



Fédération Française
de Spéléologie



Université de Bordeaux

UF de Biologie

MASTER SCIENCES, TECHNOLOGIES, SANTÉ

Mention Biodiversité, Écologie & Évolution

1^{ère} année

Année universitaire 2024/2025

RAPPORT DE STAGE

BARRIER Elise

Étude de la répartition de la faune cavernicole dans l'Entre-deux-Mers :
influence des facteurs environnementaux et de la géomorphologie

Stage effectué du 03/05/2025 au 29/06/2025

Maître de stage : BALLOUX Gabriel

Organisme d'accueil : Club de Recherches et d'Explorations Souterraines - CRES

132 avenue Aristide Briand, 33700 MÉRIGNAC

Tél : 06 70 10 82 49 Mail : gerard.bousquet3@orange.fr

Remerciements

Je souhaite tout d'abord exprimer ma profonde gratitude à Gabriel BALLOUX, vice-président du CRES (Club de Recherches et d'Explorations Souterraines), pour m'avoir accueillie en tant que stagiaire. Merci de m'avoir initiée à la spéléologie, de m'avoir permis de vivre une expérience enrichissante, et pour les connaissances et les conseils apportés au cours de ces deux mois de stage. Un grand merci également à Gérard BOUSQUET, président du CRES, pour son accueil chaleureux au sein du club et son enthousiasme. Je remercie aussi tous les membres du club pour leur convivialité.

Je souhaite aussi remercier Charline CHARBONNIER, responsable de la commission biospéléologie, pour ses connaissances, son soutien et le prêt de sa loupe binoculaire. Merci également à Erim KOC, référent entomologique, pour son aide et ses retours d'expérience.

Merci à toutes les personnes qui m'ont apporté une aide précieuse : à Bernard LEBRETON, biospéléologue, pour la richesse de ses connaissances, sa disponibilité et son enthousiasme; à Thibault STENGER, directeur de l'association La Huppe Verte, pour son aide lors des identifications et pour sa bienveillance; à Suzanne DELUDE, membre de la Huppe Verte, pour la formation enrichissante sur les chiroptères; et aux membres de la Société linnéenne de Bordeaux pour leur savoir et leur accueil.

Je remercie aussi l'Université de Bordeaux pour le prêt des loupes binoculaires et les livres mis à disposition. Merci à la commune de Saint-Quentin-de-Caplong, à son maire Jean-Pierre ROUBINEAU, ainsi qu'à Jean-Christophe MAURO, propriétaire de Bois Madame, pour leur collaboration. Merci également à Adrien VILLIER pour ses conseils éclairants sur la grotte de Font du Roc, et à Éric TOURRET, le propriétaire du site.

Je tiens également à remercier chaleureusement Jason Roche, stagiaire au CRES sur la pollution de surface des cavités, pour le temps qu'il nous a consacré, son aide lors des échantillonnages et son soutien tout au long du stage.

Enfin, je souhaite exprimer toute ma reconnaissance à mes camarades de stage, Auréliane GAY, Alicia LE STRAT et Stella SARRAZIN, pour leur soutien sans faille, leur bonne humeur communicative et leur aide essentielle tout au long de cette belle aventure.

Sommaire

Remerciements

Sommaire

Liste des figures

Listes des tableaux

Présentation de la structure d'accueil

I. Introduction.....6

II. Matériel et méthodes.....7

 A – Choix des cavités.....7

 B – Protocole d'échantillonnage.....8

 C – Analyses statistiques.....9

III. Résultats.....10

 A - Recherche de l'existence d'un gradient environnemental.....10

 B - Différence écologique entre l'entrée et le fond des grottes.....12

 C - Variation de la répartition de la faune selon la géomorphologie au sein des grottes.. 12

IV. Discussion.....13

 A – Mise en évidence d'un gradient environnemental.....13

 B – Différences écologiques entre l'entrée et le fond des grottes.....14

 C – Influence de la géomorphologie.....14

V. Conclusion.....15

Références bibliographiques

Annexe

Résumé de l'étude

Liste des figures

Figure 1 : Carte des grottes échantillonnées dans l'Entre-deux-Mers à l'aide du logiciel QGIS

Figure 2 : Test de Pettitt appliqué sur les variables d'humidité relative (%) et de température (°C) au cours de la distance (0 - 400m).

Figure 3 : Variation de la richesse spécifique (RS) selon le type de substrat (entre 150 - 400m).

Listes des tableaux

Tableau I : Caractéristiques des grottes étudiées

Tableau III : Différences de plusieurs variables entre l'entrée (0-150m) et fond (150-400m).

Tableau II : Corrélation de Spearman entre différentes variables environnementales et la distance depuis l'entrée (entre 0 et 400 mètres).

Tableau IV : Test de Dunn avec correction de Bonferroni (après le test de Kruskal-Wallis) entre la richesse spécifique (RS) et chaque duo de substrats.

Présentation de la structure d'accueil

Le Club de Recherches et d'Explorations Souterraines (CRES) est une association basée à Mérignac. Le CRES est affilié à la Fédération Française de Spéléologie (FFS) par l'intermédiaire du Comité Départemental de Spéléologie de la Gironde (CDS33). Crée en 1978, il s'agit du plus ancien club de spéléologie encore actif en Gironde. Son président actuel est Gérard Bousquet.

Le club organise diverses activités liées à la spéléologie en Gironde et ailleurs (Dordogne, Pyrénées...) : initiation, exploration ou visite de grottes; entraînements en falaise pour la progression verticale; ainsi que des formations aux techniques de secours. Il comprend aussi la section CUPASO (Culture et Patrimoines Souterrains), dirigée par Michel Audouin, qui se consacre à l'étude de l'histoire, de la préhistoire et de l'architecture retrouvées dans les milieux souterrains.

Le CRES comprend également la section GEREVEP (Groupe d'Études et de Recherches en Écologie – Valorisation de l'Environnement et du Patrimoine), dirigée par Gabriel Balloux. Cette structure permet au club de mener diverses actions liées à la biodiversité de surface et à la biospéléologie, notamment avec des inventaires de la faune cavernicole depuis 2023. En parallèle, des activités de suivi et de dépollution des cavités sont réalisées au sein de la commission Géologie-Environnement.

Par l'ensemble de ses actions, le CRES contribue activement à la connaissance, à la valorisation et à la protection des grottes, en particulier celles de l'Entre-deux-Mers, ainsi que de la biodiversité qu'elles abritent.

I. Introduction

L'Entre-deux-Mers, située au sud-ouest de la France, entre les fleuves Dordogne et Garonne, présente un paysage typiquement karstique. Le terme karst désigne à la fois une structure géologique et géomorphologique engendrée par des processus d'érosion et d'altération des roches, ainsi qu'un système hydrogéologique de circulation des eaux souterraines (Jouves, 2018). Un paysage karstique se développe principalement sur des roches carbonatées, comme le calcaire, car elles sont soumises à la dissolution par l'eau acidifiée lors de son infiltration dans le sol (Jouves, 2018). Ainsi, l'Entre-deux-Mers, dominée par les calcaires à Astéries et ceux de Castillon datant de l'Oligocène (Séronie-Vivien, 1988), partiellement recouvert de molasses argilo-sableuses, présente toutes les caractéristiques de la karstification. Des formes karstiques de surface sont retrouvées : de nombreuses dolines (dépressions en forme d'entonnoir), des pertes (zones d'entrée de l'eau dans le sous-sol) et des résurgences de ruisseaux (zones de sortie de l'eau). Et surtout des formes souterraines : les cavités horizontales nommées les grottes (Audra, 2010).

La région abrite de nombreuses grottes, explorées pour leur intérêt géologique, mais aussi pour leur biodiversité particulière. Celle-ci présente des adaptations au milieu souterrain dues aux conditions de vie spécifiques. La lumière y est absente, sauf à l'entrée, ce qui rend la photosynthèse impossible, et donc marque l'absence d'une partie des producteurs primaires (les végétaux). Néanmoins, les bactéries, champignons et autres micro-organismes y sont très présents, et représentent une part importante de la production primaire. Les ressources alimentaires sont toutefois considérées comme limitantes (Simon, 2009; Pouilly, 2013). Ainsi, on retrouve essentiellement au fond des grottes des espèces carnivores et détritivores. De plus, à partir d'une certaine profondeur, la température et l'humidité y sont remarquablement constantes, ce qui entraîne des adaptations particulières de la faune (Ariagno et Lips, 2019; Dethier et Rochez, 2022).

Cette faune cavernicole peut être ainsi divisée en trois catégories, selon leur degré de dépendance au milieu souterrain (Pouilly, 2013; Ariagno et Lips, 2019). Tout d'abord, les trogloxènes, regroupent les espèces qu'on retrouve accidentellement. Ensuite, les troglophiles décrivent les espèces qui peuvent passer une partie de leur vie dans les grottes (hivernage, diapause...), avec des adaptations physiologiques et comportementales (par

exemple l'escargot *Oxychilus cellarius* (O.F. Müller, 1774)). Enfin, les troglobies, représentent les véritables cavernicoles : ces espèces ne vivent que dans le milieu souterrain et présentent des adaptations comportementales, physiologiques et morphologiques : dépigmentation, réduction ou perte de la vue, appendices allongés (par exemple chez l'araignée *Porrhomma rosenhaueri* (L. Koch, 1872)). Pour les espèces aquatiques des milieux souterrains, on parle de stygoxènes, stygophiles (par exemple le crustacé *Gammarus* sp.) et stygobies.

Toutefois, la faune souterraine de l'Entre-deux-Mers reste encore peu connue. Ce rapport a alors comme objectif d'approfondir la connaissance sur la répartition de la faune cavernicole le long du gradient entrée-fond des grottes.

Ainsi, cette étude a comme principaux objectifs de 1) mettre en évidence l'existence d'un gradient environnemental au sein des grottes de l'Entre-deux-Mers 2) étudier la différence écologique entre l'entrée et le fond des grottes 3) étudier comment la richesse spécifique et la répartition de la faune varie selon la géomorphologie.

II. Matériel et méthodes

A – Choix des cavités

L'Entre-deux-Mers compte environ 150 cavités. Les informations relatives à ces cavités ont été recueillies à partir de Karsteau (<https://www.karsteau.org>), une base de données spéléologiques de référence. Toutes les grottes n'étant pas accessibles, ou ne répondant pas aux critères (définis dans le prochain paragraphe), il n'a pas été possible d'effectuer une sélection aléatoire. Le choix des cavités à échantillonner a alors été effectué à partir des données de Karsteau (Figure 1).

Les critères de sélection ont été définis en fonction de la problématique de l'étude : caractériser un gradient entrée-fond. Les cavités retenues devaient permettre un échantillonnage tous les 50 mètres, depuis l'entrée jusqu'à une distance maximale de 400 mètres. Cette limite a été fixée pour des raisons de temps et de sécurité. Les cavités devaient également être accessibles et posséder un développement supérieur à 400 mètres.

Sur la base de ces critères, et en fonction du temps disponible pour la campagne d'échantillonnage, cinq grottes ont été sélectionnées (Tableau I).

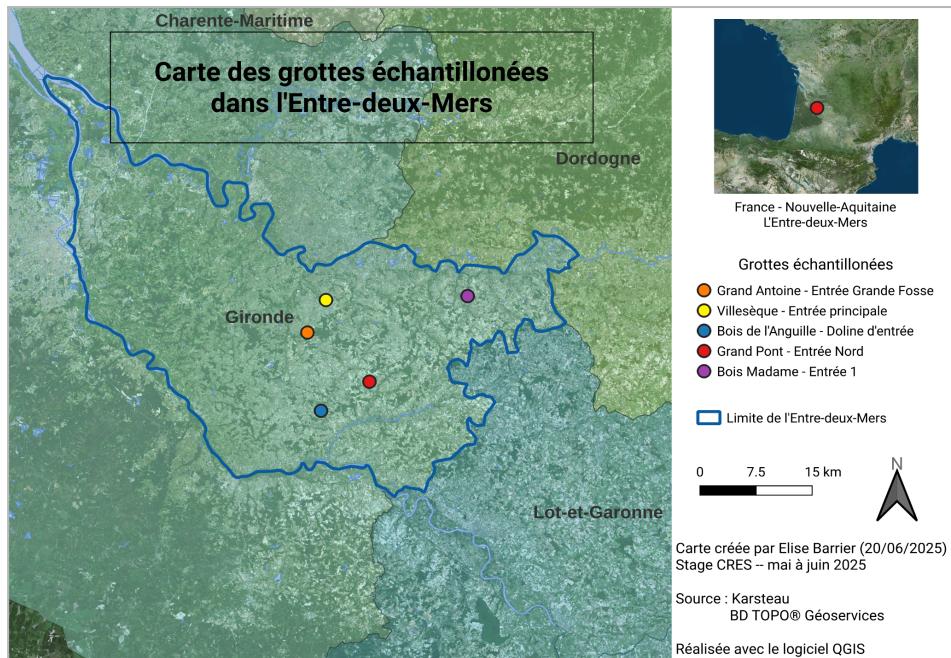


Figure 1 : Carte des grottes échantillonées dans l'Entre-deux-Mers à l'aide du logiciel QGIS

Tableau I : Caractéristiques des grottes étudiées

Nom de la cavité	Nature de l'entrée	Développement total (mètres)	Localisation
Grand Antoine Entrée Grande Fosse	Perte horizontale, sans écoulement d'eau	8 577 m	Frontenac
Villesèque Entrée principale	Perte horizontale, écoulement d'eau temporaire	2 317 m	Blasimon
Bois de l'Anguille Doline d'entrée	Perte verticale, sans écoulement d'eau	2 300 m	Saint-Félix-de-Foncaude
Grand Pont Entrée Nord	Perte verticale, écoulement d'eau temporaire	2 040 m	Saint-Martin-du-Puy
Bois Madame Entrée 1	Perte verticale, écoulement d'eau temporaire	1 483 m	Saint-Quentin-de-Caplong

B – Protocole d'échantillonnage

Un protocole standardisé a été mis en place afin d'étudier le gradient entrée-fond. Dans chaque cavité, un échantillonnage a été réalisé tous les 50 mètres, jusqu'à 400 mètres de profondeur, soit neuf points d'échantillonnage par cavité. Les distances ont été mesurées à l'aide d'un laser-mètre (Vevor).

À chaque point, une surface de 4 m³ a été échantillonnée, incluant le sol, les parois, ainsi que les zones aquatiques, si présentes. Cette surface a été définie en prenant en compte la morphologie variable des grottes.

L'échantillonnage reposait sur la méthode de la chasse à vue, méthode la plus accessible et efficace (Front et Lebreton, 2020). Pendant 10 minutes, trois personnes ont collecté les organismes visibles à l'œil nu à l'aide de pinces souples ou de pinceaux, afin d'éviter toute détérioration des individus. Les espèces aquatiques ont été prélevées à l'aide d'un tamis de 0,5 mm. Seuls les individus non identifiables sur place ont été collectés, puis les espèces ont été identifiées au local du CRES. Ils ont été conservés dans des tubes Falcon contenant de l'alcool à 70 %, à l'abri de la lumière et de la chaleur. Les espèces protégées, comme les chiroptères ou les salamandres, ont uniquement été photographiées avec un téléphone portable pour une identification ultérieure.

L'identification des individus a été réalisée à l'aide de loupes binoculaires (20x – 40x, NOVEX P-20), en s'appuyant sur des guides spécialisés ou des clés de détermination issues de ressources bibliographiques et numériques (Guides Delachaux; GEB, 2023). Pour chaque espèce identifiée, un régime alimentaire (herbivore, détritivore, omnivore, carnivore) et une adaptation au milieu souterrain (trogloxène, troglophile, troglobie) ont été attribués en s'appuyant sur la littérature scientifique.

En complément, à chaque point, des paramètres environnementaux ont été mesurés :

- Lumière (présence, absence)
- Température, avec un thermo-hygromètre (marque non connue) (en °C, ± 1 °C)
- Humidité relative, avec un thermo-hygromètre (en %, ± 4 %)
- Teneur en CO₂ de l'air ambiant, avec un détecteur de CO₂ (en ppm, ± 50 ppm)

Ainsi que la géomorphologie des grottes (selon nos appréciations personnelles)

- Morphologie : entrée, galerie, passage étroit (laminoir, boyau), passage haut (salle)
- Substrat prédominant : argileux, rocheux, graveleux, sableux.

C – Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel RStudio (version 4.2.2). Le seuil de significativité statistique a été fixé à $\alpha = 0,05$.

Étant donné que les conditions d'application des tests paramétriques (notamment la normalité et l'indépendance des résidus) n'étaient pas remplies, seuls des tests non paramétriques ont été utilisés. La corrélation de Spearman a été utilisée pour étudier la relation entre les variables quantitatives. Le test de Pettitt, issu du package Trend, a permis de détecter une rupture dans une série. Le test de Wilcoxon-Mann-Whitney a été utilisé pour

comparer une variable quantitative à une variable qualitative de deux modalités. Le test de Kruskal-Wallis a été utilisé dans le cas de comparaisons impliquant une variable qualitative à plus de deux modalités. Un test de Dunn avec correction de Bonferroni a été utilisé pour comparer plusieurs groupes deux à deux, suite au test de Kruskal-Wallis. Le test exact de Fisher a été choisi, la condition d'application n'étant pas respectée (effectif attendu supérieur à 5 dans chaque case), pour étudier les variables qualitatives entre elles. Les graphiques ont été réalisés avec le package ggplot2.

Les tests ont été effectués sur l'ensemble des grottes échantillonnées. En raison de l'absence d'un point d'échantillonnage à Bois Madame, l'effectif total est de 44 points d'échantillonnages. Des analyses ont été menées spécifiquement entre 150 et 400 mètres, ce qui correspond à un effectif de 29. Le nombre total d'espèces échantillonnées est de 50 sur l'ensemble des grottes (Annexe 1).

III. Résultats

A - Recherche de l'existence d'un gradient environnemental

Afin de rechercher s'il existe un gradient environnemental, des analyses de corrélation ont été réalisées entre la distance depuis l'entrée de la grotte et plusieurs variables environnementales. Il existe une corrélation significativement positive entre l'humidité et la distance et une corrélation significativement négative entre la température et la distance. Le taux de CO₂ et la distance n'ont aucune relation significative (Tableau II).

La richesse spécifique a été également testée afin de voir s'il y avait une réponse à la distance. Une corrélation significativement négative existe entre la richesse et la distance a été identifiée (Tableau II). La richesse spécifique diminue en s'enfonçant dans la grotte.

Tableau II : Corrélation de Spearman entre différentes variables environnementales et la distance depuis l'entrée (entre 0 et 400 mètres). Différences significatives indiquées par des étoiles * : $p \leq 0,05$; ** : $p \leq 0,01$; *** : $p \leq 0,001$; ns : non significatif.

Variables testées	rho	p-value	n	Relation significative
Richesse Spécifique	- 0.571	0,0001	44	***
Humidité	0.455	0,0019	44	**
Température	- 0.362	0,0157	44	*
Taux de CO ₂	- 0.003	0,9851	44	ns

Une relation entre la présence de lumière et la distance existe également. Cependant, la lumière n'étant présente qu'à l'entrée (0 mètre), aucun test n'a été réalisé.

Le gradient environnemental, variation de la température et de l'humidité, a ensuite été localisé à l'aide d'un test détectant une rupture de tendance au cours de la distance. Une rupture significative a été trouvée à 100 m pour l'humidité et à 150 m pour la température (Figure 2).

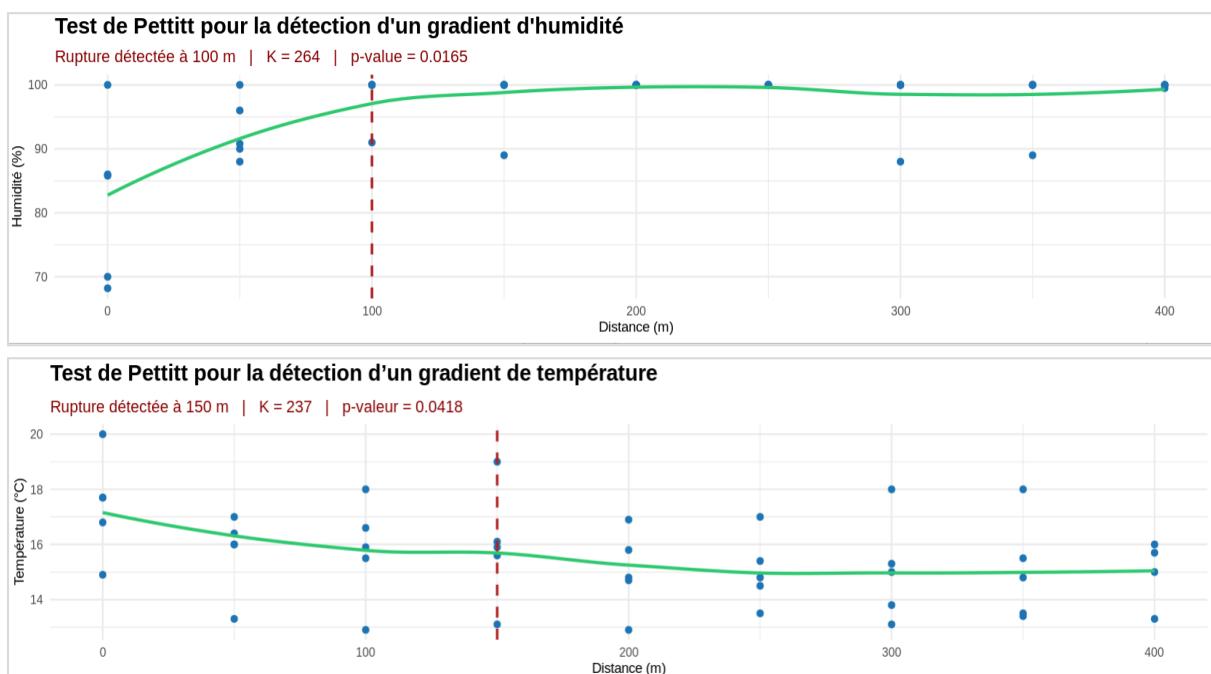


Figure 2 : Test de Pettitt appliqué sur les variables d'humidité relative (%) et de température (°C) au cours de la distance (0 - 400m). Les points bleus représentent les points d'échantillonages. La courbe verte représente la courbe de tendance générale. La ligne en pointillé rouge représente la rupture de tendance détectée.

Le test met également en évidence une rupture significative à 100 mètres dans la relation entre la richesse spécifique et la distance ($K = 264$; p-value = 0,018). La richesse diminue jusqu'à 100 mètres, puis se stabilise au-delà, ce qui montre une influence du gradient environnemental jusqu'à cette distance.

Étant donné que la température varie jusqu'à 150 m de l'entrée, il a été décidé, par précaution, de définir le gradient environnemental entre 0 et 150 m, afin d'intégrer l'ensemble des variations environnementales observées.

Pour confirmer que le fond de la grotte n'est plus soumis au gradient environnemental, des tests de corrélation entre la température, l'humidité et la distance ont été réalisés. La richesse spécifique a également été testé. Les résultats montrent qu'aucune de ces variables ne varie au-delà de 150 m. Ainsi, ce qu'on appellera l'entrée des grottes sera située entre 0 et 150 m, et se caractérisera par la présence du gradient environnementale. Le fond, quant à lui, sera situé entre 150 et 400 m et se caractérisera par l'absence de ce gradient.

B - Différence écologique entre l'entrée et le fond des grottes

L'entrée et le fond présentent une différence significative (Tableau III). L'entrée présente une richesse spécifique significativement plus élevée et une plus grande diversité de régimes alimentaires. On observe également une variation dans la répartition des adaptations.

Tableau III : Différences de plusieurs variables entre l'entrée (0-150m) et fond (150-400m). Différences significatives indiquées par des étoiles * : $p \leq 0,0$; *** : $p \leq 0,01$; *** : $p \leq 0,001$.

Variables testés	Entrée	Fond	Test statistique	p-value	Significativité
Richesse spécifique (nombre d'espèces)	Minimum - Maximum (pour chaque grotte) 1 - 12	Minimum - Maximum (pour chaque grotte) 0 - 5	Test de Wilcoxon-Mann-Whitney	0,0025	**
Régime alimentaire (en nombre d'espèces)	Herbivore = 7 Omnivore = 10 Carnivore = 23 Détritivore = 26	Herbivore = 0 Omnivore = 1 Carnivore = 11 Détritivore = 28	Test exact de Fischer	0,0045	**
Adaptation au milieu souterrain (en nombre d'espèces)	Trogloxène = 37 Troglophile = 31 Troglobie = 1	Trogloxène = 7 Troglophile = 33 Troglobie = 0	Test exact de Fischer	0,0045	**

C - Variation de la répartition de la faune selon la géomorphologie au sein des grottes

Afin d'analyser la répartition des espèces, sans l'influence du gradient environnemental, les tests ont été effectués avec uniquement la zone "fond" de la grotte.

Les tests ont permis d'analyser une significativité de la distribution écologique en fonction du substrat. La richesse spécifique varie significativement selon le type de substrat (Figure 3). La richesse est plus forte sur un substrat graveleux que sur sableux ou rocheux (Tableau IV).

La distribution des régimes alimentaires varie également selon le type de substrat (Test exact de Fisher, p-value = 0,01). Cependant, la distribution des espèces selon leur adaptation au milieu souterrain n'est pas significative.

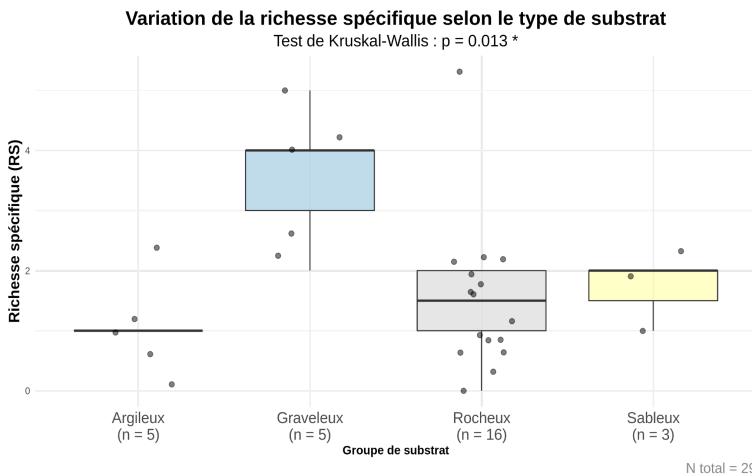


Figure 3 : Variation de la richesse spécifique (RS) selon le type de substrat (entre 150 - 400 m). Chaque boîte représente la distribution des valeurs de RS au sein d'un type. La ligne noire indique la médiane. Les points gris représentent les points d'échantillonnages. Différence significative * : $p\text{-value} < 0,01$

Tableau IV : Test de Dunn avec correction de Bonferroni (après le test de Kruskal-Wallis) entre la richesse spécifique (RS) et chaque duo de substrats. Différences significatives indiquées par des étoiles * : $p \leq 0,0$; *** : $p \leq 0,01$; *** : $p \leq 0,001$; ns : non significatif

Comparaison	Z	p-value	Significativité
Argileux - Gravelieux	- 3.09	0,001	*
Argileux - Rocheux	- 1.02	0,154	ns
Gravelieux - Rocheux	2.79	0,003	*
Argileux - Sableux	- 1.05	0,147	ns
Gravelieux - Sableux	1.62	0,052	ns
Rocheux - Sableux	- 0.39	0,350	ns

La morphologie n'a toutefois montré aucune influence significative sur la distribution de la richesse spécifique, du régime alimentaire ou de l'adaptation au milieu souterrain.

IV. Discussion

Les résultats portent sur cinq grottes échantillonnées dans l'Entre-deux-Mers et l'objectif est de dégager des tendances générales à l'échelle de ce territoire.

A – Mise en évidence d'un gradient environnemental

Les résultats montrent la présence d'un gradient environnemental. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'entrée d'une grotte, une diminution progressive de la température et une augmentation de l'humidité relative sont observées. Au-delà de 150 mètres, les paramètres deviennent stables. Ce gradient indique une zone de transition entre les variations environnementales de l'entrée et les conditions stables du fond. Il existe aussi un gradient lumineux, mais par manque de matériel (luxmètre), il n'a pas pu être localisé précisément.

Ces observations sont cohérentes avec la littérature, qui décrit une forte variabilité des paramètres environnementaux à l'entrée des grottes, suivie d'une stabilisation dans les zones profondes (Turquin *et al.*, 1975). La zone de transition entre ces deux environnements est appelée écotone (Moseley, 2009 ; Dethier et Rochez, 2022).

En revanche, le taux de CO₂ est resté stable, contrairement à d'autres cas où il augmente en lien avec la dégradation de matière organique (Dethier & Rochez, 2022).

B – Différences écologiques entre l'entrée et le fond des grottes

L'écotone ne marque pas une frontière nette, mais une transition progressive entre deux milieux. L'entrée, soumise à des conditions environnementales variables, se distingue par une plus grande richesse spécifique et une diversité de régimes alimentaires (omnivores, herbivores, etc.). Le fond, sans influence extérieure, stable et sans lumière, présente une richesse plus faible, dominée par des régimes alimentaires spécialisés tels que détritivores.

Entre ces deux milieux se répartissent les espèces ayant différentes adaptations au milieu souterrain. Les trogloxènes, peu adaptés au milieu souterrain, se rencontrent principalement à l'entrée des grottes. La présence d'espèces au fond de la cavité pourrait s'expliquer par une introduction accidentelle, possiblement due à une fissure ayant permis leur passage. Les troglophiles quant à eux sont présents tout au long des 400 mètres étudiés, témoignant de leur capacité à occuper le milieu souterrain. Une espèce troglobie a été retrouvée à 100 m, ce qui peut sembler surprenant, mais sa présence s'explique par un facteur plus déterminant que les conditions stables du fond, la présence de nourriture (Ginet et Juberthie, 1988).

En effet, en dehors de la zone d'entrée, les ressources alimentaires se raréfient malgré la présence de bactéries et champignons. En profondeur, l'essentiel de la nourriture provient de sources externes (débris végétaux, guano ...) (Ginet et Juberthie, 1988). Ces éléments sont transportés par les cours d'eau et les eaux d'infiltration. Ainsi, le milieu souterrain est hétérotrophe et principalement peuplé de détritivores (Delamare Deboutteville, 1971).

C – Influence de la géomorphologie

En zone profonde, la richesse spécifique varie selon la nature du substrat. Elle est plus élevée sur des substrats graveleux que sur des substrats argileux ou rocheux. Ceci s'expliquerait par le fait que les graviers offrent des espaces interstitiels favorables à certains organismes (Nyssen et al., 2024). L'influence du substrat est bien documentée : certaines communautés faunistiques sont inféodées à un type de substrat et à une granulométrie particulière (Nyssen

et al., 2024). Par exemple, les larves de *Speolepta leptogaster* (Winnertz, 1864) ont besoin de creux dans les parois ou de pierres pour construire leur toile (Dethier et Rochez, 2022).

Aucune différence significative de morphologie sur la répartition des espèces n'a été relevée dans nos résultats. La morphologie a toutefois une influence sur la répartition de la faune. Les cavités comportant davantage de fissures présentent une plus grande diversité (circulation de l'eau recoupée, présence de matière en décomposition). À l'inverse, une cavité colmatée par les sédiments est souvent pauvre en faune (Turquin et al., 1975 ; Ginet et Juberthie, 1988 ; Nyssen et al., 2024).

Néanmoins, il est important de ne pas séparer l'étude de la morphologie de celle du substrat, car ces deux éléments interagissent fortement. Ils agissent aussi avec l'eau, principale source d'apport de nourriture et acteur de la formation de la morphologie des grottes. Par exemple, certaines structures morphologiques a priori pauvres, comme des stalagmites dans des zones colmatées, peuvent former des niches intéressantes lorsqu'elles sont arrosées par la percolation de l'eau (Turquin et al., 1975). L'ensemble des paramètres géomorphologiques permettent de créer de multiples micro-habitats (Bertran, 1999), qui peuvent abriter des communautés spécifiques (Nyssen et al., 2024), une diversité de micro-habitats amène une diversité faunistique. D'autre part, on peut émettre l'hypothèse que le substrat graveleux présente une plus grande richesse spécifique, grâce à la présence d'eau, et ainsi d'un apport de nourriture. Mais, le manque de données empêche de tirer des conclusions généralisables.

V. Conclusion

Les grottes de l'Entre-deux-Mers présentent un gradient environnemental marqué par un écotone entre deux milieux distincts. À l'entrée, la faune dépend surtout des conditions environnementales, tandis qu'en profondeur, le dynamisme entre la géomorphologie et la disponibilité en nourriture influencent la diversité. La répartition faunistique résulte donc de multiples facteurs. Les grottes sont des milieux pouvant abriter une grande diversité d'espèces. Il est donc essentiel de protéger ces environnements aux conditions particulières, véritables refuges pour des espèces inféodées encore mal connues. Les grottes abritent également des espèces protégées comme *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758) et des espèces déterminantes ZNIEFF comme *Rhinolophus hipposideros* (Borkhausen, 1797).

Références bibliographiques

- Ariagno, D. & Lips, J. (2019). *Quelques rudiments de biospéologie*. Dossier, version avril 2019.
- Audra, P. (2010). *Inventaire des cavités de l'Entre-deux-Mers*. 106 p. Auto-édition, Carros.
- Bellmann, H. (2014). Guide photo des araignées et arachnides d'Europe. Delachaux et Niestlé.
- Bellmann, H. (2017). *450 insectes*. Les indispensables Delachaux. Delachaux et Niestlé.
- Bertran P. (1999) Dynamique des dépôts de la grotte Bourgeois-Delaunay (La Chaise-de-Vouthon, Charente) : apport de la micromorphologie/Depositional processes in the Bourgeois-Delaunay Cave (La Chaise-de-Vouthon, Charente, France) : micromorphological approach. In: Paléo. N. 11. pp. 9-18.
- Delamare Deboutteville, C. (1971). *La vie dans les grottes*. Que sais-je ? n°1430, Presses Universitaires de France.
- Dethier, M. & Rochez, G. (2022). *Biospéologie : initiation à l'étude de la faune cavernicole de Belgique*. MaSepaS.
- Dierl, W., & Ring, W. (2009). Guide des insectes : La description, l'habitat, les mœurs. Delachaux et Niestlé.
- Front, S. & Lebreton, B. (2020). Petit guide de collecte de la faune terrestre souterraine. Fédération Française de Spéléologie, Comité Spéléologique Régional du Centre-Val de Loire.
- Groupe d'Étude de Biospéologie (GEB). (s.d.). Site officiel. <https://geb.ffspeleo.fr> (consulté le 20 juin 2025).
- Ginet, R. & Juberthie, C. (1988). Le peuplement animal des karsts de France (Deuxième partie : éléments de biogéographie pour les Invertébrés terrestres). *Karstologia*, 11–12 : 61–71.
- Jouves, J. (2018). *Origine, caractérisation et distribution prédictive des structures karstiques. De la karstologie aux modèles numériques 3D*. Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille, 256 p. Dir. Y. Guglielmi, S. Viseur ; co-enc. B. Arfib, H. Camus.
- Moseley, M. (2009). Are all caves ecotones? *Cave and Karst Science*, 36(2), [pages à préciser].

Nyssen, P., Godeau, J.-F., Michel, G., Haesen, L., & Goffioul, N. (2024). *Synthèses bibliographiques réalisées dans le cadre du développement d'une méthode de détermination de l'état de conservation de l'habitat Natura 2000 « 8310 – Cavités souterraines naturelles ».*

Pouilly, P. (2013) Biospéléologie.

Séronie-Vivien, R. (1988). Le karst de l'Entre-deux-Mers. In : *L'Entre-deux-Mers à la recherche de son identité*, Actes du 1er colloque, Branne, 19–20 septembre 1987. CLEM, AHB, pp. 123–129.

Simon, K. S. (2009). The Biology of Caves and Other Subterranean Habitats. David C. Culver and Tanja Pipan. *Integrative And Comparative Biology*, 49(4)

Turquin, M.-J., Bouvet, Y., Renault, P. & Pattée E. (1975). Essai de corrélation entre la géomorphologie d'une cavité et la répartition spatiale de son peuplement actuel In: Actes du 5e Congrès national suisse de Spéléologie (Interlaken, 14–16 septembre 1974), Société Suisse de Spéléologie, pp. 46–60.

Annexe

Annexe 1 : Tableau des espèces échantillonnées dans les 5 grottes visitées de l'Entre-deux-Mers

Ordre	Famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut IUCN	Statut de protection	EEE
Amphipoda	Gammaridae	<i>Gammarus</i> sp.	-	-	-	-
Araneae	Agelenidae	<i>Coelotes terrestris</i> (Wider, 1834)	Coelote terrestre	LC	Non protégée	-
	Linyphiidae	<i>Porrhomma rosenhaueri</i> (L. Koch, 1872)	-	LC	Non protégée	-
	Nesticidae	<i>Nesticus cellulanus</i> (Clerck, 1758)	Nestique alvéolé	LC	Non protégée	-
	Tetragnathidae	<i>Meta bourneti</i> Simon, 1922	-	LC	Non protégée	-
	Tetragnathidae	<i>Metellina merianae</i> Scopoli, 1764	-	LC	Non protégée	-
	Tetragnathidae	<i>Metellina</i> sp.	-	LC	-	-
	Tetragnathidae	<i>Pachygnatha clercki</i> Sundevall, 1823	-	LC	Non protégée	-
	Theridiidae	<i>Enoplognatha</i> sp.	-	-	-	-
	Theridiidae	<i>Platnickina tincta</i> (Walckenaer, 1802)	-	LC	Non protégée	-
Chiroptera	Rhinolophidae	<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Borkhausen, 1797)	Petit rhinolophe	LC Espèce déterminante ZNIEFF	Non protégée	-
Coleoptera	Carabidae	<i>Harpalus</i> sp.	-	-	-	-
	Leiodidae	<i>Ptomaphagus</i> sp.	-	-	-	-
	Staphylinidae	sp.	Staphylin	-	-	-
Decapoda	Cambaridae	<i>Faxonius limosus</i> (Rafinesque, 1817)	Ecrevisse américaine	NA	Non protégée	Oui
Diptera Brachycera	Lauxaniidae	<i>Minettia</i> sp.	-	-	-	-
	Muscidae	<i>Helina</i> sp.	-	-	-	-
Diptera Nematocera	Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	Chironomes	-	-	-
	Chironomidae	<i>Chironomus annularius</i> Meigen, 1818	Chironome annelé	NE	Non protégée	-
	Chironomidae	<i>Smittia aterrima</i> (Meigen, 1818)	-	NE	Non protégée	-
	Limoniidae	<i>Limonia nubeculosa</i> Meigen, 1804	Limonie des cavernes	NE	Non protégée	-
	Phoridae	sp. 1	-	-	-	-
	Phoridae	sp. 2	-	-	-	-
	Phoridae	sp. 3	-	-	-	-
	Keroplatidae	<i>Macrocerata fasciata</i> Meigen, 1804	-	NE	Non protégée	-
	Mycetophilidae	sp.	-	-	-	-

	Mycetophilidae	<i>Speolepta leptogaster</i> (Winnertz, 1864)	Mouche à toison	NE	Non protégée	-
	Phoridae	<i>Triphleba aptina</i> (Schiner, 1853)	-	NE	Non protégée	-
Glomerida	Glomeridae	<i>Glomeris marginata</i> (Villers, 1789)	Gloméris marginé	NE	Non protégée	-
Haplotauxida	Lumbricidae	sp.	-	-	-	-
Hemiptera	Aphididae	<i>Eucallipterus tiliae</i> (Linnaeus, 1758)	Puceron du tilleul	NE	Non protégée	-
	Cixiidae	<i>Cixius</i> sp.	-	-	-	-
	Veliidae	<i>Velia</i> sp.	-	-	-	-
Isopoda	Oniscidae	<i>Oniscus asellus</i> Linnaeus, 1758	Cloporte commun	NE	Non protégée	-
	Philosciidae	<i>Philoscia muscorum</i> (Scopoli, 1763)	Philoscie des mousses	NE	Non protégée	-
	Trichoniscidae	<i>Phymatoniscus tuberculatus</i> (Racovitza, 1907)	-	NE	Non protégée	-
	Porcellionidae	<i>Porcellio monticola</i> Lereboullet, 1853	Cloporte des montagnes	NE	Non protégée	-
Julida	Blaniulidae	<i>Blaniulus guttulatus</i> (Fabricius, 1798)	Blaniule mouchetée	NE	Non protégée	-
	Julidae	<i>Julus</i> sp.	-	-	-	-
Lithobiomorpha	Lithobiidae	<i>Eupolybothrus longicornis</i> (Risso, 1827)	Eupolybothre à longues antennes	NE	Non protégée	-
	Lithobiidae	<i>Lithobius aeruginosus</i> L. Koch, 1862	Lithobie rouillé	NE	Non protégée	-
Odonata	Cordulegastridae	<i>Cordulegaster boltonii</i> (Donovan, 1807)	Cordulégastre annelé	LC Espèce déterminante ZNIEFF	Non protégée	-
Stylophoromorpha	Agriolimacidae	<i>Deroceras</i> sp.	Limace	-	-	-
	Gastropontidae	<i>Zonitoides arboreus</i> (Say, 1817)	Luisantine d'Amérique	NA	Non protégée	-
	Helicidae	<i>Cepaea nemoralis</i> (Linnaeus, 1758)	Escargot des haies	LC	Non protégée	-
	Helicidae	<i>Helix</i> sp.	-	-	-	-
	Helicodontidae	<i>Helicodonta obvoluta</i> (O.F. Müller, 1774)	Veloutée plane	LC	Non protégée	-
	Oxylilidae	<i>Oxylilus cellarius</i> (O.F. Müller, 1774)	Luisant des caves	LC	Non protégée	-
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Stenophylax permistus</i> McLachlan, 1895	-	NE	Non protégée	-
Urodela	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i> (Linnaeus, 1758)	Salamandre tachetée	LC Espèce déterminante ZNIEFF	Protégée	-

Résumé de l'étude

L'Entre-deux-Mers abrite de nombreuses grottes. Ces milieux souterrains présentent des conditions de vie particulières et la faune présente des adaptations spécifiques pour y vivre. Cependant, la connaissance sur celle-ci reste limitée. Cette étude vise à ainsi approfondir les connaissances sur la faune cavernicole de l'Entre-deux-Mers, en étudiant sa répartition le long d'un gradient allant de l'entrée au fond des grottes. Les objectifs sont d'identifier un éventuel gradient environnemental ; de comparer les différences écologiques entre l'entrée et le fond; d'étudier l'influence de la géomorphologie sur la répartition de la faune. Cinq grottes ont été échantillonnées selon un protocole identique : des relevés tous les 50 mètres sur 400 mètres.

Les résultats montrent l'existence d'un gradient environnemental jusqu'à 150 mètres. Au-delà, les variables se stabilisent. Cela met en évidence une zone de transition, appelée écotone, entre l'entrée et le fond de la grotte. L'entrée se caractérise par une variabilité environnementale, une richesse spécifique plus élevée, une diversité de régime alimentaire, et davantage d'espèces trogloxènes. Le fond est plus pauvre, avec la présence de régime alimentaire spécialisé au manque de nourriture. Le type de substrat a une influence sur la répartition des espèces. La morphologie, quant à elle, n'a pas montré d'effet significatif dans cette étude, bien que son influence soit documentée dans la littérature. Ce sont surtout l'interaction entre substrat et morphologie, les paramètres de la géomorphologie, qui favorisent la création de micro-habitats. Un autre facteur essentiel est la présence de nourriture, apportée par l'eau. L'ensemble de ces éléments montre que la répartition de la faune cavernicole et sa diversité dépend de nombreux facteurs.

Les grottes sont des milieux stables, abritant des espèces inféodés qu'il convient de protéger. Il est donc essentiel de continuer à mener des recherches et d'approfondir nos connaissances sur ces environnements.