

**Université de Bordeaux
UF de Biologie**

**MASTER SCIENCES, TECHNOLOGIES, SANTÉ
Mention Biodiversité, Ecologie & Evolution
1^{ère} année**

Année Universitaire 2023/2024

RAPPORT DE STAGE

CHARBONNIER Charline

Etude de la faune cavernicole de l'Entre-Deux-Mers

Stage effectué du 20/04 au 20/06/2024

Maître de stage : Gabriel BALLOUX

**Laboratoire d'accueil : Club de Recherches et d'Explorations Souterraines
132 avenue Aristide Briand, 33700 MERIGNAC**

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer ma gratitude à M. BALLOUX Gabriel, mon maître de stage, qui nous a accueillis au sein du GEREVEP - Groupe d'Etudes et de Recherche en Ecologie – Valorisation de l'Environnement et du Patrimoine, section naturaliste du Club de Recherches et d'Explorations Souterraines (CRES) - durant ces deux mois. Merci également pour toutes les connaissances qu'il m'a transmises en botanique, ornithologie et karstologie.

Je remercie également M. BOUSQUET Gérard, président du CRES, pour la traversée de la grotte de Mesmes, une expérience particulièrement enrichissante pour moi.

Un grand merci à M. CARLES Francis pour son soutien et son accompagnement dans la découverte de nombreuses cavités, ainsi que pour les photos qu'il a prises à l'intérieur de celles-ci et qu'il a pu nous transmettre.

Ma reconnaissance va aussi à mon binôme, M. KOC Erim, avec qui j'ai échantillonné la plupart des grottes et effectué les identifications. Il a su faire preuve de courage et de bienveillance sous terre, ainsi que de perspicacité et d'ingéniosité en surface. Mes remerciements vont également à Mme MARTIN Anouchka, qui a pris la relève et avec qui j'ai pu terminer mes prélèvements sans problème.

Je suis également reconnaissante envers les membres de l'association La Huppe Verte et La société Linnéenne de Bordeaux pour l'organisation des diverses sorties et pour les savoirs en chiroptérologie, botanique, mycologie et entomologie que chaque membre a partagés avec nous.

Enfin, mes remerciements s'adressent à tous les stagiaires du CRES de cette année, les biospéléologues (GUIRAUD Lenny, FROMENT Bastien, KOC Erim, MARTIN Anouchka) ainsi que les stagiaires de surface (DEJOT Cloé, TAUZIN Lucas) pour les moments partagés et les connaissances que chacun a pu m'apporter à sa manière.

Sommaire

Remerciements

Sommaire

I. Présentation de la structure d'accueil

II. Introduction 1

III. Matériel et méthode 2

A. Choix des cavités 2

B. Protocole et échantillonnage 3

C. Identification des échantillons et analyse des données 4

IV. Résultats et discussion 5

A) Richesse spécifique totale et comparaisons entre les grottes 5

B) La richesse spécifique selon la profondeur du prélèvement 6

C) L'influence potentielle des polluants anthropiques sur la troglo et stygofaune 7

D) Limites de l'étude 8

V. Conclusion 9

VI. Annexes

VII. Bibliographie

VIII. Résumé

I. Présentation de la structure d'accueil

Le Club de Recherches et d'Etudes Souterraines (CRES) est une association loi 1901 qui ne présente pas de but lucratif. Elle a été fondée en 1978 et est affiliée à la Fédération Française de Spéléologie (FFS) via le Comité Départemental de Spéléologie (CDS33) et dont les domaines d'action principaux sont la spéléologie, l'archéologie, et plus largement le monde souterrain. Grâce à la section du Groupe d'Etudes et de Recherches en Ecologie – Valorisation de l'Environnement et du Patrimoine (GEREVEP), l'association organise aussi des activités autour de l'environnement, permettant d'ajouter un aspect scientifique et écologique à l'activité sportive. Mettre en place des inventaires et des études biospéléologiques a permis de mieux connaître la faune cavernicole des grottes de Gronde, et plus particulièrement de celles de l'Entre-Deux-Mers.

II. Introduction

La Gironde, et plus spécifiquement la région de l'Entre-Deux-Mers, sont particulièrement favorables à l'apparition de grottes du fait du type de roches présent en sous-sol, le calcaire. En ce qui concerne les grottes de cette région, on observe qu'elles se forment principalement du fait de l'action de l'eau sur les calcaires à Astéries (issus de coquillages, calcaire récifal) et le calcaire de Castillon (issu de boues, calcaire micritique lacustre). Cette couche de calcaire n'étant pas très profonde (de l'ordre de 10 à 15m), on observe des développements plutôt horizontaux, qui peuvent faire plusieurs kilomètres (le réseau de Grand Antoine étant le plus grand avec plus de 10km de galeries). Ces couches de calcaires alternent avec des molasses (formations continentales argileuses à sableuses) et des colluvions limoneuses qui couvrent une grande partie de l'Entre-Deux-Mers. On retrouve aussi des terrasses alluviales anciennes sur les sommets des côtes de Bordeaux. Un réseau se compose en général d'un ou plusieurs points d'entrée, de sortie et d'une ou plusieurs dolines sur la longueur qui font le lien avec la surface.

Pour ce qui est du contexte géomorphologique, on retrouve 2 grandes entités :

- les côtes de Bordeaux qui sont très vallonnées avec un réseau hydrologique de surface très hiérarchisé, avec de nombreux ruisseaux temporaires qui alimentent les grottes après avoir ruisselé sur les molasses argileuses. On y retrouve par exemple les réseaux de Drindineyres, la Chèvre ou encore Naudonnet ;
- le plateau avec un faible relief, qui comporte un réseau hydrographique de surface moins organisé, avec une infiltration plus généralisée qui donne lieu à de grands réseaux souterrains comme celui de Grand Antoine, Villesèque ou encore Font du Roc.

La biospéléologie est la science qui vise à étudier la biodiversité au sein des cavités karstiques, la faune cavernicole. On y retrouve des espèces troglonectes, troglodites et troglodytes qui sont classées en fonction de leur capacité à vivre exclusivement ou non en zone hypogée (De Broyer, s. d.). Les espèces troglonectes sont des animaux qui vivent temporairement dans les grottes, en général seulement dans la zone d'entrée, et n'ont pas d'adaptation particulière à la vie souterraine. Les espèces troglodites accomplissent une partie de leur cycle de vie dans les cavités, ayant donc une nécessité vitale d'y vivre. Les espèces troglodytes quant à elles sont inféodées au milieu hypogé, et comportent des adaptations morphologiques et/ou physiologiques à celui-ci et n'ont pas la possibilité de vivre à l'extérieur. Il existe aussi des termes similaires concernant la faune aquatique : les organismes sont dits stygonectes, stygodites et stygodytes.

Cette faune est majoritairement constituée d'invertébrés, tels que les insectes, arachnides et crustacés, mais comprend également quelques vertébrés, comme les chiroptères ou les amphibiens. Bien que le milieu hypogé ait fait l'objet de peu d'études scientifiques, il présente une grande diversité

spécifique, attestée par des taxons indicateurs de biodiversité (Briers et Biggs, 2003 ; Stoch et al., 2009). Les modèles actuels peinent néanmoins à représenter fidèlement cette réalité en raison des difficultés d'accès et de l'étude approfondie des milieux karstiques (Sket, 1999). Un exemple de cette diversité est fourni par l'ordre des Araneae, qui est le plus représenté dans cette étude avec 14 espèces trouvées sur plus de 486 identifiées dans les grottes européennes (Mammola, 2017). La majorité de ces espèces se sont différenciées durant le Tertiaire (Alonso, 2020), période où le climat extérieur était instable et défavorable à leur survie. La stabilité du milieu souterrain leur a permis de se réfugier et de s'adapter aux conditions des grottes, devenant des spécialistes de cet environnement, mais restant généralistes dans leur alimentation du fait du peu de ressources présentes. Plusieurs caractéristiques morphologiques sont communes à tous troglodytes : telles que la perte de la protection cutanée, la dépigmentation, la réduction ou la perte des yeux (anophtalmie), ont été souvent mises en évidence (Protas et Jeffery, 2012 ; Culver et al., 1994). En outre, les organismes cavernicoles se distribuent selon deux principales zones écologiques : l'entrée des grottes, où la lumière, la température et l'humidité varient, et les zones plus profondes, sans lumière et à conditions stables (De Broyer, s. d.). Il faut également distinguer les organismes pariétaux, vivant sur les parois, de ceux associés aux sédiments ou aux matières organiques variées (cadavres, bois, etc.).

Bien que de nombreuses études aient été menées en France, la faune souterraine de l'Entre-Deux-Mers demeure particulièrement méconnue. Par conséquent, cette étude a plusieurs objectifs. Premièrement, l'inventaire de la faune cavernicole est utile pour sensibiliser le public à la biodiversité animale des grottes. De plus, les milieux souterrains sont traversés par des cours d'eau hypogés, dont le fonctionnement hydrologique influence le biotope souterrain et qui peuvent être contaminés par des polluants d'origine anthropique (Hubart et Dethier, 1999). Dans ce contexte, l'étude vise à mettre en évidence l'impact de la pollution anthropique sur la richesse spécifique cavernicole. En outre, d'autres facteurs, tels que la distance par rapport à l'entrée, seront analysés pour déterminer leur influence sur la composition et l'abondance de la diversité spécifique cavernicole.

III. Matériel et méthode

A. Choix des cavités

Le choix des grottes à échantillonner s'est fait à l'aide du site internet Karsteau (version 5.1.2), qui recense une grande partie des grottes de Gironde avec des informations à leur sujet (coordonnées GPS, photos de l'entrée et/ou de l'intérieur, topographie, développement, dénivelé...). Les cavités sélectionnées comportaient un développement d'au moins 50 m. Une fois sur place, celles qui présentaient un aspect peu accessible ou dangereux (voûte mouillante, parois fragiles, zones trop

aquatiques...) ont été exclues du plan d'échantillonnage initial. La quasi-totalité de celles-ci (12 au total) se situe dans l'Entre-Deux-Mers, exceptée celle de Touron qui se trouve en Dordogne. Une carte (figure 1) a pu être réalisée sur QGIS Bialowieza (version 5.1.2), avec en couleur les indices de pollution constatés sur place.

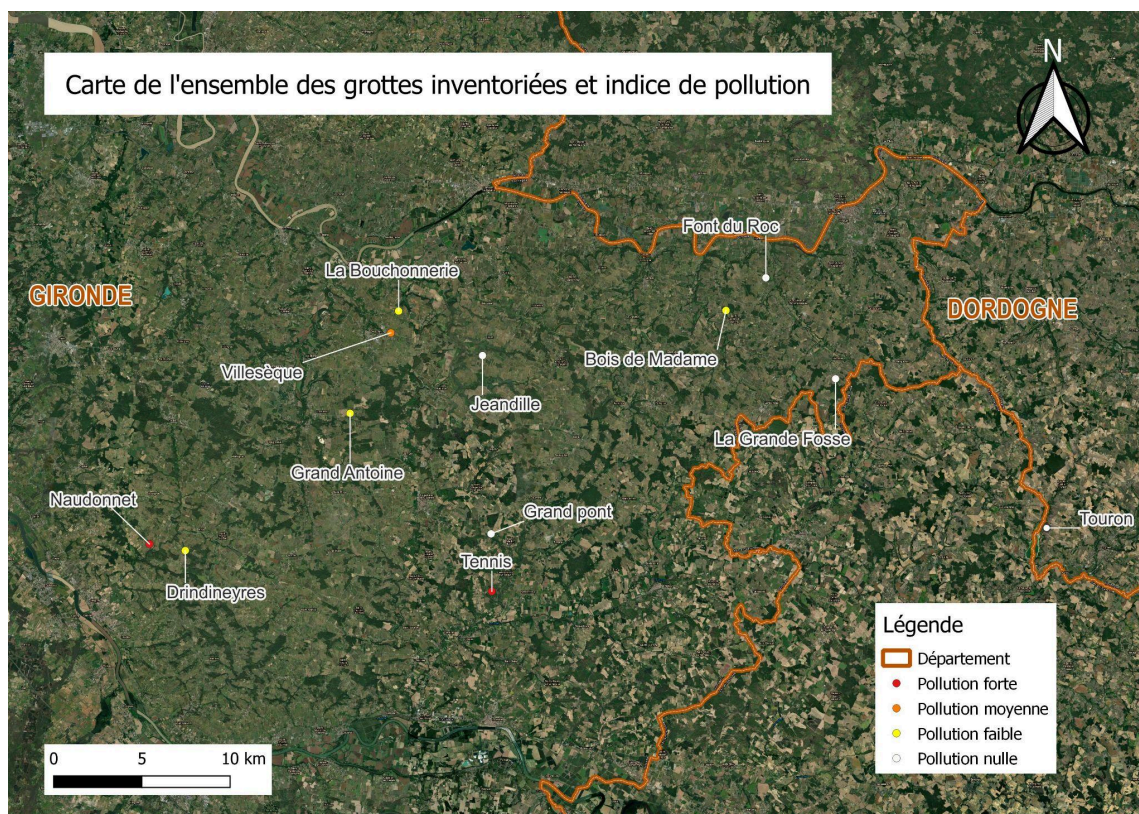


Figure 1 : Carte localisant l'entrée des grottes échantillonnées et leur indice de pollution (source : QGIS / carte personnelle)

B. Protocole et échantillonnage

Pour le protocole, il a été décidé de définir avant d'entrer 2 points de prélèvement. Ils sont déterminés selon le développement de la grotte et l'accessibilité :

- un premier point dit "entrée de grotte" : il se situe sous le plafond de la cavité, dans une zone dépourvue d'aménagement anthropique mais le plus proche de l'extérieur possible ;
- un deuxième point : il se situe dans une zone complètement à l'obscurité, souterraine, bien plus profond dans la grotte, à au moins 20m de développement horizontal, et plus souvent entre 30m et 40m (le tout dépendant toujours de la topographie).

La distance entre l'entrée et les différents points de prélèvement est mesurée grâce à un lasermètre et aux topographies que l'on retrouve sur Karsteau.

Un périmètre d'échantillonnage de 4m² est défini, comprenant les zones terrestres comme les parois, anfractuosités et plafonds accessibles à la hauteur d'un humain (max 1m90), mais aussi les zones

aquatiques comme les cours d'eau souterrains ou les flaques. Certaines roches ont pu être déplacées pour vérifier la présence ou non d'organismes en dessous. Les paramètres abiotiques terrestres ont été mesurés pour chaque point de prélèvement à l'aide d'un thermohygromètre et d'un détecteur de qualité de l'air : concentration en CO₂ (en ppm), température ambiante (en °C), humidité (en %). Le type de conduit souterrain dans lequel s'est déroulé le prélèvement a aussi été noté.

La méthode de la chasse à vue a été choisie, car plus simple à mettre en place. Des pinces en métal rigides incurvées ont été utilisées pour attraper les macroinvertébrés (visibles à l'œil nu) présents dans le périmètre défini précédemment et à portée de main. Seulement 2 individus maximum par espèce sont capturés puis placés dans des flacons contenant de l'alcool à 90° lorsque l'identification nécessitait un guide, une clé d'identification ou du matériel spécifique et pour éviter une prédation potentielle au sein du tube. Les individus sont triés selon l'endroit où ils ont été trouvés (numéro du point, milieu terrestre ou aquatique) dans chaque flacon. Ceux-ci sont ensuite placés à l'abri de la lumière, de la chaleur et de l'humidité. Au total, il y a eu au maximum 3 préleveurs en même temps. Les organismes vertébrés (chiroptères ou amphibiens) n'ont pas été prélevés mais leur espèce a été identifiée sur place et notée ou prise en photo à l'aide d'un smartphone pour une identification ultérieure. Le risque de décoloration à cause de l'alcool étant très fort, les individus qui comportaient une pigmentation particulière ont aussi été pris en photo.

C. Identification des échantillons et analyse des données

Une fois les prélèvements terminés, les échantillons sont identifiés dans une période de 24h à 48h maximum pour éviter une altération des individus. Des guides Delachaux ont été utilisés ainsi que des clés d'identifications trouvées lors de nos recherches bibliographiques. La majorité des échantillons ont nécessité une observation à la loupe binoculaire (grossissement x400 ou 200) et du matériel de dissection.

Par la suite, nous avons effectué des tests statistiques sur les données que nous avons récoltées à l'aide du logiciel RStudio (version 4.3.2) dans le but d'étudier des différences significatives entre la richesse spécifique au sein des grottes (entrée/sortie), de comparer la richesse spécifiques des grottes entre elles, mais aussi pour savoir si il y avait une différence de composition spécifique entre les grottes comportant une pollution anthropique et celles qui n'étaient pas polluées. Pour finir, nous avons aussi voulu tester si la météo extérieure avait une incidence sur la composition spécifique des grottes.

Le test de normalité de Shapiro-Wilk et les tests de comparaison non paramétrique de Wilcoxon-Mann Whitney, Levene, Kruskal-Wallis ainsi qu'une ANOVA ont été effectués pour vérifier des potentielles différences significatives.

IV. Résultats et discussion

A) Richesse spécifique totale et comparaisons entre les grottes

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des données utilisées sur les grottes échantillonnées

Nom	Développement total (m)	Météo extérieure	Type de conduit souterrain	Distance de l'entrée (m)	Pollution	Humidité (%) / Température (°C)	Richesse spécifique globale
Bois de madame	1483	Ensoleillé	Galerie Méandre	1 45	Faible Faible	100 / 15,5 100 / 14,5	7
Bouchonnerie	415	Nuageux	Galerie Galerie	5 20	Nulle Faible	94 / 14 100 / 15	9
Drindineyres	237	Nuageux	Laminoir Salle	5 107	Faible Nulle	97 / 13 100 / 15	19
Fond du Roc	2737	Pluvieux	Salle Salle	3 52	Nulle Nulle	98 / 13 100 / 15	8
Grand Antoine	8577	Pluvieux	Galerie Galerie	5 44	Faible Nulle	100 / 13 100 / 15	14
Grand Pont	2040	Ensoleillé	Galerie Salle	5 34	Nulle Nulle	86,1 / 16,3 99 / 17	10
Grande Fosse	1307	Orageux, Pluvieux	Galerie Galerie	3 70	Nulle Nulle	85 / 17 96 / 15	9
Jeandille	60	Nuageux	Laminoir Salle	3 30	Nulle Nulle	81 / 14 100 / 15	11
Naudonnet	840	Nuageux	Galerie Salle	5 50	Forte Moyenne	99 / 13 100 / 14	6
Tennis	400	Pluvieux	Galerie Galerie	2 45	Forte Moyenne	87 / 18 100 / 15	17
Touron	380	Ensoleillé	Galerie Salle	8 40	Nulle Nulle	75 / 16 65 / 22	18
Villesèque	2300	Nuageux	Salle Galerie	11 177	Moyenne Nulle	88 / 16 100 / 15	8

Une richesse spécifique totale de 60 espèces a été trouvée sur l'ensemble des 12 grottes, dans une période de 10 jours de prélèvements.

Certaines différences d'abondance d'individus et d'espèces observées sur le terrain ont été supposées liées à trois principaux éléments :

- Les caractéristiques abiotiques du milieu dont, entre autres, la température souterraine (Brandmayr et al., 2013 ; Brandmayr et Pizzolotto, 2016 ; Mammola, 2018) la météo extérieure (Grenier et al., 2019), l'humidité (Bourne, 1977) et la profondeur de la grotte, influant sur la présence de troglobies.
- La présence de compétiteurs opportunistes, favorisée par les polluants anthropiques (Turquin, 2010).
- La présence de prédateurs (chiroptères et carabes de la sous-famille des Trechinae).

Pour les calculs statistiques, les tests de Shapiro-Wilk, Levene et une ANOVA. Or, aucune différence significative n'a été observée lors de ceux-ci. Cette absence de différence pourrait s'expliquer par la grande variabilité dans l'arrivée des espèces due au Milieu Souterrain Superficiel (Juberthie et al., 1980), ce qui augmente la complexité de l'habitat souterrain.

B) La richesse spécifique selon la profondeur du prélèvement

Une variation de la richesse spécifique en fonction de la distance par rapport à l'entrée de la grotte a déjà été prouvée (Prous et al., 2015 ; Zimmermann, 2023) et est explicable par la présence de troglobies seulement en profondeur. Cette variation dépendrait de trois principaux facteurs : la latitude, le pourcentage karstique et la déviation standard de l'index de position topographique (Christman et al., 2016). Par ailleurs, l'ouverture des cavités a également un impact sur la structure de la faune cavernicole étant donné que la survie des organismes dépend de l'apport extérieur de matière organique (Culver et al., 2006 ; De Broyer, s. d. ; Souza-Silva, 2012).

Avec les données obtenues, on construit un graphique (figure 2) :

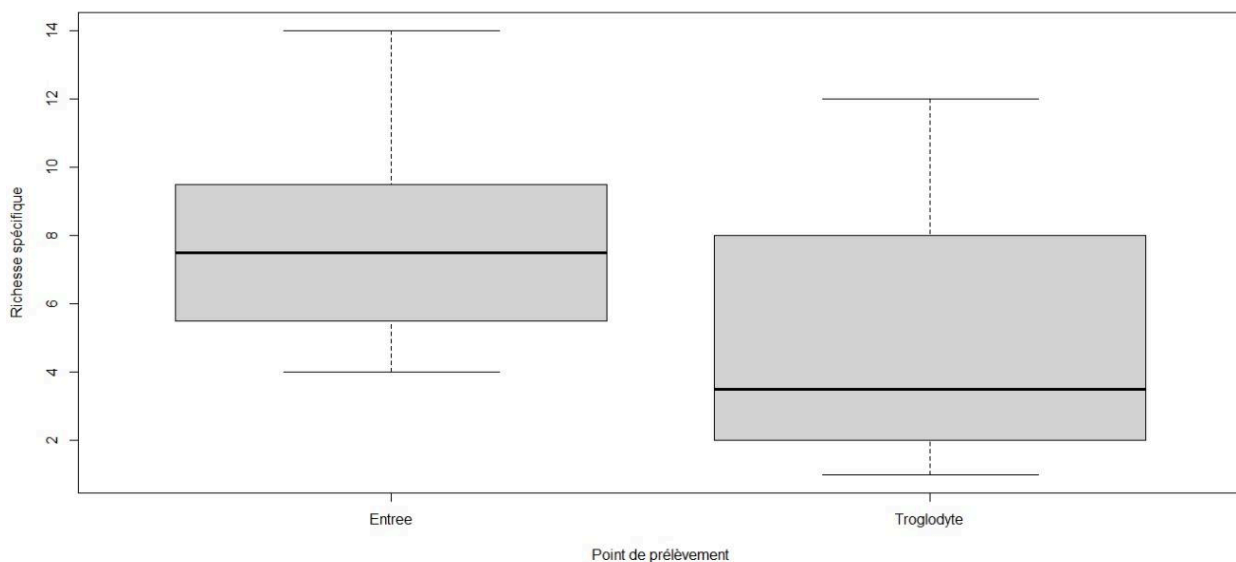


Figure 2 : Boxplot de la richesse spécifique en fonction de la profondeur du prélèvement, valeurs significatives (source : graphique personnel / RStudio)

Ainsi, après avoir effectué les tests statistiques (Shapiro-Wilk, Wilcoxon-Mann Whitney puis Student), une différence a bien été mise en lumière entre la composition spécifique de l'entrée et du fond de la grotte de manière globale, pas pour une grotte en particulier. Cette étude confirme donc bien les propos cités précédemment.

C) L'influence potentielle des polluants anthropiques sur la troglo et stygofaune

La grotte avec le plus d'espèces prélevées (19) est Drindineyres, caractérisée par une faible pollution. La grotte avec le moins d'espèces prélevées (6) est Naudonnet, caractérisée par une forte pollution.. Au vu de ces observations, l'hypothèse de départ sur l'impact de la pollution sur la richesse spécifique semble probable.

On construit alors un boxplot avec les données prélevées (figure 3) :

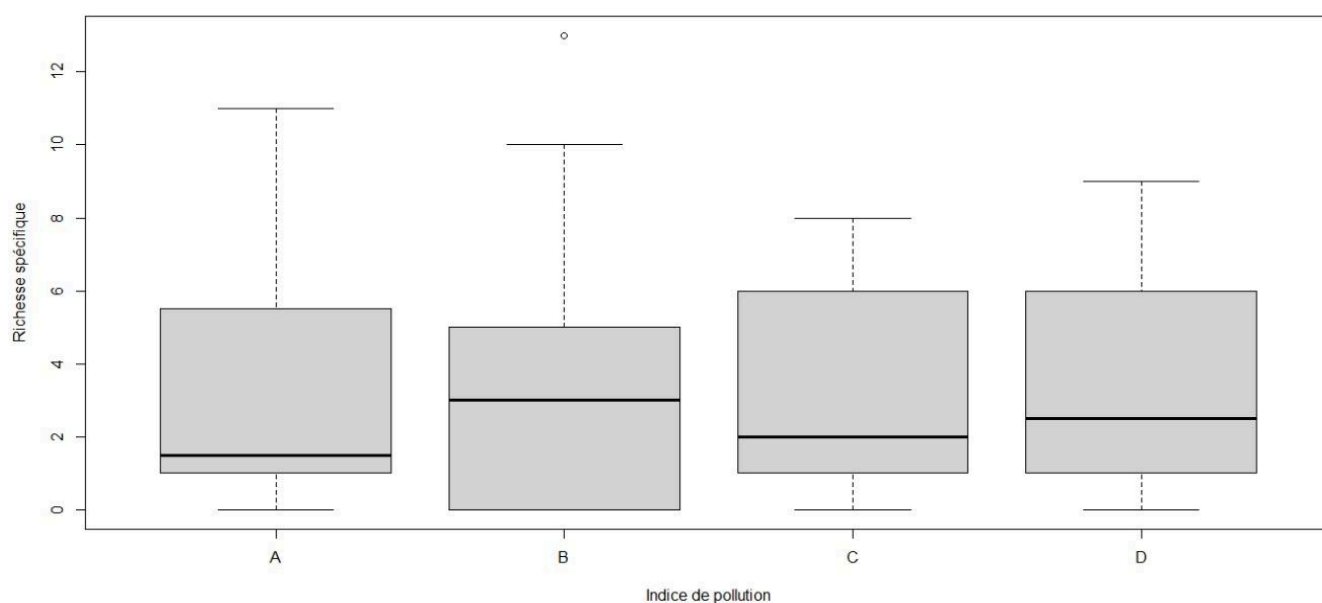


Figure 3 : Boxplot de la richesse spécifique en fonction de l'indice de pollution de la grotte, valeurs non significatives (source : graphique personnel / RStudio)

Cependant, les tests (Shapiro-Wilk et de Kruskal-Wallis) de comparaison de richesse spécifique en fonction du degré de pollution n'ont montré aucune différence significative entre les grottes. Cette absence de différence pourrait être due au nombre insuffisant de données. En effet, 22 grottes étaient en premier lieu prévues pour être échantillonnées avec jusqu'à 3 prélèvements par cavité. Par manque de temps, et certaines par difficulté d'accès seulement 11 d'entre elles ont fait l'objet de 2 prélèvements.

Enfin, Turquin a indiqué en 2010 que la pollution de surface et l'eutrophisation des grottes favorisaient l'augmentation de la diversité spécifique. En effet, les organismes spécialistes des grottes seraient impactés négativement par les intrants anthropiques, réduisant la compétition interspécifique entre spécialistes et généralistes. Les taxons opportunistes généralistes troglaphiles et troglaxènes se

développeraient donc plus facilement dans cet environnement moins sélectif. Ainsi, une faible diversité spécifique serait un gage de qualité du milieu dans le cas où le peu d'espèces présentes seraient troglobies.

Du fait de l'absence de différences significatives, liée potentiellement à la faible quantité de données, aucune hypothèse ne peut être validée. Cependant, au vu de la quantité de facteurs biotiques et abiotiques influant la composition de la faune cavernicole (Brandmayr et al., 2013 ; Brandmayr et Pizzolotto, 2016 ; Mammola, 2018 ; Turquin, 2010) et de la variabilité de la structure karstique, cette étude n'atteint que la surface du sujet et devrait être plus poussée pour permettre de vérifier des conjectures sur l'écologie des organismes souterrains.

D) Limites de l'étude

Lors de cette étude, plusieurs limites ont été rencontrées. Tout d'abord, il est possible que la quantité de données ait été insuffisante. En ayant effectué une courbe d'accumulation au préalable, nous aurions pu définir le nombre idéal de prélèvements à effectuer pour que le nombre d'échantillons n'influence pas la significativité des tests. Aussi, échantillonner plus loin dans les grottes et sur des surfaces plus grandes, avec plus de préleveurs aurait sûrement révélé des communautés différentes : nous n'avons trouvé aucune espèce de la famille des Trechinae dans nos points d'échantillonnages alors que des individus ont pu être observés en dehors.

Par la suite, le matériel a également pu être un biais dans l'étude : des pinces en métal rigides ont été utilisées et certains individus attrapés étaient altérés (certaines espèces de l'ordre des Araneae sont particulièrement reconnaissables par le motif de leur abdomen qui était parfois trop endommagé) du fait de leur petite taille. Plusieurs autres méthodes auraient pu être couplées à la chasse à vue effectuée : certaines études utilisent un tamis (Zimmermann, 2023), d'autres des pièges sous forme d'appâts (Aberlenc et al., 2022) ou encore un berlèse et un filet (Alezine et al., 2020), permettant des prélèvements plus précis et efficaces. Le prélèvement d'organismes aquatiques est particulièrement complexe (Malard et al., 2002) car le milieu est très ouvert et est soumis à un courant et à une profondeur variable et imprévisible. L'eau étant parfois trouble, la chasse à vue n'était potentiellement pas la méthode la plus adéquate pour collecter les organismes aquatiques, surtout par temps de pluie.

De plus, il aurait été intéressant de pousser plus loin les données sur les variables climatiques. Prendre en compte la météo des jours précédents et lors des périodes de précipitation noter le nombre de millimètres d'eau tombés aurait pu démontrer une influence sur la composition spécifique de la faune aquatique, ou influencer les périodes d'émergences de certains individus, notamment les espèces stygophiles comme certaines espèces de libellules qui ont été retrouvées.

En ce qui concerne l'identification, l'utilisation de l'alcool à 90° a décoloré certains individus prélevés, en particulier les motifs de l'abdomen des arachnides. La détermination n'a parfois pas été

effectuée jusqu'au niveau spécifique, mais seulement jusqu'à la famille, voire jusqu'à l'ordre dans les pires des cas. De plus, n'étant pas experts de tous les ordres d'arthropodes arachnides ou des diptères, l'équipe a rencontré des difficultés d'identification. Enfin, certaines familles se différencient par des détails morphologiques difficilement observables à la loupe binoculaire (pores coxaux chez les chilopodes ou mésotome en V chez les diptères), ou même parfois par des critères génétiques.

V. Conclusion

Pour conclure, cette étude a permis de faire une liste non exhaustive de la richesse spécifique de 11 cavités de l'Entre-Deux-Mers. Au total 60 espèces ont pu être échantillonnées dans 12 grottes. Nous avons retrouvé 4 espèces déterminantes ZNIEFF dont 3 protégées : *Rhinolophus ferrumequinum*, *Cordulegaster boltonii*, *Salamandra salamandra*. Il est important de dire que les cavités souterraines présentent un intérêt évident pour de nombreux services écosystémiques, bien qu'ils restent majoritairement inconnus pour une partie du grand public. Cette étude est donc aussi un moyen de mieux faire connaître la faune cavernicole aux non-initiés et de leur montrer leur diversité. Les résultats nous permettent de dire qu'il y a bien une différence de composition spécifique entre l'entrée des grottes et le fond, et donc atteste bien la présence d'espèces troglobies dans la Gironde. Même si les activités anthropique, ici l'apport de pollution et les dépôts de déchets, ne semblent pas affecter la diversité des espèces présentes, il va sans dire que d'autres facteurs comme le réchauffement climatique et la montée des eaux pourraient eux avoir un impact considérable sur les cycles de vie des organismes cavernicoles. Aussi, cet écosystème est fragile et représente une bonne partie de la biodiversité mondiale (Ercoli et al., 2019), alors même qu'une partie reste méconnue du fait de leur difficulté d'accès. Ainsi, cette étude s'inscrit dans une démarche de développement des connaissances pour mieux identifier, comprendre et faire connaître ces milieux au grand public, ce qui permettrait sans doute de mieux les protéger.

VI. Annexes

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

Famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut IUCN	Statut de protection
Agnaridae	<i>Orthometopon planum</i>	-	NE	Non protégé
Amaurobiidae	<i>Amaurobius sp.</i>	-	-	-
Amaurobiidae	<i>Amaurobius ferox</i>	Amaurobe féroce	LC	Non protégé
Arionidae	<i>Arion subfuscus</i>	Loche roussâtre	LC	Non protégé
Bolitophilidae	<i>Bolitophila cinerea</i>	-	NE	Non protégé
Cantharidae	<i>Cantharis sp.</i>	-	-	-
Carabidae	<i>Nebria brevicollis</i>	Nébrie à cou bref	NE	Non protégé
Carabidae	<i>Paranchus albipes</i>	-	NE	Non protégé
Cecidomyiidae	<i>Cecidomyiidae sp.</i>	-	-	-
Cheiracanthiidae	<i>Cheiracanthium mildei</i>	-	LC	Non protégé
Chironomidae	<i>Chironomidae sp.</i>	-	-	-
Chiroptera	<i>Chiroptera sp.</i>	-	-	-
Chiroptera	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Grand rhinolophe	LC	Protégée (espèce déterminante ZNIEFF)
Clausiliidae	<i>Clausilia bidentata</i>	Clausilie commune	LC	Non protégé
Cordulegastriidae	<i>Cordulegaster boltonii (larve)</i>	Cordulégastre annelé	LC	Protégée (espèce déterminante ZNIEFF)
Diptera	<i>Diptera sp.</i>	-	-	-
Ephemeroptera	<i>Ephemeroptera sp. (larve)</i>	-	-	-
Empididae	<i>Empis lutea</i>	-	NE	Non protégé
Gammaridae	<i>Gammarus sp.</i>	-	-	-
Ixodidae	<i>Ixodes ricinus</i>	Tique du mouton	NE	Non protégé
Ixodidae	<i>Ixodes vespertilionis</i>	-	NE	Non protégé
Julidae	<i>Cylindroiulus caeruleocinctus</i>	-	NE	Non protégé
Julidae	<i>Julus scandinavicus</i>	-	NE	Non protégé
Limacidae	<i>Limax maximus</i>	Limace léopard	LC	Non protégé
Limnephilidae	<i>Drusus sp.</i>	-	-	-
Limnephilidae	<i>Glyphotaelius sp.</i>	-	-	-
Limoniidae	<i>Limonia nubeculosa</i>	-	NE	Non protégé
Lithobiidae	<i>Lithobius forficatus</i>	Lithobie à pinces	NE	Non protégé
Lithobiidae	<i>Eupolybothrus nudicornis</i>	Eupolybothre à antennes glabres	NE	Non protégé
Machilidae	<i>Machilidae sp.</i>	-	-	-

Mycetophilidae	<i>Mycetophilidae sp. 1</i>	-	-	-
Mycetophilidae	<i>Mycetophilidae sp. 2</i>	-	-	-
Nesticidea	<i>Nesticidae sp. 1</i>	-	-	-
Nesticidea	<i>Nesticus cellulanus</i>	Nestique alvéolé	LC	Non protégé
Niphargidae	<i>Niphargus sp.</i>	-	-	-
Oniscidae	<i>Oniscus asellus</i>	Cloporte commun	NE	Non protégé
Opiliones	<i>Phalangioidea sp.</i>	-	-	-
Oxychilidae	<i>Oxychilus draparnaudi</i>	Grand luisant	LC	Non protégé
Oxychilidae	<i>Oxychilus navarricus</i>	Luisant des Pyrénées	LC	Non protégé
Pholcidae	<i>Pholcus phalangioides</i>	Pholque phalangiste	LC	Non protégé
Phoridae	<i>Phoridae sp.</i>	-	-	-
Pisauridae	<i>Pisaura mirabilis</i>	Pisaure admirable	LC	Non protégé
Polydesmidae	<i>Polydesmus angustus</i>	-	NE	Non protégé
Psychodidae	<i>Psychodidae sp.</i>	-	-	-
Rhinophorinae	<i>Rhinophorinae sp.</i>	-	-	-
Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>	Salamandre tachetée	LC	Protégée (espèce déterminante ZNIEFF)
Sciaridae	<i>Sciaridae sp.</i>	-	-	-
Scirtidae	<i>Elodes minuta</i>	-	NE	Non protégé
Sphaeroceridae	<i>Sphaeroceridae sp. 1</i>	-	-	-
Sphaeroceridae	<i>Sphaeroceridae sp. 2</i>	-	-	-
Staphylinidae	<i>Tasgius morsitans</i>	-	NE	Non protégé
Tetragnathidae	<i>Meta bourneti</i>	-	LC	Espèce déterminante ZNIEFF
Tetragnathidae	<i>Metellina merianae</i>		LC	Non protégé
Theridiidae	<i>Platnickina tinctoria</i>	-	NE	Non protégé
Theridiidae	<i>Steatoda grossa</i>	Stéatode domestique	LC	Non protégé
Theridiidae	<i>Theridiidae sp. 1</i>	-	-	-
Theridiidae	<i>Theridiidae sp. 2</i>	-	-	-
Theridiidae	<i>Theridion varians</i>	-	LC	Non protégé
Trachelipodidae	<i>Trachelipus rathkii</i>	-	NE	Non protégé
Veliidae	<i>Velia sp.</i>	Vélie	-	-

VII. Bibliographie

- Aberlenc, H.-P. (2022). La faune contemporaine de la grotte Chauvet-Pont-d'Arc. *Karstologia* 80, 1-12.
- Alezine, T., Lefebvre, F., & SEPANSO Aquitaine (Bordeaux). (2020). *Inventaire de la faune aquatique souterraine & Qualité des milieux en Nouvelle-Aquitaine*. HAL. France Nature Environnement en Nouvelle-Aquitaine.
- Alonso, C. (2019). Plongée sous la surface de la terre : la formidable adaptation du vivant. *Passion Entomologie*.
- Bellmann, H. (2014). *Guide photo des araignées et arachnides d'Europe : plus de 400 espèces illustrées*. Delachaux et Niestlé.
- Bourne, J.D. (1977). Mise en évidence de groupements temporaires de la faune pariétale dans un tunnel artificiel en fonction de l'humidité et des mouvements d'air. *Revue Suisse de Zoologie*, 84, 527-539.
- Brandmayr, P., Giorgi, F., Casale, A., Colombetta, G., Mariotti, L., Taglianti, A.V., *et al.* (2013). Hypogean carabid beetles as indicators of global warming ? *Environmental Research Letters*, 8, 044047.
- Brandmayr, P. & Pizzolotto, R. (2014). Climate change and its impact on epigean and hypogean carabid beetles. *Periodicum Biologorum*, 118, 147-162.
- Briers, R.A. & Biggs, J. (2000). Indicator taxa for the conservation of pond invertebrate diversity. *Aquatic Conservation : Marine And Freshwater Ecosystems*, 13, 323-330.
- Christman, M.C., Doctor, D.H., Niemiller, M.L., Weary, D.J., Young, J.A., Zigler, K.S., *et al.* (2016). Predicting the occurrence of Cave-Inhabiting fauna based on features of the Earth surface environment. *PloS One*, 11, e0160408.
- Claivaz, L. (2024). *Une clé pour déterminer les Isopodes terrestres d'Île-de-France*. Geo Nat'idF Base de Données Naturalistes. Disponible sur : <https://geonature.arb-idf.fr/nouvelles/une-cle-pour-determiner-les-isopodes-terrestres-dile-de-france>. Last accessed 20 juin 2024.

Clé XPER3. (2021). *CarabAgri*. Disponible sur :

<https://dynafor.toulouse.inra.fr/carabagri/index.php?sujet=cle>. Last accessed 20 juin 2024.

Culver, D.C. (1993). The geometry of natural selection in cave and spring populations of the amphipod *Gammarus minus* Say (Crustacea : Amphipoda). *Biological Journal Of The Linnean Society*, 52, 49-67.

Culver, D.C. (2005). The Mid-Latitude Biodiversity Ridge in terrestrial cave fauna. *Ecography*, 29, 120-128.

De Broyer, C. (2024). *Le fonctionnement de l'écosystème d'une grotte*. La Commission Wallonne D'Etude et de Protection des Sites Souterrains. Disponible sur :

<https://www.cwepss.org/fonctionnementEcosysteme.htm>. Last accessed 20 juin 2024.

Decker, P. & Pfeifle, R. (2024). *Diplopoda.de - Die Tausendfüßer-Seite*. *diplopoda.de*. Disponible sur : <http://www.diplopoda.de/html/bestimmung.php#5>. Last accessed 20 juin 2024.

Deharveng, L., Stoch, F., Gibert, J., Bedos, A., Galassi, D., Zigmajster, M., *et al.* (2009). Groundwater biodiversity in Europe. *Freshwater Biology*, 54, 709-726.

Domínguez-Villar, D., Lojen, S., Krklec, K., Baker, A. & Fairchild, I.J. (2014). Is global warming affecting cave temperatures ? Experimental and model data from a paradigmatic case study. *Climate Dynamics*, 45, 569-581.

Ercoli, F., Lefebvre, F., Delangle, M., Godé, N., Caillon, M., Raimond, R., *et al.* (2018). Differing trophic niches of three French stygobionts and their implications for conservation of endemic stygofauna. *Aquatic Conservation*, 29, 2193-2203.

Farlund, M. (2008). *Theridiidae. Mine Edderkopper (Blog)*. Disponible sur : <https://crocea.wordpress.com/theridiidae/>. Last accessed 20 juin 2024.

GEB (Groupe d'étude de biospéologie). (2024). *Araignées - GROUPE D'ÉTUDE DE BIOSPÉOLOGIE*. Copyright GROUPE D'ÉTUDE DE BIOSPÉOLOGIE. Disponible sur : <https://geb.ffspeleo.fr/spip.php?rubrique60>. Last accessed 20 juin 2024.

- Geoffroy, J.-J. (1991). Les cavités artificielles et la répartition des diplopodes endogés et souterrains : intérêt biogéographique. *Revue Suisse de Zoologie*, 98, 93-106.
- Hubart, J.-M. & Dethier, M. (1998). La faune troglobie de Belgique : état actuel des connaissances et perspectives. *Bulletin de la Société Royale Belge D'Entomologie*, 164-178.
- Iorio, E. (2006). *Le Monde des insectes - Chilopoda : Clé illustrée. Le Monde des Insectes*. Disponible sur : <https://www.insecte.org/spip.php?article14#lithobio>. Last accessed 20 juin 2024.
- Juberthie, C. (1979). Sur l'existence du milieu souterrain superficiel en zone calcaire. *Mémoires de Biospéléologie*, 77-93.
- Leraut, P. & Blanchot, P. (2003). *Le guide entomologique*. Delachaux et Niestlé.
- Malard, F., Dole Olivier, M., Mathieu, J. & Stoch, F. (2002). *Sampling Manual for the Assessment of Regional Groundwater Biodiversity*. Lyon : PASCALIS Project.
- Mammola, S., Cardoso, P., Ribera, C., Pavlek, M. & Isaia, M. (2017). A synthesis on cave-dwelling spiders in Europe. *Journal Of Zoological Systematics And Evolutionary Research*, 56, 301-316.
- Mammola, S., Goodacre, S.L. & Isaia, M. (2016). Climate change may drive cave spiders to extinction. *Ecography*, 41, 233-243.
- Nentwig, W., Gloor, D., Blick, T., Kropf, C. & Hänggi, A. (2009). *Spiders of Europe. Araneae*. Disponible sur : <https://araneae.nmbe.ch/>. Last accessed 20 juin 2024.
- Oger, P. (2024). *Les araignées de Belgique et de France. Arachno*. Disponible sur : <https://arachno.piwigo.com/>. Last accessed 20 juin 2024.
- Protas, M. & Jeffery, W.R. (2012). Evolution and development in cave animals : from fish to crustaceans. *WIREs Developmental Biology*, 1, 823-845.
- Prous, X., Ferreira, R.L. & Jacobi, C.M. (2014). The entrance as a complex ecotone in a neotropical cave. *International Journal Of Speleology*, 44, 177-189.
- Roberts, M.J. (2007). *Guide des araignées de France et d'Europe : plus de 450 espèces décrites et illustrées*. Delachaux et Niestlé.

- Silva, M.S., De Oliveira Bernardi, L.F., Martins, R.P. & Ferreira, R.L. (2012). Transport and consumption of organic detritus in a neotropical limestone cave. *Acta Carsologica*, 41, 139-150.
- Sket, B. (1998). The nature of biodiversity in hypogean waters and how it is endangered. *Biodiversity And Conservation*, 8, 1319-1338.
- Skubała, P., Dethier, M., Madej, G., Solarz, K., Małol, J. & Kaźmierski, A. (2013). How many mite species dwell in subterranean habitats ? A survey of Acari in Belgium. *Zoologischer Anzeiger - A Journal Of Comparative Zoology*, 252, 307-318.
- Société Limousine d'étude des Mollusques. (2024). *Atlas des mollusques de la région Nouvelle-Aquitaine. Mollusques Nouvelle Aquitaine*. Disponible sur : <https://mollusques-nouvelle-aquitaine.fr/>. Last accessed 20 juin 2024.
- Stoch, F., Artheau, M., Brancelj, A., Galassi, D.M.P. & Malard, F. (2008). Biodiversity indicators in European ground waters : towards a predictive model of stygobiotic species richness. *Freshwater Biology*, 54, 745-755.
- Turquin, M.-J. (2009). Le paradoxe de la biodiversité du milieu souterrain. *Bulletin Mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*, 2, 77-85.
- Zimmermann, C. (2022). Etude de la faune souterraine dans l'Entre-Deux-Mers. Mémoire de master. Université de Bordeaux.

VIII. Résumé

Ce rapport porte sur l'étude de la faune cavernicole de 12 grottes de l'Entre-Deux-Mers. Il présente le CRES, la Gironde d'un point de vue géologique et géomorphologique, ainsi que le protocole d'échantillonnage (chasse à vue) et d'identification des espèces prélevées. Les objectifs incluent l'inventaire de la diversité biologique des grottes et la mise en lumière de l'impact des polluants d'origine anthropique sur la richesse spécifique animale souterraine. Les résultats montrent, selon les statistiques, que la richesse spécifique ne varie pas de façon significative entre les grottes ou selon le niveau de pollution. Seulement la profondeur de l'échantillonnage semble avoir une influence sur la composition faunistique troglodytique. Ces résultats sont en accord avec les autres études faites sur des sujets similaires.