



Université Grenoble Alpes

Master Biodiversité, Ecologie & Evolution 1 ère année

Rapport de Stage
Lenny Guiraud

ETUDE DE LA FAUNE CAVERNICOLE DE L'ENTRE-DEUX-MERS

Tuteur de stage : Gabriel Balloux

Durée du stage : du 02/05/2024 au 30/06/2024

Structure d'accueil: Club de Recherche et d'Exploration Souterraines (CRES) , section GEREVeP



M1BEE –

Remerciement:

Premièrement je tiens à exprimer un grand remerciement à Gabriel Balloux mon maître de stage qui à réussi à me transmettre sa passion mais aussi ces connaissances dans un domaine que je ne maîtrisais pas. Son apprentissage tout au long de mes 2 mois de stage m'a permis de m'enrichir en termes de connaissances et de compétences (cartographie, karstologie, compréhension et lecture de paysage, ainsi que des connaissances en identification botanique).

Je tiens également à remercier tous les adhérents du CRES que j'ai pu rencontrer ainsi que son président Gérard Bousquet, sans qui ce stage n'aurait pas été possible.

Je remercie l'association "La Huppe verte" pour la formation sur l'identification des chiroptères ainsi que la Société Linnéenne de Bordeaux pour leurs sorties naturalistes entourés d'experts en tout genre (Botanique, mycologie, entomologie) très patients et pédagogues.

Un grand remerciement aussi à Michel Gandin, ainsi qu'à Francis Carles qui nous a accompagnés sur certaines journées terrain.

Le super accueil que j'ai reçu au CRES ainsi que des autres stagiaires présents Bastien Froment, Erim Koc, Anouchka Martin et Charline Charbonnier m'ont permis de me sentir au sein d'une équipe soudée et motivée. Plus particulièrement à Bastien Froment, mon binôme de stage avec qui j'ai vécu toutes mes excursions en grotte, prélèvements et identifications.

Abstract

Malgré leur méconnaissance, les écosystèmes souterrains renferment une biodiversité riche et propre aux environnements hypogés. La faune cavernicole, caractérisée par une adaptations à un environnement inhospitalier dû au manque constant de lumière et d'humidité omniprésente, constitue un élément crucial de la biodiversité globale. Néanmoins, son étude in situ s'avère être l'une des plus complexes, étant donné la difficulté des prélèvements sur le terrain. Dans le contexte de cette problématique, une étude a été menée afin de dresser un inventaire de la diversité biologique de la faune cavernicole de l'Entre-Deux-Mers. 10 grottes ont été sélectionnées et explorées, permettant l'élaboration d'un bilan exhaustif de 44 espèces troglodytes, troglodytes et troglodytes. En tant qu'écotone, la zone d'entrée joue un rôle particulier en abritant une grande diversité d'espèces. Ces résultats soulignent la richesse et la fragilité de la faune cavernicole, nécessitant des efforts de conservation ciblés.

Sommaire

<i>Remerciements</i>	2
<i>Abstract</i>	2
<i>Introduction</i>	3
<i>Structure d'accueil</i>	3
<i>Site d'étude</i>	4
<i>Biospéléologie</i>	5
<i>Matériel et Méthodes</i>	6
<i>Résultats</i>	8
<i>Discussion</i>	11
<i>Références</i>	13
<i>Annexes</i>	15

Introduction:

Structure d'accueil:

J'ai effectué mon stage au Club de Recherches et d'Explorations Souterraines (CRES), une association créée en 1978 et affiliée à la Fédération Française de Spéléologie (FFS) par le Comité Départemental de Spéléologie de la Gironde (CDS33). Le CRES est agréé Sport et membre d'Arts et Loisirs Arlac, comptant entre 20 et 30 membres, dont 15 à 20 licenciés à la FFS. Chaque année, le Club accueille des stagiaires universitaires entre mars et juillet.

En décembre 2019, le Groupe d'Etudes et de Recherches en Ecologie - Valorisation

de l'Environnement et du Patrimoine (GEREVEP) a été créé comme une section du CRES par M. Gabriel Balloux. Le club se concentre sur la découverte du monde souterrain et de l'environnement, avec une approche pluridisciplinaire incluant la spéléologie, la géologie, la karstologie, l'hydrogéologie et la paléontologie. Les activités se déroulent principalement dans la région de l'Entre-deux-Mers, avec des activités diverses comme l'exploration et l'étude de cavités inconnues, tout en réalisant des études techniques et scientifiques dans divers domaines des sciences de l'environnement et de la

géographie physique, notamment l'écologie, la géomorphologie et la biospéléologie. Le Club participe également à l'évaluation et à la protection de l'environnement karstique. Tout cela en organisant des stages disponibles pour les

Master qui ont pour but de faire découvrir le travail sur le terrain.

Site d'étude

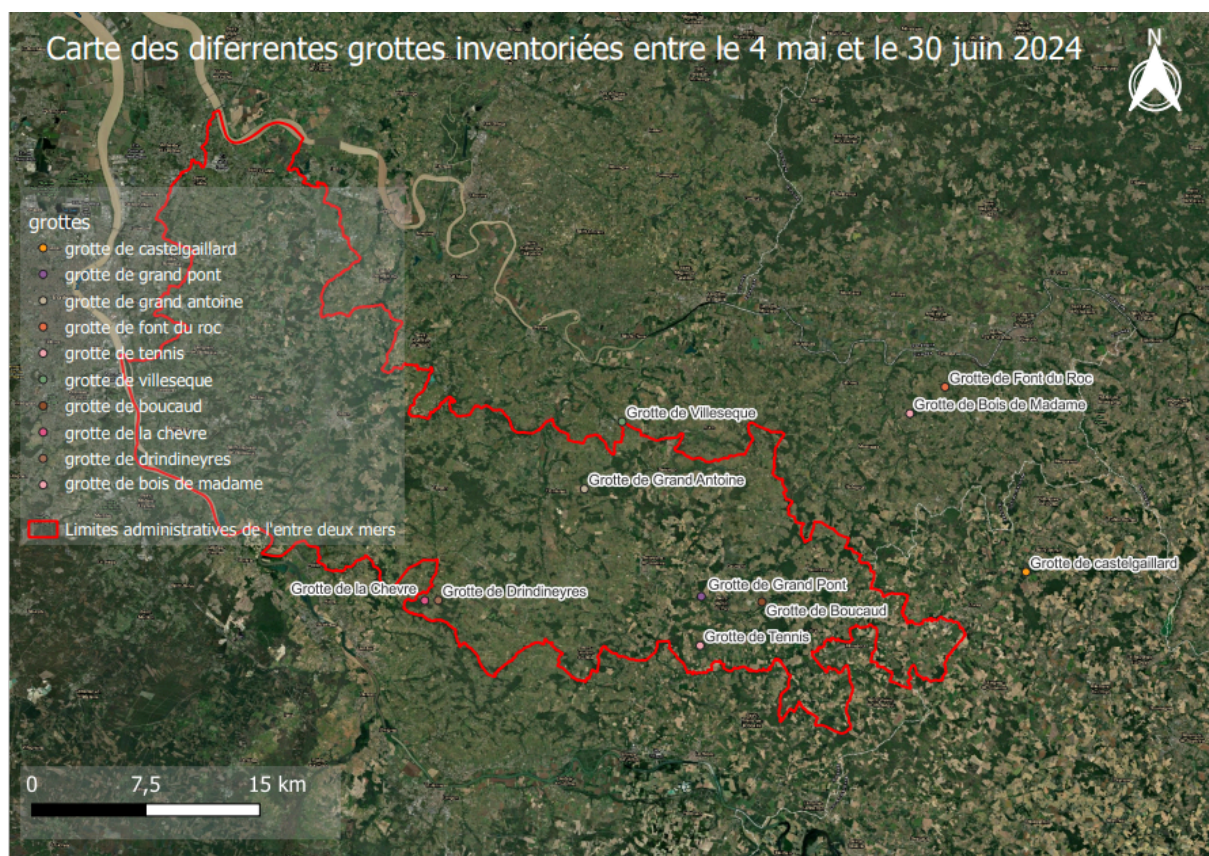


Figure 1: : Carte QGIS d'identification des grottes ou l'inventaire faunistique à été réaliser

L'Entre-Deux-Mers, délimitée par la Garonne et la Dordogne, est composée de différentes formations géologiques. On retrouve des espèces acidiphiles typiques comme le pin maritime (*Pinus pinaster*), la

callune (*Calluna vulgaris*) ainsi que la fougère aigle (*Pteridium aquilinum*). Le sol de notre zone d'études est composé de plusieurs couches rocheuses nécessitant plusieurs millions d'années pour se former.

Composées en grande majorité de calcaire, les différentes cavités explorées se sont formées à partir des écoulements d'eau coulant sur l'argile puis tombant sur le calcaire, augmentant donc la taille des fissures déjà existantes, résultant ainsi en des grottes suffisamment grandes pour pouvoir être explorées. La spéléogenèse se fait aux endroits où il y a du calcaire ainsi que du ruissellement, mais est grandement favorisée dans les endroits où il y a des failles ou des fentes de décompression et par une pseudokarst (poches de calcaire friable et altéré) préalable. L'érosion se fait grâce à l'eau chargée en CO₂ lors des périodes froides avec un gradient hydraulique important, créant des concrétions lors de périodes chaudes. La présence de ruisseaux souterrains, creusant la roche calcaire, est marquée par la présence de pertes, dolines et résurgences. Cependant, le développement des grottes est variable, de quelques mètres à plusieurs kilomètres selon la géomorphologie. En effet, sur les côtes de Bordeaux, région très vallonnée, avec un réseau hydrographique bien développé ainsi que de nombreux ruisseaux temporaires qui alimentent les réseaux souterrains après avoir ruisselé sur les molasses, formant des grottes courtes. À contrario, le plateau de l'Entre-Deux-Mers est composé d'un relief peu marqué avec un réseau hydrographique moins organisé, causant

donc une infiltration de l'eau généralisée, résultant en une formation de grottes larges et ramifiées avec un développement de grands réseaux.

Biospéléologie

Dans les grottes, qui sont considérées comme un environnement inhospitalier dû à leur manque constant de lumière loin des entrées, ainsi qu'à une topographie étriquée qui peut limiter l'accès à certaines espèces. La faune troglobie ne pouvant être phototrophique, elle se doit de trouver d'autres moyens d'obtenir des ressources comme les matières organiques apportées par les ruisseaux souterrains ou encore les cadavres et excréments d'animaux.

La faune cavernicole est l'une des plus complexes à étudier in situ, étant donné la difficulté des prélèvements sur le terrain (Christman, Mary C., et al. 2016). Cependant, elle est aussi celle qui est la plus intéressante, dû aux adaptations uniques à leurs niches inhospitalières (Mammola, Stefano, et al. 2019).

Les adaptations les plus fréquentes sont une perte de la coloration ainsi qu'une réduction ou perte des yeux, qui sont des caractéristiques des espèces spécialistes des grottes (Hubart & Dethier, 1999). Sachant que la faune souterraine est issue d'ancêtres vivant en surface, des études

comparatives sont donc possibles entre la faune hypogée et épigée, suite auxquelles les chercheurs peuvent étudier les changements génétiques et développementaux survenus lors de la transition vers la vie en grotte (Protas et Jeffery, 2012 ; Culver et al., 1994).

Aussi, dans le contexte climatique changeant, les grottes et autres habitats souterrains se caractérisent par une stabilité thermique remarquable, ce qui en fait des systèmes idéaux pour étudier les effets du changement climatique sur la biodiversité (Mammola et al.).

Certaines espèces de la faune cavernicole se trouvent être des espèces clés, comme les carabidés hypogés, qui sont des indicateurs importants du réchauffement climatique en raison de leur grande sensibilité aux facteurs abiotiques, en particulier la température (Brandmayr, Pietro, et al., 2016).

Materiel et methode

Afin d'obtenir des données sur la faune cavernicole pour nos inventaires, nous avons mis en place un protocole en binôme, conforme aux normes de protection des espèces de la faune

cavernicole (articles L. 411-5 à 7 et R. 411-37 à 45 du Code de l'environnement).

Les grottes sont sélectionnées en fonction de leur taille, accessibilité et diversité potentielle de la faune, avec les autorisations nécessaires.

Pour trouver ces grottes, nous avons utilisé le site Karsteau qui est la base de données de la FFS qui répertorie un certain nombre de cavités en France et dans le monde. Cependant, certains départements y sont réfractaires.

Pour ce faire, nous avons recherché les grottes et analysé la topographie ainsi que les différents clichés présents sur le site. Une fois nos points d'échantillonnage déterminés sur la topographie, nous sommes allés dans la cavité pour capturer les individus, puis nous les avons analysés. Ensuite, nous avons répertorié les points d'entrée sur une carte SIG afin de voir la répartition géographique des cavités.

Pour chaque grotte, il est déterminé deux zones (entrée et fond) pour faciliter l'échantillonnage.

L'entrée est déterminée au premier point où se rencontrent une zone aquatique et terrestre. Le deuxième point d'échantillonnage est défini en fonction de la longueur de la grotte, dans la dernière

zone combinant aquatique et terrestre, et suffisamment grande pour échantillonner environ 5 mètres carrés.

Dans chaque zone, nous effectuons un échantillonnage à vue en éclairant la zone et en observant attentivement pendant 10 minutes et en capturant à l'aide de pinces les individus et en les plaçant dans de l'éthanol. Cette procédure est répétée dans chaque zone de chaque grotte sélectionnée, en maintenant un intervalle de temps cohérent pour éviter les biais. Aussi, lors de notre échantillonnage, des paramètres abiotiques ont été mesurés (humidité en %, concentration en CO₂ en ppm ainsi que la température ambiante en °C).

Toutes les observations sont enregistrées, et les rencontres avec des espèces protégées (chiroptères, salamandres) sont notées afin de ne pas les capturer.

De plus, il est important de noter que nous avons suivi une formation d'une journée à

l'identification des chiroptères lors de notre premier jour de stage.

Enfin, les individus collectés sur le terrain vont être identifiés à l'aide d'une loupe binoculaire et de clés d'identification différentes.

Les données collectées sont regroupées dans un tableur puis analysées sur le logiciel Rstudio (version 4.3.2) pour évaluer la diversité de la faune dans chaque zone, en utilisant des méthodes comme l'indice de Shannon, Simpson.

Les résultats sont comparés entre les différentes zones et grottes pour identifier les modèles de distribution de la faune en fonction de la profondeur, avec des discussions sur les implications écologiques et les recommandations pour de futures études.

Résultats

Notre inventaire à répertorié une liste de 44 espèces (voir annexes 1) sur les 10 grottes échantillonnées. Avec les 2 ordre les plus important en termes de richesse spécifique qui sont les Araneae ainsi que les Diptères ce qui est cohérent avec une étude de biospéléologie réalisée en Chartreuse (Lips et al., 2021).

Tableau 1 : Tableau récapitulatif de l'ensemble des grottes échantillonnée

Nom de la grotte	Commune	Type d'entrée	Morphologie de l'entrée	Morphologie du point 2 de prélèvement	Développement (m)	Distance du point 2 à l'entrée (m)	Débit de l'eau
Réseau du Grand Antoine	Frontenac	Perte (inactive)	Laminoir	Galerie (méandre)	8577	150	torrentiel
Grotte des Drindineyres	Arbis	Perte	Laminoir	Salle	237	140	peu de courant
Grotte du Tennis	Saint-Martin-de-Lerm	Résurgence	Laminoir	laminoir	400	50	peu de courant
Grotte de la Font du Roc	Saint-Quentin-de-Caplong	Résurgence	Porche ou laminoir	Salle	2737	52	courant moyen
Grotte de Villesèque	Rauzan	Perte	Galerie bâtie	Galerie	2300	380	peu de courant
Grotte du Grand Pont	Saint-Martin-du-Puy	Résurgence	Porche	Galerie	2040	420	peu de courant
Grotte du Bois de Madame	Saint-Quentin-de-Caplong	Perte	Puits ou galerie	<u>Galerie</u>	1483	140	stagnant
Grotte de Boucaud	Rimons	Résurgence	Laminoir	Laminoir	16 (en cours de topo)	13	stagnant
Grotte de la Chèvre	Arbis	Perte	Puits-méandre	Laminoir	285	60	peu de courant
Grotte de Castel Gaillard	Saint-Sernin	Résurgence	Porche	Galerie	273	71	peu de courant

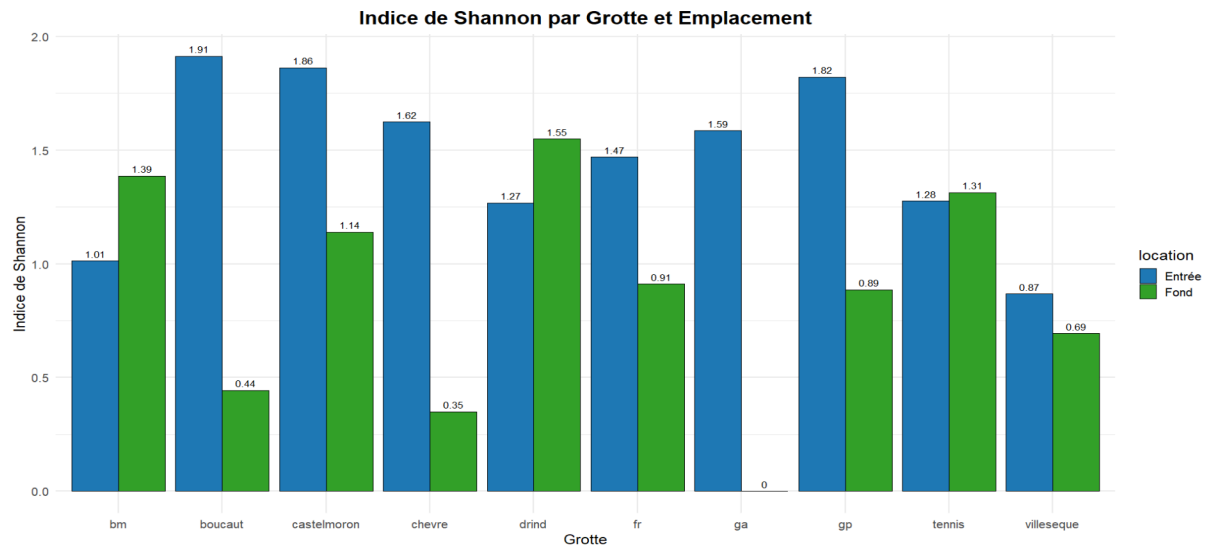


Figure 2: Histogramme en bar de l'indice de Shannon en fonction du point de prélèvement (Entrée, Fond) dans chaque cavité échantillonnée.

Si l'on compare entre les différentes grottes étudiées ou encore en fonction des différents paramètres abiotiques étudiés aucune différence significative n'est observée.

En contrepartie, si l'on compare les entrées et les fonds de grotte avec une boîte à moustache, il y a des différences significatives ce qui permet de souligner le fait que l'entrée des grottes fait partie d'un écotone (Prous et al., 2015).

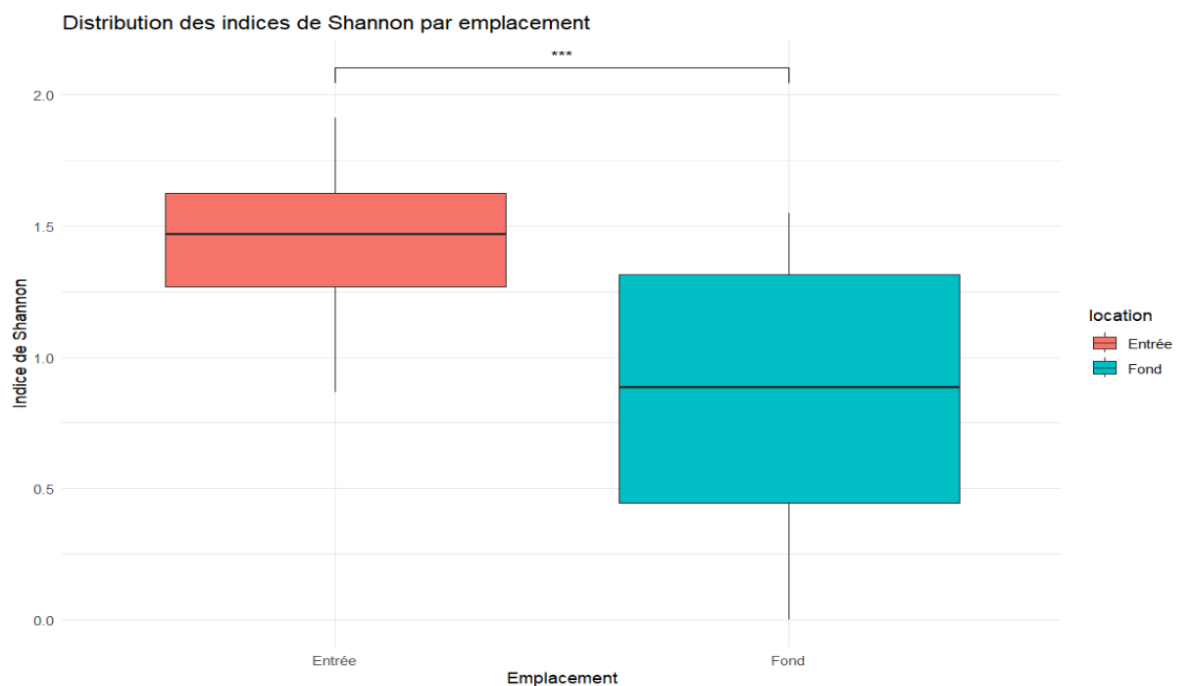


Figure 3: boîte à moustache des indices de shannon en fonction des emplacements de prélèvement(Entrée, Fond). Avec les étoiles représentant une différence significative.

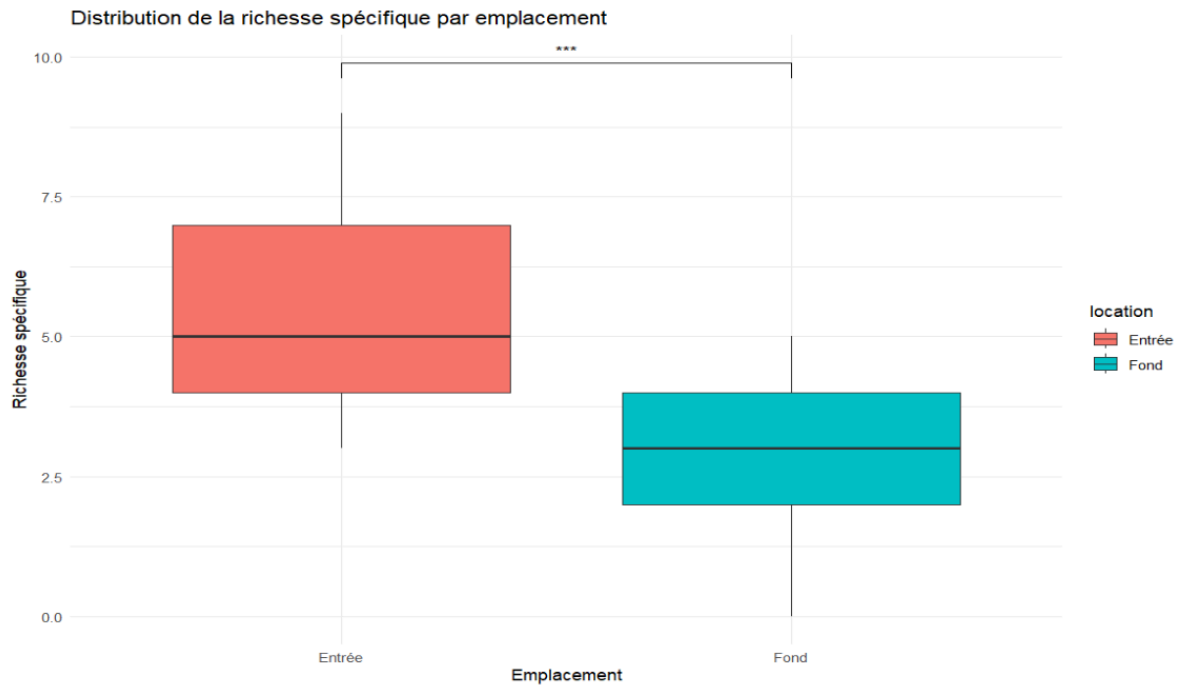


Figure 4: boîte à moustache de la richesse spécifique en fonction des emplacements de prélèvement(Entrée, Fond). Avec les étoiles représentant une différence significative.

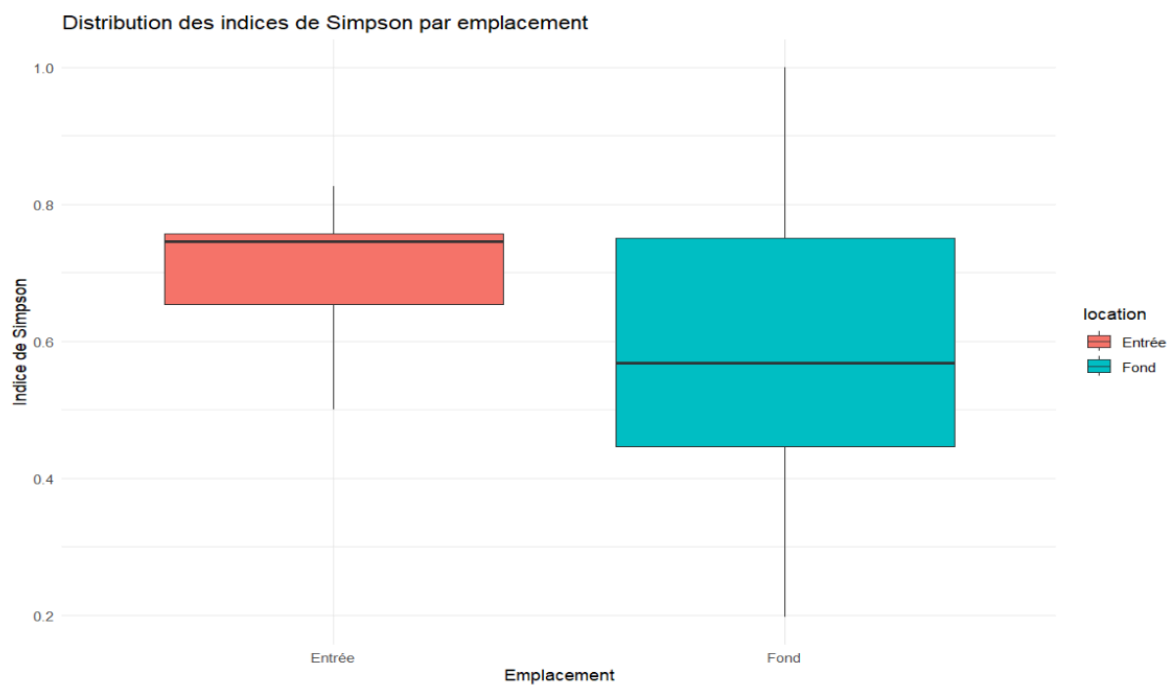


Figure 5: boîte à moustache des indices de simpson en fonction des emplacements de prélèvement(Entrée, Fond).

Dans la *figure 3*, **l'indice de Shannon** a montré une différence significative entre les entrées et les fonds (p value de 0,013). Le fait que la valeur soit plus élevée à l'entrée suggère une plus grande diversité et une distribution plus équilibrée des espèces par rapport aux fonds.

Au niveau de la **richesse spécifique** elle est également significativement différente entre les deux zones (p value de 0,015). Les entrées montrent une richesse spécifique plus élevée, probablement en raison des conditions plus favorables à une plus grande variété d'espèces. Cela

coïncide donc avec les résultats de la *figure 3*.

Enfin, **l'Indice de Simpson**, contrairement aux indices précédents, n'a pas montré de différence significative entre les entrées et les fonds (p value de 0,23). Cet indice est plus sensible à la dominance des espèces les plus abondantes. Pas de différence significative pourrait indiquer que, même si la diversité globale et le nombre d'espèces varient, la dominance des espèces les plus communes reste similaire entre l'entrée et le fond de grotte.

Discussions

Les organismes des grottes se divisent en trois catégories : les troglodites, qui fréquentent les grottes mais sortent régulièrement pour se nourrir (Racoviță, 1907); les troglodites, capables de vivre à l'intérieur ou à l'extérieur des grottes ; et les troglodites, qui sont entièrement adaptés à la vie souterraine et ne peuvent survivre qu'en grotte en raison de leurs spécialisations évolutives. (ferreira et horta 2001)

Par conséquent, moins d'espèces sont présentes en fond de grotte, que ce soit dû à l'environnement inhospitalier ou à l'accessibilité. Seulement quelques espèces spécialistes y prospèrent.

C'est d'ailleurs ce que démontrent nos résultats car l'indice de Shannon et la richesse spécifique sont significativement plus grande en entrée de grotte dû à la caractéristique écotone des entrées de grottes, encore facile d'accès avec la présence de lumière (Prous et al., 2015).

Ce qui n'est plus le cas au fond des grottes, de ce fait l'indice de simpson n'est pas significativement différent entre l'entrée et le fond, car le peu d'espèces présente en fond de grottes sont plus abondante sachant qu'elle se sont adaptés et sont plus propice à vivre de manière troglobie.

Durant notre études, nous avons pu observer une grande pollution des grottes ramené par les cours d'eau hypogés dont le régime hydrologique influence le biotope souterrain et qui peut subir une perturbation de type anthropique (Hubart et Dethier, 1999).

Limite de l'étude:

Durant notre stage de 2 mois, nous nous sommes heurtés à certaines limites afin de faire un inventaire exhaustif.

Tout d'abord, dû au peu de temps à notre disposition afin de faire un maximum de grottes possible, nous avons par conséquent pu identifier seulement 44 espèces en l'espace de 2 mois. Ce manque de données de terrain peut s'avérer très coûteux dans l'analyse de données statistiques et fortement limiter le champ des possibles.

Aussi, le manque de budget pour les appareils physico-chimiques, tels qu'un pH-mètre ou un photomètre, a limité notre capacité à

Les résultats ont souligné que la plus grande diversité et richesse spécifique observées à l'entrée des grottes suggèrent que ces zones sont des hotspots de biodiversité et pourraient nécessiter une protection accrue contre les perturbations humaines.

De plus, l'importance de protéger les communautés d'invertébrés des grottes de la région en raison de leur richesse en espèces et de la coexistence de groupes épigés et hypogés.”(Ferreira, R. L., et L. C. S. Horta.2001)

approfondir la recherche. En effet, les paramètres que nous avons mesurés étaient trop peu variables pour être étudiés en profondeur, à l'exception de la distance en mètres entre les deux points d'échantillonnage.

Les conditions d'échantillonnage très variables d'une cavité à une autre, dues à la topographie, nécessitent des choix stratégiques pour garantir des prélèvements aussi exhaustifs que possible. À noter que les grottes sélectionnées étaient toutes horizontales et largement développées. Cependant, certaines présentent des particularités telles que des fissures par lesquelles des insectes épigés peuvent pénétrer jusqu'au fond des grottes, introduisant ainsi un potentiel biais dans les résultats obtenus.

Bibliographies

Brandmayr, Pietro, et al. « Hypogean Carabid Beetles as Indicators of Global Warming? » *Environmental Research Letters*, vol. 8, n° 4, décembre 2013, p. 044047. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/4/044047>.

Christman, Mary C., et al. « Predicting the Occurrence of Cave-Inhabiting Fauna Based on Features of the Earth Surface Environment ». *PLOS ONE*, édité par Lalit Kumar, vol. 11, n° 8, août 2016, p. e0160408. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160408>.

Claivaz, Lucien. *Clé d'identification des Isopodes terrestres d'Île-de-France. Diaporama sur la Faune cavernicole du Grand Antoine (33) - GROUPE D'ÉTUDE DE BIOSPÉOLOGIE*. <https://geb.ffspeleo.fr/spip.php?article373>. Consulté le 16 mai 2024.

De Broyer, Claude. s. d. « Le fonctionnement de l'écosystème d'une grotte ». La Commission Wallonne d'Etude et de Protection des Sites Souterrains. Consulté le 10 avril 2024. <https://www.cwepss.org/fonctionnementEcosysteme.htm>.

Ferreira, R. L., et L. C. S. Horta. « Natural and Human Impacts on Invertebrate Communities in Brazilian Caves ». *Revista Brasileira de Biologia*, vol. 61, n° 1, février 2001, p. 7-17. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1590/S0034-71082001000100003>.

Hubart, Jean-Marie, et Michel Dethier. 1999. « La faune troglobie de Belgique : état actuel des connaissances et perspectives ». *Bulletin de la Société Royale Belge d'Entomologie* 135: 164-78.

Lips, J., Lips, B., Dodelin, C., Lebreton, B., Le Barz, C. (2021) Inventaire de la faune souterraine de Chartreuse. Commission scientifique de la FFS, 11-16.

Mammola, Stefano, et al. « Climate Change Going Deep: The Effects of Global Climatic Alterations on Cave Ecosystems ». *The Anthropocene Review*, vol. 6, n° 1-2, avril 2019, p. 98-116. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1177/2053019619851594>.

Protas, Meredith, et William R. Jeffery. « Evolution and Development in Cave Animals: From Fish to Crustaceans ». *WIREs Developmental Biology*, vol. 1, n° 6, novembre 2012, p. 823-45. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1002/wdev.61>.

Prous X., Lopes Ferreira R. and Jacobi C.M. (2015) The entrance as a complex ecotone in a Neotropical cave. *International Journal of Speleology*, 44 (2), 177- 189.
<http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.44.2.7>

Turquin, Marie-José. 2010. « Le paradoxe de la biodiversité du milieu souterrain ». *Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*: 77-85. <https://doi.org/10.3406/linly.2010.13751>.

Annexes:

Tableau 2 : Tableau d'inventaire récapitulatif de l'ensemble des espèces échantillonnées

Ordre	Famille	Genre	Espec	Statut UICN	Statut de protection
Amphipoda	Niphargidae	Niphargus	Ciliatus	NE	Non protégée
Anura	Bufo	Bufo	Bufo	LC	Non protégée
Archegnatha	Machilidae			NE	Non protégée
Araneae	Agelenidae	Erategina	Atrica	NE	Non protégée
Araneae	Ainyphiidae	Lepthyphantes	Leprosus	NE	Non protégée
Araneae	Ainyphiidae	Bathyphantes	Alutacius	NE	Non protégée
Araneae	Mycetophiliidae			NE	Non protégée
Araneae	Nesticidae	Nesticus	Cellulanus	LC	Non protégée
Araneae	Nesticidae	Kryptonesticus	Eremita	NE	Non protégée
Araneae	Pholcidae	Pholcus	Phalangioides	LC	Non protégée
Araneae	Tethragnatidae	Meta	Bourneti	LC	Protégée (determinante ZNIEFF)
Araneae	Tethragnatidae	Meta	Menardi	LC	Non protégée
Araneae	Tethragnatidae	Metelina	Merianae	LC	Non protégée
Araneae	Theridiidae 2	Steatoda	Bipunctata	LC	Non protégée
Chiroptera	Rhinophoridae	Rhinophorus	Hipposideros	LC	Protégée (determinante ZNIEFF)
Coleoptera	Staphylinidae	Atheta	Sp.	NE	Non protégée
Collembola	Entomobryomorpha			NE	Non protégée
Collembola	Symphlepleones			NE	Non protégée
Diptera	Bolitophilidae	Bolitophila	Cinerea	NE	Non protégée
Diptera	Brachycera			NE	Non protégée
Diptera	Culicidae	Ochlerotatus	Caspis	NE	Non protégée
Diptera	Lauxanidae			NE	Non protégée
Diptera	Limoniidae	Limonia	Nebuculosa	NE	Non protégée
Diptera	Mycetophilidae	Mycetophila		NE	Non protégée
Diptera	Mycetophilidae	Speolepta	Sp.	NE	Non protégée
Diptera	Sciaridae			NE	Non protégée
Diptera	Sphaerocidae			NE	Non protégée
Gammarida	Gammaridae	Gammarus	Sp.	NE	Non protégée
Haplotaxida	Lumbricidae	Allotobophora	Chlorotica	NE	Non protégée
Hemiptera	Nepidae	Nepa	Cinerea	NE	Non protégée

Hemiptera	Velidae			NE	Non protégée
Hymenoptera	Formicidae			NE	Non protégée
Isopoda	Agnaridae	Orthomepton	Planum	NE	Non protégée
Isopoda	Armadiillidae	Armadiillidium	Nasatum	NE	Non protégée
Isopoda	Glomeridae	Glomeris	Sp.	NE	Non protégée
Isopoda	Ligiidae	Ligidium	Hypnorum	NE	Non protégée
Isopoda	Oniscidae	Oniscus	Asellus	NE	Non protégée
Lithobiomorpha	Lithobiidae	Lithobius	Forficatus	NE	Non protégée
Myriapodes	Diplopodes			NE	Non protégée
Odonata				NE	Non protégée
Salamandridae	Caudata	Salamandra	Salamandra	LC	Protégée (determinante ZNIEFF)
Stylommatophora	Helicidae	Helicigona	Lapicida	NE	Non protégée
Stylommatophora	Oxychilidae	Oxychilus	Draparnaudi	LC	Non protégée
Trichoptera	Limnephilidae	Limnephilus	Sp.	NE	Non protégée