5,62 \pm 0,47$

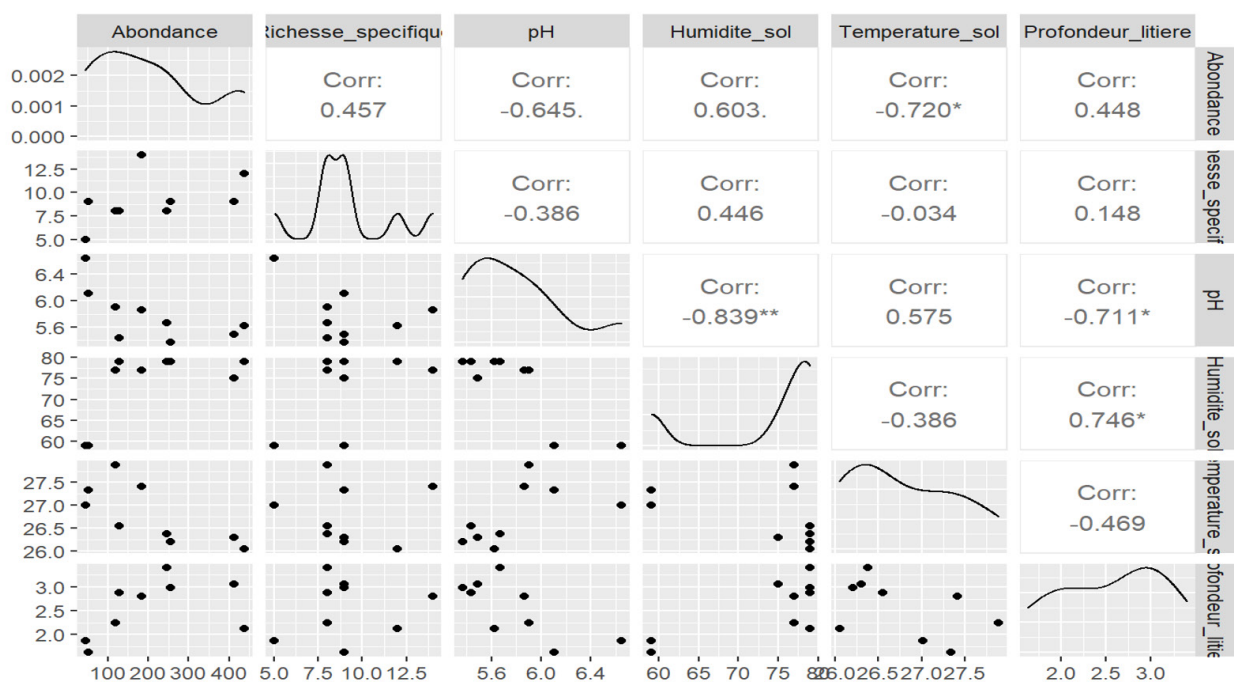


Figure 16: Analyse de la richesse spécifique et abondance avec les facteurs environnementaux

Tableau 5: Modèle linéaire multiple testant l'effet des facteurs environnementaux sur l'abondance et la richesse spécifique d'insectes terricoles (ES: Erreur standard)

Facteurs environnementaux	Abondance			Richesse spécifique		
	ES	t value	P-value	ES	T-value	P-value
Intercept	2244,5	1,534	0,200	58,6	-0,096	0,928
Humidité du sol	10,1	0,905	0,416	0,26	0,651	0,551
pH	218,5	-0,030	0,978	5,71	-0,333	0,756
Profondeur de la litière	107,6	-0,571	0,598	2,81	-0,618	0,570
Température du sol	82,0	-1,690	0,166	2,14	0,305	0,776

DISCUSSION

La connaissance de l'entomofaune terricole de la galerie forestière du Monastère Notre Dame de l'Assomption (Vallée de la Funa) a fait l'objet de cette étude. Et au cours de celle-ci, 1880 individus d'insectes terricoles repartis en 6 ordres, 11 familles et 21 genres ont été identifiés. Cependant, la famille des *formicidae* a fait preuve d'une abondance considérable avec plus de 43% des abondances totales. De plus cette famille a déjà été signalée dans la partie Est du pays dans les travaux de Mfuti *et al.* (2016) et Milau *et al.* (2020).

À côté de celle-ci, les familles des *carabidae*, *tenebrionidae*, *byrrhidae* et *scarabaeidae* ont également été signalées dans cette galerie forestière. Ces familles ont, par ailleurs, déjà fait l'objet de plusieurs travaux en RDC (Milau *et al.*, 2020) et en Afrique (Mehdi, 2014).

Se basant sur l'analyse de la variation saisonnière, cette étude révèle que la saison des pluies a connu une abondance importante d'individus contrairement à la saison sèche. Ceci s'expliquerait en effet d'après Benachour (2008) par le fait que les paramètres climatiques exerceraient une pression cinétique sur les grandes fonctions physiologiques.

Cependant, le test de Student a attesté qu'il n'y avait pas une différence significative entre les abondances de ces deux saisons, ceci corrobore les résultats des abondances mensuelles obtenues au mois de mai qui seraient le double des abondances obtenues pendant la saison de pluies.

L'analyse sur l'abondance a relevé en outre que *Oecophylla longinoda* est l'espèce la plus abondante avec plus de 43% d'observations. Cette espèce a été plus rencontrée dans la station 1 caractérisée par une profondeur importante de la litière, un couvert végétal et un ombrage important. Les résultats de cette étude corroborent ceux des travaux de Dejean (1991) qui pense qu'*Oecophylla longinoda* est une espèce qui niche sous des feuilles, caractérisé par un ombrage. Son abondance imposante pourrait également s'expliquer par le fait qu'elle est une espèce territoriale et agressive contre tout intrus (Dejean, 1991).

De plus, à côté de celle-ci, *Cryphaeus taurus*, *Diastocera trifasciata*, *Byrrhus sp.*, *Heliocopris sp.*, *Onthophagus taurus* et *Pycnoscelus surinamensis* ont été trouvées constantes dans le milieu. Ceci s'expliquerait d'après Lukoki *et al.* (2021) et Milius *et al.* (2006) que ces espèces seraient plus tolérantes aux variations quotidiennes des conditions du milieu.

Parlant de la répartition spatiale des espèces étudiées, plus de 80% d'espèces ont témoigné d'une répartition agrégative tandis que 13% seulement ont une répartition aléatoire. Il se constate par ailleurs que seule *Byrrhus sp.* a fait preuve d'une répartition régulière. Cette situation traduirait d'après Canard et Poinot (2004) que les ressources utilisées par ces espèces sont distribuées de manière agrégative.

Par ailleurs, Matallah *et al.* (2016) signalent dans leurs travaux que la compétition inter et intra-spécifique, la prédation et le parasitisme régulent la distribution spatiale et temporelle de ces espèces ainsi que leur structure des communautés.

En contrepartie, cette étude a fait état de 22 espèces réparties de manière inégales entre les différents mois et différentes stations. Néanmoins, la station 1 a compté 19 espèces contrairement aux deux autres. D'après Magura

et al. (2001) et Rahman *et al.* (2015) le couvert végétal dense rencontré dans cette station aurait une influence sur la richesse spécifique en créant un microclimat permettant l'installation de nouvelles espèces. D'un autre côté, le mois de juin se révèle plus riche en richesse spécifique, ceci s'expliquerait par une adaptation significative d'espèces terricoles aux conditions climatiques.

S'agissant des indices écologiques de structure, cette étude révèle que la valeur totale de l'indice de Shannon trouvée est inférieure comparativement aux valeurs trouvées pour d'autres groupes d'insectes étudiés dans cette galerie (Lukoki *et al.*, 2021) et dans les sites avoisinants cette galerie forestière (Bukaka *et al.*, 2020). Cependant le mois de juin est le mois dont la valeur supérieure a été observée (H=2,14 bits). Cependant, hormis le mois de mai, l'indice de diversité de Simpson calculé ne présente pas une grande différence entre les mois. Ceci se justifierait du fait que cet indice ne tient pas compte des espèces rares.

Tenant compte de l'équitabilité, les observations faites se montrent similaires à celles observées pour l'indice de Simpson. De plus, bien que quelques espèces dominent en termes d'abondance, ces résultats se montrent non significatifs pour influencer l'équilibre du peuplement.

Par ailleurs, l'analyse de la diversité beta faite à l'aide de l'indice de similarité de Jaccard dégage qu'une grande partie des relations analysées a présentée des faibles similitudes. De plus, les valeurs les plus élevées ont été observées aux couples mai-juillet, juin-août, mars-mai et janvier-février. En associant ces résultats à l'analyse de la classification, les résultats obtenus confirment les observations faites par l'indice de Jaccard en divisant les mois en deux groupes, dont le premier compte les mois précités dans les couples. D'après Amri *et al.* (2019), cette ressemblance entre ces mois résulterait de la structure et de la composition de ses insectes dans le milieu.

De plus, l'analyse de la taille des individus a relevé qu'une grande partie de cette faune recensée (soit 67%) était constituée des individus de grande taille. Les résultats de ce travail contredisent les observations faites en Algérie par Amri *et al.* (2019) qui pensent que les individus de taille moyenne prédomineraient. Cependant, Magura *et al.* (2006) pensent que l'état du milieu (stable ou perturbé) serait à la base de la diversification de la taille des individus.

Aussi, puisque les traits fonctionnels peuvent être utilisés comme des indicateurs de la niche d'une espèce, la taille prise ici par Lovei et Magura (2006) comme l'une des caractéristiques morphologiques, est un facteur clé renseignant sur la quantité des ressources et des matières organiques disponibles dans un milieu (Blake *et al.*, 1994).

Ainsi donc, les résultats de cette étude témoignent que les facteurs des perturbations du milieu n'ont pas exercé une pression majeure sur les communautés d'insectes terricoles recensés. Néanmoins, l'intensification des activités anthropiques dans cette galerie forestière conduirait à une extermination de l'entomofaune terricole et donc une réduction de l'activité du recyclage de la matière organique, puisque les individus de grande taille sont d'un côté les plus impliqués dans le recyclage (Oudjiane *et al.*, 2014) et de l'autre côté moins adaptés aux perturbations du milieu. Aussi, leur capacité reproductive est réduite en présence des fortes perturbations (Dejean, 1991).

D'après Lukoki *et al.* (2021), il est admis que les facteurs du milieu peuvent influencer ou non l'activité d'un ou de plusieurs espèces dans un milieu. Ainsi, après une régression linéaire généralisée, aucun de paramètres évalués (Humidité, T°, pH et Profondeur de la litière) n'a connu une influence significative ($p > 0,05$) tant sur l'abondance que la richesse spécifique d'insectes terricoles. Ces résultats contredisent les travaux d'Amri *et al.*, (2019) sur la faune carabique en Algérie.

Cependant, cette différence pourrait s'expliquer par une variabilité d'activités et leur intensité dans chaque milieu. De plus d'une manière générale, cette étude confirme que, bien que plusieurs études aient signalées la présence d'activités anthropiques dans cette galerie forestière, ces activités n'ont pas trop influencé l'abondance ainsi que la richesse spécifique d'insectes terricoles recensés.

CONCLUSION

Les insectes terricoles jouent un rôle essentiel dans un écosystème forestier puisqu'ils sont considérés comme des acteurs du recyclage de la matière organique et bio-indicateurs de l'état des écosystèmes. Ainsi donc, dans le souci de mieux cerner les interactions ce travail s'est fixé comme objectif d'évaluer la diversité de l'entomofaune terricole de la galerie forestière du Monastère Notre Dame de l'Assomption. Au total, nous avons capturés 1880 individus dans deux techniques d'échantillonnage avec une abondance remarquable des formicidés. Au regard des résultats obtenus, nous avons constaté que les espèces de grandes tailles étaient majoritaires traduisant une adaptation dans le milieu. Ceci corrobore aux résultats obtenus sur la non significativité des paramètres environnementaux tant sur l'abondance que la richesse spécifique des insectes collectés ($p > 0,05$). Par ailleurs, au regard des résultats obtenus, une intensification des activités anthropiques dans cet écosystème entraînerait une influence significative sur l'entomofaune terricole de cet écosystème.

RÉFÉRENCES

- Aichar M., Labdi I., Benyacoub S. (2013). Dung Beetles (Coleoptera : Scarabaeidae) community, composition in El Kala National Park (North-Eastern Algeria). *European Journal of Scientific Research*, 108: 28 – 37.
- Amri C., Neffar S., Ouchtati N., Chenchouni H. (2019). Spatio-temporal patterns of ground beetle diversity (Coleoptera: Carabidae) in a Ramsar wetland (Chott Tinsilt) of Algeria. *Turkish Journal of Zoology*. 43: 502-515.
- Antoine M. (1961). Coléoptères carabiques du Maroc, quatrième partie. Mémoire de la société des sciences naturelles et physique du Maroc. *Zoologie, nouvelle série*, 8: 466-538.
- Asumani N. (2007). Contribution à l'étude de la biodiversité des papillons du Jour (*lepidoptera, rhopalocera*) dans la réserve forestière de La yoko à Kisangani (Ubundu - R.D.Congo). Université de Kisangani, Faculté des Sciences, Département d'Écologie et Conservation de la Nature. 86 p.
- Badjedjea B. (2008). Contribution à l'étude de la Biodiversité des Lépidoptères Rhopalocères de la Réserve Forestière de MASAKO à Kisangani (R.D.Congo). Mémoire, Université de Kisangani (RDC).
- Barber S. (1931). Traps for cave-inhabiting insects. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*, 46: 259–266.
- Bedel L. (1895). Catalogue raisonné des coléoptères du Nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine) avec notes sur les îles de Canaries. 1^{ère} ed. Paris, France: Nabu Press.
- Benachour K. (2008). Diversité et activité pollinisatrice des abeilles (Hymenoptera: Apoidea) sur les plantes cultivées. Thèse de doctorat, Université de Mentouri de Constantine (Algérie), 150.
- Benamar L., Bennas N., Millán A. (2011). Les coléoptères aquatiques du parc national de Talassemtane (nord-ouest du Maroc). Biodiversité, degré de vulnérabilité et état de conservation. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA)*, 49: 231–242.
- Bigot L., Bodot P. (1973). Contribution à l'étude biocénétique de la garrigue à *Quercus coccifera* - Composition biotique du peuplement des invertébrés. *Vie et Milieu*, 23: 229-249.
- Blake S., Foster G., Eyre M., Luff M. (1994). Effects of habitat type and grassland management-practices on the body-size distribution of carabid beetles. *Pedobiologia*, 38: 502-512.
- Boilly O., Vaz-De-Mello F. (2013). Les Scarabaeinae de Guyane: clé illustrée des genres (Coleoptera, Scarabaeidae). ACOREP-France: Coléoptères de Guyane. Tome VII (2013).
- Bukaka WE., Belade ZJ., Nsabatien NV., Nagahuedi MJ. (2020). Étude de la structure des communautés des abeilles sauvages (Hymenoptera, Apoidea) de Kinshasa (R.D. Congo), cas de la Vallée de la Funa, des Symphonies Naturelles et de Lutendele. *International Journal of Applied Research*, 6: 941-951.
- Canard A., Poinot D. (2004). Quelques méthodes statistiques typiques de l'étude des populations et des peuplements par la méthode des quadrats, https://perso.univ-rennes1.fr/denis.poinot/POP/Rapport_Penvins/instructions_et_conseils/poly%20Canard.pdf.
- Charrier S. (2002). Clé de détermination des Coléoptères Lucanides et Scarabéides de Vendée et de l'Ouest de la France. *Le Naturaliste Vendéen*, 2: 61 – 93.
- Cole LJ., Mc Cracken DI., Dennis P., Downie IS., Griffin AL., Foster GN., Murphy KJ., Waterhouse T. (2002). Relationships between agricultural management and ecological groups of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) on Scottish farmland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93: 323-336.
- De Bello F., Leps J., Sebastia MT. (2007). Grazing effects on the species-area relationship: Variation along a climatic gradient in NE Spain. *Journal of Vegetation Science*, 18: 25-34.
- Dejean. (1991). Adaptation d'oecophylla longinoda [formicidae-formicinae] aux variations spatio-temporelles de la densité de proies. *Entomophaga*, 36(1) : 29-54.
- Driss L., Taoufik H., Abdechahid L., Driss B., Abdelkader C. (2016). Contribution à la connaissance des Coléoptères (Coleoptera) du réseau hydrographique de la Moulouya (Maroc). *Entomologie Faunistique – Faunistic Entomology*, 69: 97-109.
- Habakaramo M. (2008). Enquêtes ethno-mellisologiques et études de différents produits de la ruche de l'île d'Ildjwi, Sud Kivu en RDC. Mémoire, Université Officielle de Bukavu (RDC). (<http://www.memoireonline.com> 18/09/2017).
- Hammer O., Haroer D., Rayen P. (2001). Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontol. Electron.*, 4: 1-9.
- Hanski I., Cambefort Y. (1991). Competition in dung beetles, 481 pp. In dung beetle ecology, Princeton University press.
- Huis A. (2014). The Global Impact of insects. Report. Wageningen University (Ed.).
- Jeannel R. (1942). Faune des coléoptères carabiques de France, partie 2. 1^{ère} ed. Paris, France: Paul Lechevalier et fils.
- Julien B., Jean F., Frédéric F. (2016). Contribution à l'écologie des coléoptères coprophiles et coprophages en Belgique: diversité spécifique, préférences stercorales et phénologie. *Entomologie Faunistique – Faunistic Entomology*, 69 : 125-138.
- Kifukieto C., Colinet G., Milau F., Metena M., Kameneko Z., Aloni J., Kachaka C., Frédéric F. (2016). Impact des termites sur la composition des sols au plateau des Batékés, République Démocratique du Congo. *Afrique Science*, 12: 175-181
- Kisasa R. (2011). Le régime alimentaire du Martin-pêcheur huppé *Alcedo cristata* pendant la période de reproduction dans la région de Kinshasa (R.D. Congo). *Malimbus*, 34.

- Kisasa R. (2013). Biologie et Écologie du Martin- pêcheur huppé (Alcedinidae: *Alcedo cristata*, Pallas 1764) de la région de Kinshasa: habitat, tactique alimentaire et reproduction. Thèse, Université de Liège.
- Laurance W. (1999). Réélections on the tropical déforestation crisis. *Biological Conservation*, 91: 109 – 117.
- Louis-Michel N., Christophe B. (2009). L'étude des insectes en forêt: méthodes et techniques, éléments essentiels pour une standardisation. Synthèse des réflexions menées par le groupe de travail «Inventaires Entomologiques en Forêt», office national des forêts office pour les insectes et leur environnement réserves naturelles de France CEMAGREF, 147p.
- Lovei GL., Magura T. (2006). Body size changes in ground beetle assemblages. *Ecological Entomology*, 31: 411-414.
- Lukoki NH., Kikufi BA., Lukoki LF. (2021). Étude des choix floraux des pollinisateurs entomophiles. Étude des réseaux d'interactions plantes-pollinisateurs: Cas du Jardin Botanique de Kisantu et de la Vallée de la Funa. Editions Universitaires Européennes.
- Magura T., Tóthmérész B., Lovei GL. (2006). Body size inequality of carabids along an urbanisation gradient. *Basic and Applied Ecology*, 7: 472-482.
- Magura T., Tothmeresz B., Molnar T. (2001). Forest edge and diversity: carabids along forest-grassland transects. *Biodiversity and Conservation*, 10: 287-300.
- Magurran AE. (2004). Measuring Biological Diversity. 1^{ère} ed. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- Matallah R., Abdellaoui-hassaine K., Ponel P., Boukli-hacene K. (2016). Diversity of ground beetles (Coleoptera Carabidae) in the Ramsar wetland: Dayet El Ferd, Tlemcen, Algeria. *Biodiversity Journal*, 7: 301-310.
- Mathieu C., Pieltain F. (2003). Analyse chimique de sol: méthodes choisies. 1^{ère} ed. Paris, France.
- Maurice R. (1980). Initiation à la morphologie, la systématique et la biologie des insectes, ORSTOM.
- Mehdi A. (2014). Composition et organisation du peuplement de Scarabaeidae coprophages dans le Nord-Est Algérien: Occupation de l'espace et rôle écologique. Thèse Doc. D'état. Univ. Annaba.
- Mfuti Dk., Menakuntuala Hb., Bambala En., Longi Hk., Kupesa Tb., Lema Ak. (2016). Identification et occurrence des fourmis dans les champs de manioc au centre de recherche de Mvuzi. *Afrique Science*, 12: 383 – 390.
- Milau E., Aloni K., Mahele E., Lema K., Francis F. (2020). Contribution à l'étude de la biodiversité entomologique associée à la culture de manioc (*Manihot esculanta* Crantz) dans le territoire de Mbanza-Ngungu (RDC). *Entomologie Faunistique-Faunistic Entomology*, 73: 15-25.
- Milius M., Merivee E., Williams I., Luik A., Mänd M., Must A. (2006). A new method for electrophysiological identification of antennal pH receptor cells in ground beetles: the example of *Pterostichus aethiops* (Panzer, 1796) (Coleoptera, Carabidae). *Journal of insect physiology*, 52: 960–967.
- Oudjiane A., Doumandji S., Daoudi-Hacini S., Boussad F. (2014). Biodiversity of entomological inventories in the Tizirt region. AFPP-Procceedings of the Tenth International Conference on Agricultural Pests, 22-23 October, Montoellier France, 1-7.
- Peter H., Linda R., David M. (2012). Environment. John Wiley and Son, 326.
- Posho NB. (2015). État des lieux de la filière apicole en République Démocratique du Congo et évaluation des capacités pollinisatrices des abeilles domestiques (*Apis mellifera adansonii*, L.) sur la culture de melon africain (*Cucumeropsis mannii*, naudin) à Kisangani. Thèse inédite en Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique, Université de Liège.
- Rahman M., Tarrant S., McCollin D., Ollerton J. (2015). Vegetation cover and grasslands in the vicinity accelerate development of carabid beetle assemblages on restored landfill sites. *Zoology and Ecology*, 25: 347-354.
- Rainio J., Niemela J. (2003). Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation*, 12: 487-506.
- Schuldt A., Assmann T. (2010). Belowground carabid beetle diversity in the western Palaearctic – effects of history and climate on range-restricted taxa (Coleoptera, Carabidae). *ZooKeys*, 100: 461–474.
- Shaw M., Hochberg H. (2001). The Neglect of Parasitic Hymenoptera in Insect Conservation Strategies: The British Fauna as a Prime Example. *Journal of insect conservation*, 5 :253-263.
- Thomas W., Eléonore W. (2010). Contribution à l'analyse de l'érosion intra-urbaine à Kinshasa (RDC). *Belgeo. Revue belge de géographie*, 3: 293-314.
- Trautner J., Geigenmüller K. (1987). Tiger beetles, Ground beetles. Illustrated Key to the Cicindelidae and Carabidae of Europe. 1^{ère} ed. Aichtal, Almagne: Josef Margraf Publisher.
- Vanden JP., Franssen J., Kalambay G., Kramkimel JD., Musibono D. (2005). République Démocratique du Congo, Profil Environnemental, Contrat n° 2005/105393.

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude à l'ensemble du personnel du Monastère Notre Dame de l'Assomption pour leur accueil fraternel. Ils remercient également Messieurs Prince Mbaya et Papy Mola de l'ONG ECOTONE pour leur soutien technique dans la collecte des données ainsi qu'à Monsieur Francis Kazadi du département de Mathématique et Informatique de l'Université de Kinshasa pour un appui important au traitement statistique des données.