



HAL
open science

La biodiversité du sol au cœur d'un projet pédagogique sur le campus de l'Université de Poitiers, France : entre formation, gestion et conservation

Julia Clause, Donovan Leblanc, Nicolas Deguines

► To cite this version:

Julia Clause, Donovan Leblanc, Nicolas Deguines. La biodiversité du sol au cœur d'un projet pédagogique sur le campus de l'Université de Poitiers, France : entre formation, gestion et conservation. *Étude et Gestion des Sols*, 2022, 29, pp.223-238. hal-03703889

HAL Id: hal-03703889

<https://univ-poitiers.hal.science/hal-03703889>

Submitted on 29 Jun 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La biodiversité du sol au cœur d'un projet pédagogique sur le campus de l'Université de Poitiers, France :

entre formation, gestion et conservation

J. Clause^(*), D. Leblanc et N. Deguines

Université de Poitiers, Laboratoire Écologie et Biologie des Interactions - UMR CNRS 7267,
Équipe Écologie Évolution Symbiose, 3 rue Jacques Fort, TSA, 51106, 86073, Poitiers Cedex 9, France

* Auteur correspondant : julia.clause@univ-poitiers.fr

RÉSUMÉ

La gestion durable du sol est au cœur d'enjeux climatiques, alimentaires et sanitaires, et il ne peut plus être considéré comme un substrat inerte. Il est un composant dynamique des écosystèmes, dont le fonctionnement dépend de la pédofaune *via* ses activités de décomposition, de prédation ou encore de transport de matière. Le développement de cette pédofaune dépend de la végétation et des propriétés du sol, et donc de la gestion des milieux. Depuis plusieurs années, l'Université de Poitiers (UP) met en place des mesures de gestion de ses espaces verts destinées à favoriser la biodiversité. Parallèlement, trois de ses parcours de Licence et Master forment de futurs gestionnaires et chargés de mission en environnement. C'est dans ce contexte qu'a été mis en place un travail de terrain permettant à la fois de former les étudiants à l'écologie du sol, de réaliser un inventaire de biodiversité du sol et d'évaluer les pratiques de gestion des espaces verts de l'UP. 36 pièges Barber ont été posés en mars 2021 dans six milieux de deux sites gérés par le service des espaces verts de l'UP : pâturage, prairie (x2), friche, forêt, verger. Les premiers résultats exploitables montrent la présence de 84 morpho-espèces différentes sur l'ensemble des six habitats, et l'influence de l'habitat sur la diversité et la composition des morpho-espèces. La zone pâturée et le verger présentent les plus fortes valeurs de richesses spécifiques et diversités, et la forêt les plus faibles. La composition des communautés montre des différences entre les milieux avec, sur le Jardin Botanique Universitaire, des espèces forestières marquées et quelques espèces dominantes d'araignées en prairie vs. une plus grande diversité mais plus faible abondance d'araignées et de coléoptères sur le Campus. Malgré un

Comment citer cet article :

Clause J., Leblanc D. et Deguines N., 2022 - La biodiversité du sol au cœur d'un projet pédagogique sur le campus de l'Université de Poitiers, France : entre formation, gestion et conservation. *Étude et Gestion des Sols*, 29, 223-238

Comment télécharger cet article :

<https://www.afes.fr/publications/revue-etude-et-gestion-des-sols/volume-29/>

Comment consulter/télécharger

tous les articles de la revue EGS :
<https://www.afes.fr/publications/revue-etude-et-gestion-des-sols/>

échantillonnage précoce lié au calendrier universitaire, ces résultats montrent que l'éco-pâturage sur le campus favorise la diversité des organismes dès la première année, et que les différents habitats permettent le développement d'une faune spécifique et diversifiée. La collecte annuelle d'organismes par les étudiants contribuera à court terme à l'amélioration du protocole participatif universitaire et à plus long terme à l'évaluation environnementale des pratiques de gestion des espaces verts de l'UP. Les difficultés et les limites scientifiques associées à un travail étudiant d'initiation sont également discutées.

Mots-clés

Pédagogie, éco-campus, écologie, interdisciplinarité, travaux pratiques, pièges Barber, diversité fonctionnelle, interactions biotiques et abiotiques.

SUMMARY

SOIL BIODIVERSITY AT THE CENTER OF AN UNDERGRADUATE PROJECT FOR THE STUDY OF ECOSYSTEMS, BETWEEN CONSERVATION AND MANAGEMENT AT THE UNIVERSITY OF POITIERS, FRANCE

The sustainable management of soils is at the center of climatic, food and sanitary challenges, and it can no longer be considered as an inert substrate. It is a dynamic component of ecosystems, which functioning depends on soil organisms through their activities of decomposition, predation, or matter transport. Their development depends on vegetation and soil properties, and so on habitat management. For several years, the University of Poitiers (UP ; France) has adopted management measures on its green spaces to favor biodiversity. At the same time, three study programs at the Bachelor and Master levels train future environmental managers. In that context, a field work was organized to train students on soil ecology, to make an inventory of soil biodiversity, and to assess management practices on green spaces by the University. 36 pitfall traps were placed in March 2021 in six habitats of two sites managed by the University services: pasture, grassland (x2), fallow, forest, and orchard. The first exploitable results showed the presence of 84 different morphospecies on all six habitats, and the influence of habitat type on morphospecies diversity and composition. The grazed area and the orchard showed the highest diversity and species richness, while the forest showed the lowest. The community composition showed differences among habitats with marked forest species, and numerous individuals of a few spider species on the grassland at the University Botanical Garden. On Campus, a few individuals of a higher number of spider species and beetles were found. Despite an early sampling constrained by the university calendar, these results showed that grazing on campus favors the diversity of organisms after a single year, and that different habitats allow the development of a specific and diversified fauna. In the short term, the annual sampling by students will allow to improve the participative protocol, as well as to assess environmental performances of management practices of green spaces at the University.

Key-words

Pedagogy, eco-campus, ecology, functional diversity, interdisciplinary, pitfall traps, biotic and abiotic interactions.

RESUMEN

LA BIODIVERSIDAD DEL SUELO EN EL CORAZÓN DE UN PROYECTO PEDAGÓGICO EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD DE POITIERS, FRANCIA: entre formación, gestión y conservación

La gestión sostenible del suelo está en el corazón de los desafíos climáticos, alimentarios y sanitarios, y ya el suelo no puede considerarse como un sustrato inerte. Es un componente dinámico de los ecosistemas, cuyo funcionamiento depende de la eda-fauna a través de sus actividades de descomposición, de depredación o de transporte de materia. Su desarrollo depende de la vegetación y de las propiedades del suelo, y por lo tanto de la gestión de los medios. Desde hace varios años, la Universidad de Poitiers (UP) aplica medidas de gestión de sus espacios verdes destinadas a favorecer la biodiversidad. Paralelamente, tres de sus cursos de Licenciatura y Máster forman futuros gestores y encargados de misión en medio ambiente. En este contexto se ha puesto en marcha un trabajo de campo que permite a la vez formar a los estudiantes en ecología del suelo, realizar un inventario de biodiversidad del suelo y evaluar las prácticas de gestión de los espacios verdes de la UP. En marzo de 2021 se colocaron 36 trampas Barber en seis medios de dos zonas gestionadas por el servicio de espacios verdes de la UP: pasto, pradera (x2), barbecho, bosque, huerto. Los primeros resultados explotables muestran la presencia de 84 morpho-especies diferentes en el conjunto de los seis hábitats, y la influencia del hábitat sobre la diversidad y la composición de las morpho-especies. La zona de pastoreo y el huerto presentan los mayores valores de riqueza específicos y diversidades, y el bosque los más bajos. La composición de las comunidades muestra diferencias entre los medios con, en el Jardín Botánico Universitario, especies forestales marcadas y algunas especies dominantes de arañas en praderas vs. una mayor diversidad pero menor abundancia de arañas y coleópteros en el campus. A pesar de un muestreo temprano relacionado con el calendario universitario, estos resultados muestran que el eco-pastoreo en el campus favorece la diversidad de los organismos desde el primer año, y que los diferentes hábitats permiten

el desarrollo de una fauna específica y diversificada. La colecta anual de organismos por parte de los estudiantes permitirá a corto plazo mejorar el protocolo participativo universitario y contribuirá a más largo plazo a la evaluación ambiental de las prácticas de gestión de los espacios verdes de la UP. También se discuten las dificultades y limitaciones científicas asociadas con el trabajo de iniciación de los estudiantes.

Palabras clave

Pedagogía, eco-campus, ecología, interdisciplinariedad, trabajos prácticos, trampas Barber, diversidad funcional, interacciones bióticas y abióticas.

INTRODUCTION

L'Université de Poitiers a fait de la conservation de la biodiversité et de sa valorisation un enjeu important, qui passe par la préservation des espaces naturels (Université de Poitiers, 2021). La gestion des espaces verts a été réfléchi pour associer les usages de déplacement des personnels et étudiants et le développement d'une faune et d'une flore riches, notamment sur le campus Est (40 ha ; ci-après 'Campus') et sur le Jardin Botanique Universitaire du Deffend (33 ha ; ci-après le 'Deffend'). Depuis quelques années, certaines zones des pelouses du campus sont laissées en friche ou soumises à une fauche tardive ; des arbres d'espèces diverses, locales et résistantes sont plantés ; et des zones enherbées sont préférées aux zones goudronnées, agissant également sur l'infiltration de l'eau. Les zones en friche, ici des espaces urbains dont l'exploitation est abandonnée (Muratet *et al.*, 2021), ont pour but de rétablir une végétation basse et une continuité écologique entre différentes zones du campus. En 2020, un partenariat a été mis en place avec une entreprise privée pour gérer plusieurs zones du campus en éco-pâturage. Le troupeau de 15 à 25 brebis rustiques Landes de Bretagne est ainsi déplacé en rotation sur trois zones : deux sur le Campus et une sur le Deffend (Figure 1).

Afin d'évaluer la réponse des organismes aux pratiques de gestion passées et actuelles, et de programmer des aménagements plus respectueux de l'environnement, plusieurs suivis ou inventaires de faune et flore ont été effectués de 2019 à 2021. Le suivi de la biodiversité aviaire effectué depuis 2014 par des étudiants de Licence dans le cadre de la formation a permis d'identifier des types de végétation à favoriser (haies, arboretum) et des zones où replanter sur les différents secteurs du campus (Berthelom *et al.*, 2015). En 2020, l'association Vienne Nature a réalisé un inventaire de la végétation, des Odonates et Hyménoptères. Cependant, aucun inventaire de la pédofaune n'avait été entrepris, alors qu'elle représente un outil d'évaluation de la qualité des sols et des écosystèmes (Cluzeau *et al.*, 2009 ; Hedde, 2018 ; Menta et Remelli, 2020).

La qualité des sols peut être définie comme l'ensemble des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol,

interdépendantes et dynamiques, qui assurent le maintien de différentes fonctions écologiques, et correspondent à sa « capacité à fournir des services écosystémiques » (voir Rabot *et al.*, 2017). Les fonctions écologiques assurées par la faune du sol sont par exemple le recyclage des éléments nutritifs et de l'eau, l'érosion des roches, le transport des particules minérales, la formation des sols ou encore le maintien de la biodiversité et des interactions biotiques, incluant notamment leurs capacités d'adaptation évolutive. Les services qui en découlent sont par exemple le recyclage de la matière organique, la régulation du cycle de l'eau et le contrôle de l'érosion du sol, la régulation du climat, la régulation des ravageurs et maladies, la production d'aliments et de fibres, ou encore la conservation de la biodiversité (Kibblewhite *et al.*, 2008). Ainsi, le sol est au cœur d'enjeux climatiques, alimentaires et sanitaires. Cependant, comme souligné par Drobnik *et al.* (2018), les sols sont encore peu considérés dans les rapports internationaux de protection de l'environnement.

Les Masters présentant la Mention Biologie, Écologie, Évolution (BEE) tels que ceux proposés par l'Université de Poitiers (Génie Écologique ; Écologie, Évolution) forment de futurs ingénieurs écologues, chargés de missions ou encore agents territoriaux. Il est donc essentiel de les former dès à présent aux enjeux de la gestion des sols comme composants à part entière des écosystèmes, tout comme « connecter la science des sols et la société est un enjeu majeur » (Richer-de-Forges *et al.*, 2020). Cela passe par l'acquisition des compétences et des outils de terrain pour leur étude. A l'Université de Poitiers, l'écologie est abordée de manière théorique en L1 puis avec des exercices en L2. La pratique par le terrain n'intervient qu'en L3, année charnière de spécialisation en écologie dans le parcours « Écologie et Biologique des Organismes » (EBO). C'est dans ce contexte qu'a été mis en place en 2019 un travail pratique (TP) ayant pour objectif principal la comparaison des relations entre faune du sol, végétation et sol dans deux milieux différents. Ce TP a également l'objectif pédagogique d'intégrer les concepts associés à plusieurs disciplines pour appréhender la complexité d'un travail de recherche en écologie. Ainsi,

les notions d'écologie sont couplées à une présentation du sujet et à la restitution des résultats sous forme de poster en anglais avec la collaboration des enseignants d'anglais. La comparaison des milieux mobilise les compétences en statistiques acquises au semestre précédent. Le nombre d'heures allouées à ce travail et l'effectif étudiant (110 étudiants en 2021) ne permettent néanmoins pas de capturer l'intégralité de la démarche scientifique en amont du TP, du questionnement au montage de protocole. En revanche, à partir de leurs observations de terrain et de leurs intérêts, les étudiants sont libres de choisir les organismes sur lesquels ils souhaitent focaliser leurs analyses (collemboles, végétation ; etc.), l'approche (fonctionnelle ou taxonomique), ainsi que la question à laquelle ces analyses répondront (ex : « Grassland or fallow, what is the most favorable habitat for detritivores? »). Une attention particulière est apportée à leur définition des termes utilisés.

Par ailleurs, au-delà de l'objectif de formation, le TP a également permis de constituer une première collection et base de données participative sur la faune du sol du campus et du Jardin Botanique Universitaire du Deffend et d'évaluer la réponse des arthropodes du sol aux pratiques de gestion des espaces verts sur ces mêmes zones. Cet article présente les premiers résultats des inventaires de pédofaune et met en avant les éléments pédagogiques qui y sont associés, incluant les difficultés et les limites scientifiques associées à un travail étudiant d'initiation.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

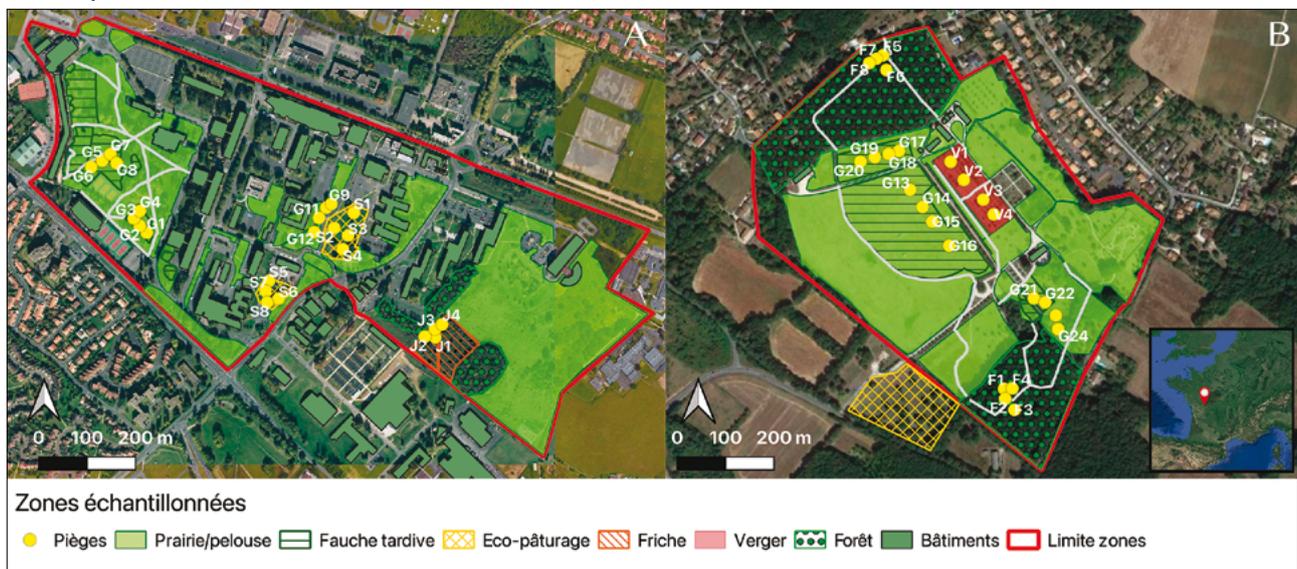
Sites d'études

Les deux sites d'études appartiennent au domaine universitaire de Poitiers et sont situés à l'Est de Poitiers, dans le département de la Vienne. Le premier site est la zone B du Campus Est de l'Université, fréquentée quotidiennement par les étudiants et personnels de l'UFR Sciences Fondamentales et Appliquées (SFA). Le deuxième site, moins fréquenté, est le Jardin Botanique Universitaire du Deffend. Il a pour rôle la valorisation scientifique et la conservation du patrimoine. L'utilisation de ces deux sites séparés d'environ 2,5 km permet à la fois la proximité des étudiants avec leur lieu d'étude (Campus), la découverte du patrimoine de l'Université (Deffend), et la multiplication des milieux à étudier, gérés de manières différentes par le service des Espaces Verts de l'Université. En effet, le Campus Est est composé d'un mélange de bâtiments, pelouses et arbres épars, alors que le Deffend comprend une grande surface de prairie, un verger, un potager, deux bois et une chênaie d'essences locales et non-locales (Figure 1).

Sur le campus Est, six parcelles ont été définies, permettant à trois groupes TP d'échantillonner et de comparer deux milieux différents : la prairie (G1-G4 ; G5-G8 ; G9-12), la zone d'éco-pâturage (S1-S4 ; S5-S8) et la friche (J1-J4) (Figure 1A). Au Jardin Botanique, six autres zones ont été définies pour trois autres groupes : la prairie (G13-G16 ; G17-G20 ; G21-

Figure 1 : Zones d'échantillonnage de la pédofaune par piège Barber (n=36) sur le Campus Est (A) et le Jardin Botanique du Deffend (B), Université de Poitiers, France.

Figure 1: Sampling zones of soil fauna with pitfall traps (n=36) on the eastern campus (A) and at the Deffend Botanical Garden (B), University of Poitiers, France.



G24), la forêt (F1-F4 ; F5-F8) et le verger de pommiers (V1-V4) (Figure 1B). Chaque groupe TP de 12 à 20 étudiants est composé de trois sous-groupes, dont un sous-groupe de cinq à sept étudiants dédié à l'échantillonnage et à l'identification de la pédofaune. Le milieu « prairie » peut varier en fonction de la gestion qui en est faite. Ainsi, la végétation de certaines zones tondues fréquemment correspond à une pelouse et est dominée par les graminées (*Lolium* sp., *Deschampsia* sp., *Festuca* sp.), *Trifolium* sp., *Geranium* spp. et *Potentilla repens*, alors que d'autres font l'objet de fauches tardives depuis quelques années et sont dominées par les graminées (*Deschampsia* sp., *Poa* sp., *Avena* sp.), *Geranium* sp., *Trifolium* sp. et *Picris* sp. (Figure 1). La zone pâturée est occupée depuis 2020 par un cheptel de six à neuf brebis en enclos, du printemps à l'automne. Avant 2020, elle était gérée comme le reste des prairies du campus. La friche est une zone non gérée à l'exception d'un passage pour les étudiants. Elle est dominée par les ronces autour des zones de piégeage. Le milieu Forêt est composé d'essences mixtes locales (chênes, châtaigniers, noisetiers, robiniers faux-acacias, ormes), avec un sous-bois principalement composé de chèvrefeuilles, ronces, lierre, ou encore fougères en F1-F4, tapissé de litière de chêne. Le verger ne subit aucun traitement avec de la chimie de synthèse.

Échantillonnage

L'échantillonnage est contraint par le calendrier universitaire et a eu lieu entre le 10 et le 12 mars 2021. Le climat nuageux à ensoleillé avec des matins froids était relativement homogène pendant la période de prélèvement, avec une température et une humidité relatives de l'air et une température du sol de 9,7°C, 69,2 % et 8,7°C en moyenne respectivement. L'humidité du sol était hétérogène et variait de 11,28 % sur un des sites forestiers (F1-F4) à 55,3 % sur une des zones pâturées (S1-S4). Chaque groupe TP a échantillonné quatre points correspondant aux deux milieux qui lui sont attribués, soit huit points au total. La pédofaune épigée a été échantillonnée à l'aide de pièges Barber placés par un enseignant 7 jours en amont. Ces pièges d'interception (verre ; diam. : 4 cm, hauteur : 8 cm) sont remplis à moitié d'eau saturée en sel, à laquelle a été ajoutée une goutte de savon incolore et inodore. Ils piègent la faune épigée mobile tels que les coléoptères Carabidés, isopodes, fourmis, myriapodes, araignées et opilions, mollusques, collemboles, mais aussi certains hémiptères, diptères et hyménoptères, bien que la méthode des pots-pièges ne soit pas adaptée à l'échantillonnage des organismes aériens. C'est donc un piège non sélectif, et les prises dépendent de l'activité et de la densité des organismes. Le terme d'activité-densité est ainsi utilisé pour exprimer l'abondance des individus. La distance entre deux pièges est supérieure à 10 m pour éviter la superposition des zones de dispersion (en se basant sur celle des Carabidés) et pour augmenter la représentativité des

milieux (Hobhein et Conway, 2018). Le choix d'utiliser de l'eau salée et savonneuse par rapport à d'autres liquides de collecte (vinaigre, éthylène-glycol, ...) a été motivé par le possible pouvoir attractif de certains liquides (Hobhein et Conway, 2018), par le fait qu'un fort pouvoir de conservation n'est pas essentiel dans les conditions climatiques de Poitiers en mars, et par les conditions d'études d'un travail pratique obligatoire de Licence. En effet, s'il est reconnu que la saumure est moins efficace que l'éthylène-glycol ou le vinaigre pour la capture de carabidés (Koivula *et al.*, 2003 ; McCravy et Willand, 2007), elle présente les avantages d'être inodore et de capturer un nombre et une diversité d'individus suffisants pour un tri, une identification et un dénombrement en 4 h.

Identification

Les échantillons contenant les invertébrés du sol ont été rincés, et les individus séparés par Ordre. Chaque Ordre est réparti dans une boîte de Pétri, dans laquelle les individus sont regroupés par point d'échantillonnage puis par morpho-espèce (Fig. 2). Les individus ont été décrits et assignés à différentes morpho-espèces en utilisant la méthode RBA (*Rapid-Biodiversity Assessment*), se basant sur leur taille, leur couleur et leur morphologie. Un code a été attribué à chaque morpho-espèces, commençant par les premières lettres de l'Ordre (ex : IS.01 pour Isopoda n° 1). Des niveaux taxonomiques plus précis ont pu être identifiés (famille, genre, espèce) et attribués à certains individus (*annexe I*). À l'inverse, plusieurs individus mal conservés post-échantillonnage n'ont pas pu être identifiés mais ont été comptabilisés. Jusqu'en 2021, et avant l'homogénéisation des données présentées ici, les codes attribués à chaque morpho-espèce dépendaient du groupe TP comparant deux milieux. Ainsi, une même morpho-espèce pouvait se voir attribuer des codes différents pour chaque groupe, ce qui n'a pas gêné l'analyse intra-groupe TP. Par ailleurs, le protocole encourage l'attribution d'un taxon à un même observateur qui attribue le code, décrit et identifie la morpho-espèce pour éviter des erreurs de comptage. Lors du TP, les identifications ont été vérifiées partiellement par l'enseignant.e, et la compilation, la vérification et l'approfondissement des identifications et du comptage des morpho-espèces ont fait l'objet d'un stage de Licence 3, lors duquel les clés suivantes ont été utilisées. Les isopodes ont été identifiés à l'aide de la clé de Noël et Séchet (2007). Les coléoptères ont été identifiés à l'aide de la clé de Hubble (2012), Noël et Séchet (2007) et Mike's insect keys en ligne (Hackston, 2021). Les arachnides ont été identifiés à l'aide des clés suivantes pour les Araneae : Martinez Vilalpando (2019), Roberts (2014) et Bellmann (2014). Les myriapodes ont été identifiés à l'aide de la clé « MILLI-PEET » du Field Museum (Sierwald, 2007). Les hémiptères et hyménoptères ont été identifiés à l'aide des clés de Mike Hackston (Hackston, 2021).

Des photos de chaque morphotype ont été prises, répertoriées et postées sur le site participatif iNaturalist afin d'obtenir un avis de spécialistes et amateurs et de mettre à jour la base de données. Par erreur de manipulation, les individus du site F8 n'ont pas été conservés et n'ont pas été pris en compte par la suite. De la même manière, la conservation aléatoire des collemboles, des mollusques (limaces) et acariens par les étudiants n'a pas permis de les inclure dans les analyses.

Analyses

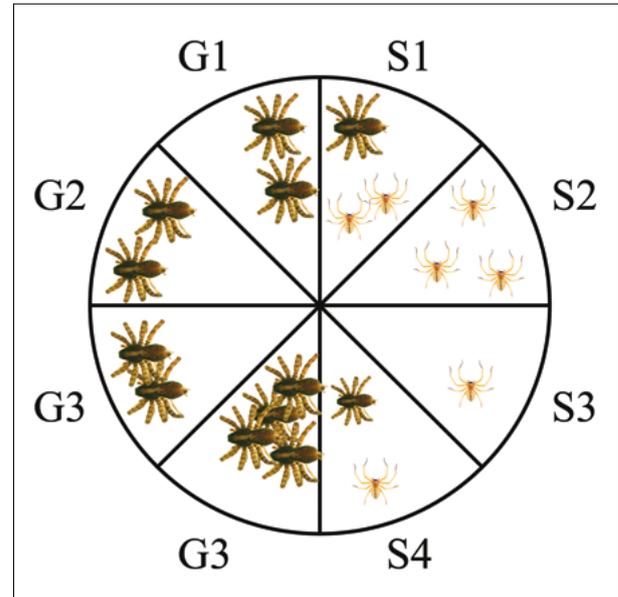
Dans le cadre pédagogique, les analyses statistiques comparant les richesses et abondances de la pédofaune de deux habitats sur des données non-corrigées et en utilisant le logiciel R (R Core Team, 2020) sont obligatoires. Le calcul de l'indice de Shannon et l'utilisation du même logiciel pour la réalisation des graphiques sont optionnels.

Après compilation et vérification, les données corrigées de l'ensemble des groupes TP de la promotion 2020-2021 ont été traitées par les responsables du TP et du stage de Licence associé à l'aide du logiciel R version 4.0.2, et les différences de composition des communautés de faune du sol entre les différents habitats étudiés ont été évaluées. Le piégeage par pots Barber n'étant pas adapté aux diptères et hyménoptères hors fourmis, ils ont été retirés des analyses de communauté. Les indices de diversité de Shannon et Simpson ont été calculés pour évaluer la diversité alpha des milieux. L'influence de chaque habitat sur ces indices a été testée. Les milieux prairiaux du Campus et du Deffend ont été considérés comme des milieux *a priori* différents et analysés séparément.

Si le niveau Licence ne permet que de faire des comparaisons deux à deux voire une comparaison multiple des moyennes avec le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis, les données ont ici été analysées à l'aide de Modèles Linéaires Mixtes (LMM; variables réponses diversités de Shannon et Simpson) ou LMM généralisés (GLMM; variables réponses Richesse et Abondance avec une distribution Conway-Maxwell et binomiale négative respectivement). En effet, les 36 relevés ont été effectués sur 12 parcelles et présentaient ainsi une dépendance; la « parcelle » a donc été incluse comme variable aléatoire dans les modèles. La normalité et l'homoscédasticité des résidus des modèles ont été vérifiées. Pour le modèle de la diversité de Simpson, l'homoscédasticité a été obtenue après inclusion d'une structure de la variance dépendante de la variable explicative Milieux. Une analyse de variances (ANOVA) a ensuite été effectuée sur chaque modèle. Lorsque des différences significatives ont été trouvées, des comparaisons de moyennes ont été effectuées avec le test de Tukey, auquel a été appliquée une correction de Bonferroni. La réalisation des modèles mixtes, leur validation, et les tests de Tukey ont été effectués avec les packages 'glimmTMB' (Brooks

Figure 2 : Tri des individus par Ordre, point d'échantillonnage puis morpho-espèce pour faciliter l'attribution de codes et leur identification. Ex pour deux morpho-espèces d'Arachnides. G1-S4 : Numéros des points d'échantillonnage.

Figure 2: Sorting of individuals by Order, sampling point then morphospecies to facilitate the code attribution and their identification. Ex for two Arachnida morphospecies. G1-S4: Code number of sampling points.



et al., 2017), 'DHARMa' (Hartig, 2022), et 'multcomp' (Hothorn *et al.*, 2008) respectivement.

Une analyse de positionnement multidimensionnel non-métrique (NMDS) basé sur des distances de Jaccard a été effectuée afin d'évaluer et visualiser les différences de composition morpho-spécifique entre les différents milieux. Pour cette analyse et afin de mettre en avant les espèces les plus représentées et représentatives, les morpho-espèces apparaissant dans moins de 5 % des sites ont été retirées. 30 morpho-espèces sont ainsi représentées. Cela a également amené à la suppression du site J4. Cette NMDS a été complétée par une PERMANOVA pour tester l'influence de l'habitat sur cette composition. Le package 'vegan' a été utilisé (Oksanen *et al.*, 2020).

Vérification des acquis et sensibilisation

L'acquisition des connaissances relatives à la pédofaune et aux interactions faune-sol-végétation est évaluée à l'oral lors de la présentation des posters selon un barème de fond et de forme. Le travail collectif représente 85 % de la note (17/20), et l'implication et les connaissances individuelles représentent 15 % de la note (3/20), évaluée lors des réponses aux questions des membres du jury. Les critères de fond incluent

Tableau 1 : Indices de diversité taxonomique (moyenne \pm écart-type) de la pédofaune épigée échantillonnée dans six habitats du Campus et du Jardin Botanique Universitaire du Deffend, Université de Poitiers.**Table 1:** Taxonomic diversity indices (mean \pm standard error) of the epigeic pedofauna sampled in six habitats on the eastern campus and Deffend Botanical Garden, University of Poitiers.

	Pâture	Friche	Prairie Campus	Prairie Deffend	Forêt	Verger	Statistique†
	<i>n</i> = 8	<i>n</i> = 4	<i>n</i> = 12	<i>n</i> = 12	<i>n</i> = 7	<i>n</i> = 4	
Richesse morpho-spécifique totale	7.5 \pm 1.8 ^b	3.25 \pm 1.9 ^a	5.1 \pm 1.1 ^{ab}	5.3 \pm 2.2 ^{ab}	4.1 \pm 2.5 ^a	7.3 \pm 1.7 ^{ab}	GLMM, $\chi^2(5) = 15.48$, $P = 0.008^{**}$
Activité-densité totale	16.0 \pm 5.8 ^{bc}	3.3 \pm 1.9 ^a	11.8 \pm 5.2 ^b	17.9 \pm 9.0 ^{bc}	27.0 \pm 12.4 ^c	18.5 \pm 10.7 ^{bc}	GLMM, $\chi^2(5) = 33.69$, $P < 0.001^{***}$
Indice de diversité de Shannon	1.7 \pm 0.3 ^c	1.0 \pm 0.6 ^{ab}	1.3 \pm 0.3 ^{ac}	1.2 \pm 0.3 ^{ac}	0.8 \pm 0.7 ^a	1.7 \pm 0.2 ^{bc}	LMM, $\chi^2(5) = 26.98$, $P < 0.001^{***}$
Indice de diversité de Simpson	0.9 \pm 0.1 ^{bc}	0.6 \pm 0.2 ^{ab}	0.7 \pm 0.1 ^{ac}	0.6 \pm 0.1 ^a	0.4 \pm 0.3 ^a	0.8 \pm 0.0 ^b	LMM, $\chi^2(5) = 38.64$, $P < 0.001^{***}$
Richesse morpho-spécifique par taxon							
Araneae	2.8 \pm 1.4	0.3 \pm 0.5	1.6 \pm 0.9	3.2 \pm 1.2	1.0 \pm 0.8	1.8 \pm 1.0	-
Opiliones	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.2 \pm 0.4	1.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	-
Hymenoptera	0.8 \pm 0.7	0.0 \pm 0.0	0.6 \pm 0.5	1.3 \pm 1.3	0.9 \pm 1.2	2.0 \pm 1.4	-
Isopoda	1.1 \pm 0.6	0.0 \pm 0.0	0.8 \pm 0.7	0.4 \pm 0.5	0.4 \pm 0.8	0.6 \pm 0.5	-
Myriapoda	0.8 \pm 0.5	1.0 \pm 0.8	0.8 \pm 0.5	0.3 \pm 0.5	0.3 \pm 0.5	1.0 \pm 0.0	-
Coleoptera	2.0 \pm 1.1	1.8 \pm 1.0	1.3 \pm 1.2	0.0 \pm 0.0	0.4 \pm 1.1	1.8 \pm 1.3	-
Hemiptera	0.4 \pm 0.5	0.3 \pm 0.5	0.2 \pm 0.4	0.1 \pm 0.3	0.0 \pm 0.0	0.3 \pm 0.5	-
Orthoptera	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.1 \pm 0.4	0.0 \pm 0.0	-
Diptera	1.0 \pm 0.9	1.0 \pm 2.0	0.9 \pm 1.0	0.5 \pm 0.5	0.3 \pm 0.5	0.3 \pm 0.5	-
Activité-densité par taxon							
Araneae	4.0 \pm 3.0	0.3 \pm 0.5	2.7 \pm 2.0	8.3 \pm 4.2	1.6 \pm 1.8	2.0 \pm 0.8	-
Opiliones	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.50 \pm 1.5	21.0 \pm 15.7	0.0 \pm 0.0	-
Hymenoptera	1.5 \pm 1.93	0.0 \pm 0.0	2.7 \pm 3.6	5.92 \pm 7.9	1.9 \pm 2.6	6.8 \pm 7.8	-
Isopoda	3.5 \pm 2.5	0.0 \pm 0.0	1.6 \pm 2.2	2.5 \pm 5.5	1.4 \pm 2.5	4.0 \pm 3.7	-
Myriapoda	3.5 \pm 3.9	1.0 \pm 0.8	2.9 \pm 4.0	0.7 \pm 1.1	0.3 \pm 0.5	1.5 \pm 1.0	-
Coleoptera	3.0 \pm 1.7	1.8 \pm 1.0	1.8 \pm 2.0	0.0 \pm 0.0	0.7 \pm 1.9	4.3 \pm 3.8	-
Hemiptera	0.5 \pm 0.8	0.3 \pm 0.5	0.2 \pm 0.4	0.1 \pm 0.3	0.0 \pm 0.0	0.3 \pm 0.5	-
Orthoptera	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.1 \pm 0.4	0.0 \pm 0.0	-
Diptera	2.1 \pm 2.5	1.0 \pm 2.0	1.6 \pm 1.7	0.8 \pm 1.6	0.4 \pm 0.8	0.3 \pm 0.5	-

†LMM, GLMM : Modèles linéaires mixte et modèle linéaire mixtes généralisés, avec $\alpha = 0.05$.Les astérisques indiquent le niveau de significativité : ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

Des lettres différentes indiquent des différences significatives entre habitats.

la réponse à la problématique, la mobilisation pertinente des concepts et termes liés à l'écologie, la capacité à relier les trois composants des écosystèmes étudiés (faune, végétation, sol), la pertinence des analyses statistiques pour répondre au questionnement, l'interprétation et la discussion des résultats en lien avec les hypothèses formulées. Les critères de forme incluent la structuration du poster, la présence et justification d'une problématique et l'explicitation des hypothèses de travail, le choix et la clarté de l'explication des figures et tableaux et la pertinence de la charte graphique. Ces critères de fond et de forme ont été discutés préalablement avec les étudiants

en cours d'anglais. Cette évaluation et le retour qualitatif des étudiants nous permettent de vérifier les acquis et donc la sensibilisation à la thématique, ainsi que d'adapter le TP d'une année à l'autre. Par ailleurs, les résultats des suivis ont été communiqués aux partenaires universitaires.

RÉSULTATS

Une pédofaune représentative des milieux

Un total de 816 individus de 84 morpho-espèces (MS) différentes a été inventorié sur l'ensemble des six habitats : 184 araignées (AR ; 32 MS), 153 opilions (2 MS), 154 hyménoptères (5 MS), 103 isopodes (ISO ; 7 MS), 83 myriapodes (3 MS), 75 coléoptères (CP ; 23 MS), 54 diptères (9 MS), 9 hémiptères (5 MS) et 1 orthoptère (1 MS). La liste des morpho-espèces et leur identification actuelle sont indiquées en *annexe I*. La richesse morpho-spécifique varie en fonction des milieux (GLMM, $df = 5$, $X^2 = 15.48$, $P = 0,008$), avec les richesses les plus élevées dans le milieu pâturé et le verger, et les plus faibles dans la friche et la forêt (*Tableau 1*).

La forêt présente l'activité-densité la plus élevée, avec une forte hétérogénéité, et des valeurs significativement plus faibles ont été trouvées successivement dans la prairie du campus et dans la friche (*Tableau 1* ; GLMM, $df = 5$, $X^2 = 33.69$, $P < 0,001$). Les indices de diversité de Shannon et Simpson montrent les plus fortes diversités de pédofaune dans la zone pâturée et le verger, suivies des prairies, puis de la friche et de la forêt (*Tableau 1* ; *Figure 3* ; $P < 0.001$).

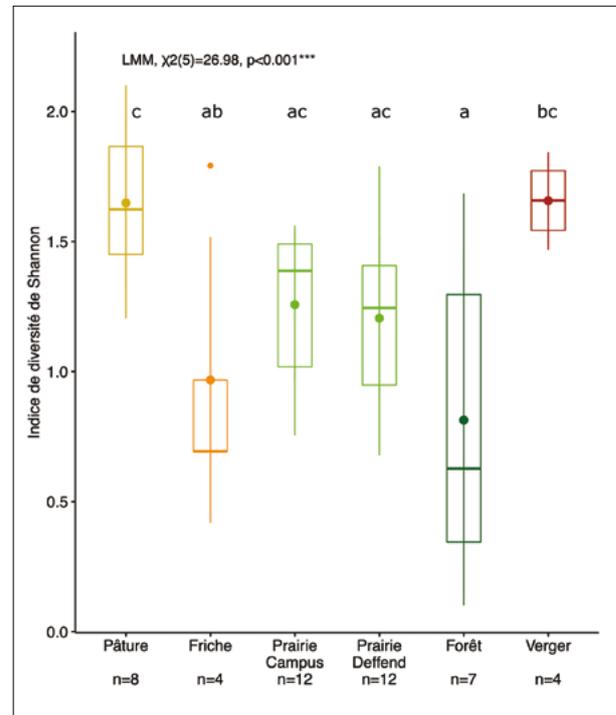
Le plan factoriel de la NMDS montre une différence significative entre les six habitats, particulièrement le long de l'axe 1 (*Figure 3* ; PERMANOVA, $df = 5$, $F = 3,18$, $R^2 = 0,28$, $P < 0,001$). Celui-ci correspond à un gradient de gestion et de site, de la prairie du campus (valeurs négatives) à la forêt du Deffend (valeurs positives). Dans la forêt, les espèces les plus représentées sont l'isopode *Philoscia muscorum* (IS.05) et l'opilion *Rilaena triangularis* (OP.01). Sur le même site, la prairie présente quelques morpho-espèces d'araignées en plus grand nombre (*Pardosa agrestis* (AR.03) ; *Pachygnatha degeeri* (AR.30) ; ~3 par piège) et de fourmis (*Lasius* spp. ; HY.03, HY.04). Sur le campus, 21 et 18 morpho-espèces d'araignées et de coléoptères ont été identifiées respectivement, mais toutes avec de petits effectifs. La pâture et le verger présentent des communautés diverses, marquées notamment par la présence de *Longitarsus* spp. (CP.10, CP.11) et *Ptomaphagus subvillosus* (CP.18), et des espèces bien représentées sur les deux sites : l'isopode *Armadillidium vulgare* (IS.01), la fourmi *Lasius niger* (HY.03) et le diplopode *Callipus foetidissimus* (MY.01). La friche est peu représentée à cause de son faible nombre de morpho-espèces uniques telles qu'une cicadelle (HE.03) et un Leiodidae (CP.16) (non montré).

Vérification des acquis et sensibilisation

La moyenne des notes obtenues par les 110 étudiants de la promotion 2020-2021 est de $13,9/20 \pm 1,2$, dont $11,0 \pm 1,1$ pour la partie collective de forme et fond, notée sur 17. Les étudiants remobilisent correctement les concepts et

Figure 3 : Influence de l'habitat sur l'indice de diversité Shannon de la pédofaune épigée. Les habitats étudiés sont la pâture (jaune), la friche (orange), les prairies sur le campus et au Deffend (vert clair), la forêt (vert foncé) et le verger (rouge). Modèle linéaire mixte (LMM, $\alpha = 0,05$). Des lettres différentes indiquent des moyennes significativement différentes (Tukey HSD, $\alpha = 0.05$).

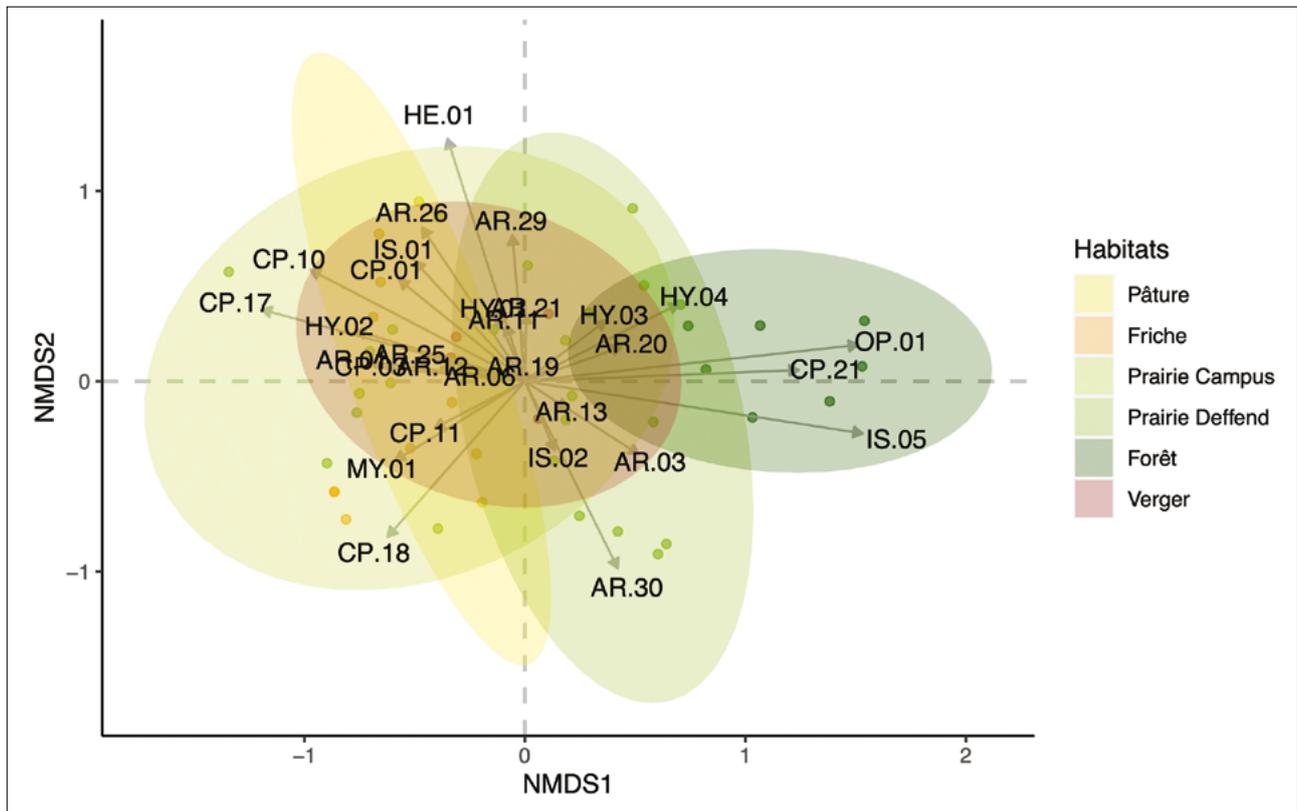
Figure 3 : Influence of habitat on the Shannon diversity index of epigeic pedofauna. Studied habitats are the pasture (yellow), fallow (orange), grasslands on campus and at the Deffend (light green), forest (dark green) and orchard (red). Linear mixed models (LMM, $\alpha = 0.05$). Different letters indicate significant differences between means (Tukey HSD, $\alpha = 0.05$).



le vocabulaire associés à la thématique de l'écologie des sols, mais présentent des difficultés à clairement expliquer les interactions directes ou indirectes entre sol, végétation et faune. L'acquisition de la démarche scientifique du questionnement au choix des variables et tests statistiques pour répondre à une problématique est hétérogène et ne dépend pas du TP mais du niveau général des étudiants. Ces derniers sont dans l'ensemble motivés et reconnaissent l'intérêt du TP, ce qui se traduit par une forte implication, visible sur les posters produits (*Figure 5*). Ils ressentent aussi une frustration devant la quantité des tâches à effectuer pour obtenir leurs données dans un temps très restreint, et se rendent compte de l'approximation de certaines données qui ne peuvent être vérifiées que partiellement dans le cadre du TP. L'intérêt des étudiants pour ce TP intégré est souligné depuis 2020 par les

Figure 4 : Graphique des deux premiers axes de l'analyse de positionnement multidimensionnel non-métrique (NMDS) réalisé à partir de la composition morpho-spécifique de la pédofaune (32 morpho-espèces sur 84, représentées par les flèches). Les ellipses incluent les 'n' pièges de chaque habitat, à l'exception de la friche, au nombre de points insuffisants (niveau de confiance : 0.95). Stress: 0.18.

Figure 4: Graphic display of the first axes of the non-metric multidimensional scaling (NMDS) on the morphospecific composition of the pedofauna (32 morphospecies over 84, illustrated by arrows). Ellipses include the 'n' traps of each habitat, except for the fallow in which the number of replicas is too low (confidence level: 0.95). Stress: 0.18.



délégués lors des conseils de perfectionnement de fin d'année, dont l'objectif est d'améliorer la formation.

Le temps alloué par les enseignants pour vérifier les identifications dans les 4 heures de séance est estimé à 30 minutes. Ils sont sollicités par d'autres aspects du TP comme la coordination, l'homogénéisation des données, et les protocoles associés au reste du TP tels que l'identification végétale et les propriétés physico-chimiques du sol. Cette identification partielle a justifié le stage associé au TP pour la vérification des identifications et des comptages.

DISCUSSION

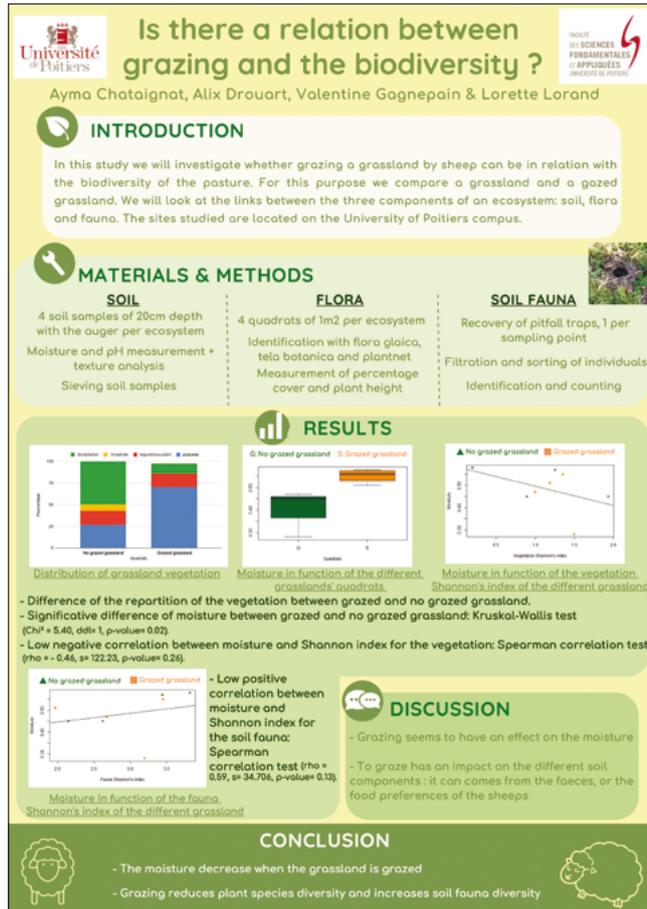
Un objet pédagogique collaboratif et évolutif

L'étude de la biodiversité du sol sur le campus a comme but premier de développer les connaissances et compétences des étudiants sur la thématique de l'écologie du sol.

La comparaison de la faune du sol, mais également de la végétation et des propriétés du sol (non présentés ici) dans deux habitats les amène à réfléchir sur les interactions biotiques et abiotiques qui régissent le fonctionnement des écosystèmes. Ce projet intégratif les confronte à l'intégralité de la démarche expérimentale jusqu'à la présentation des résultats à partir de données d'un site qu'ils côtoient tous les jours et qui est soumis à des contraintes sociales (ex: perception de la nature, sécurité; Muratet *et al.*, 2015). L'utilisation des pots-pièges, qui est une méthode largement utilisée pour l'échantillonnage de la faune épigée du sol, permet également une discussion sur la place du chercheur dans le cadre de la protection de la nature. En effet, cette méthode est destructive et peut sembler contradictoire avec un objectif de conservation et de protection de la nature désirée par les écologues (Drinkwater *et al.*, 2019). Des protocoles dits « éthiques » non létaux sont développés pour mettre fin à cette contradiction, tels que les dalles de béton ou planches de bois associées à la méthode RDA basée sur

Figure 5 : Exemple de poster scientifique en anglais produit par quatre étudiantes de Licence 3, Promotion 2020-2021. Credits: A. Châtaignat, A. Drouart, V. Gagnepain et L. Lorand.

Figure 5: Example of a scientific poster in English produced by four BSc students, Year 2020-2021. Credits: A. Châtaignat, A. Drouart, V. Gagnepain et L. Lorand.



des observations et photographies (Lecq *et al.*, 2015), ou la technique du coton humide au fond du pot-piège dans le cadre du protocole Jardibiodiv (Auclerc *et al.*, 2019). Ces solutions ont été évoquées pendant la séance et sont envisagées dans le futur. Ici cependant, la méthode du pot-piège létal a présenté les avantages majeurs de faciliter la gestion des échantillons et la manipulation des organismes pour des étudiants néophytes, ainsi que de permettre la mise en place d'une collection d'organismes et de photographies. En effet, un des objectifs principaux est de développer les compétences des étudiants en identification taxonomique, la plupart d'entre eux n'ayant jamais observé d'insectes ni utilisé de clés dichotomiques d'identification, malgré un choix de parcours associé à la nature. Par ailleurs, la période et la fréquence d'échantillonnage, l'espacement entre les pièges et le nombre de pièges par rapport à la surface de chaque

site présentent un risque négligeable d'appauvrissement des communautés occupant les sites.

Si les étudiants sont enthousiastes à l'idée de développer les compétences mentionnées ci-dessus, ils ont également été nombreux à se sentir frustrés à différents niveaux. Premièrement, la durée allouée à ce projet est aujourd'hui de 2 heures de présentation des concepts et du protocole en anglais, 8 heures de terrain incluant l'échantillonnage et l'identification, suivie de 2 heures d'analyse des données et 20 minutes de restitution par groupe sous forme de poster. La méconnaissance, et donc la découverte, des critères d'identification des taxons, en commençant par l'Ordre et la Famille (ex : Insecta : 6 pattes - Hymenoptera : 4 paires d'ailes vs. Hemiptera : rostre) les ralentit dans leur démarche, malgré un protocole simplifié d'une identification à la morpho-espèce. Ces critères sont intégrés dans leur formation dès la Licence 1, mais ce TP les confronte à leur capacité d'observation « réelle », peu sollicitée sur la diversité du vivant. L'identification en regroupant les individus par taille, forme, couleur et autres critères morphologiques est aujourd'hui de plus en plus utilisée. En effet, elle permet un gain de temps considérable d'identification, peut être effectuée par des non-spécialistes, et est un bon estimateur de la diversité biologique réelle (Obriest et Duelli, 2010). Ainsi, l'approche par morpho-espèce, à l'échelle de l'espèce ou groupe d'espèces, est utilisée par plusieurs projets de sciences participatives tels que le Suivi photographique des insectes pollinisateurs (www.spipoll.org; Deguines *et al.*, 2012), l'Observatoire Participatif des Vers de Terre (OPVT; https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT_accueil.php) <http://www.spipoll.org/> ou encore Lichens Go ! (<http://www.participatae.upmc.fr/fr/suivez-les-lichens.html>). Dans le cadre pédagogique et sur un temps restreint, elle est néanmoins vécue par les étudiants comme trop abstraite. La contrainte du calendrier universitaire représente à la fois un inconvénient et un atout. C'est un inconvénient dans le cadre d'un inventaire exhaustif, car la période optimale de l'échantillonnage de la pédofaune épigée par pot Barber dans le climat où se trouve l'Université est entre mi-avril à août (Guenser, 2008; Saska *et al.*, 2013). Ainsi, les échantillons ne sont pas représentatifs de la diversité réelle sur le campus. Dans un contexte pédagogique, un inventaire en mars est néanmoins aussi un atout puisqu'il permet d'obtenir une quantité et une diversité suffisante d'individus dont le tri et l'identification à différents niveaux taxonomiques sont réalisables par quelques étudiants (5-7 étudiants) dans le temps imparti.

Pour pallier le manque de connaissances en identification, qui est le frein principal au déroulé du TP, des individus de référence représentatifs de chaque morpho-espèce ont été photographiés, et des « fiches morpho-espèces » ont été créées lors d'un stage suivant la session d'échantillonnage de 2021. Ces fiches présentent la classification, les critères principaux d'identification ou de différenciation, une

photographie générale et des photographies des critères spécifiques (ex : IS.01 en Annexe 2). Ces fiches seront utilisées en séance, mais également dans le cadre d'auto-formation sur la plateforme pédagogique en ligne de l'Université de Poitiers (UPdago ; <https://updago.univ-poitiers.fr/>). Les étudiants devront ainsi dès 2022 se familiariser avec les organismes qu'ils vont et sont censés observer, et répondront à des quizz sur les taxons et critères d'identification.

Une étude participative au service de la gestion

Malgré la précocité et la non-exhaustivité de l'échantillonnage, une diversité des communautés d'arthropodes du sol a pu être observée, ainsi qu'une influence de l'habitat sur cette diversité. Chaque habitat est caractérisé par une végétation et des propriétés abiotiques particulières fournissant des conditions, un abri ou des ressources alimentaires directes ou indirectes aux arthropodes. Ainsi, *Philoscia muscorum* (IS.01) est décrite comme étant sylvicole (Vandel, 1960) et *Rilaena triangularis* (OP.01) est observée dans les milieux boisés ouverts et semi-ouverts (Sankey, 1988 ; Menta et Remelli, 2020). Similairement, les fourmis, le diplopode *Callipus foetidissimus* (MY.01) et les isopodes du genre *Armadillium* sont présents dans tous les habitats, et notamment les prairies (Menta et Remelli, 2020). La présence plus importante de coléoptères dans les milieux herbacés de prairies, verger et pâture n'est pas surprenante. En effet, les familles les plus représentées sont les Chrysomelidae, organismes herbivores et favorisés par un milieu herbacé même perturbé (Menta et Remelli, 2020), et les Staphylinidae, prédateurs familiers des milieux prairiaux plus ou moins perturbés (Good and Dorman, 2020). La faible abondance des Carabidae peut s'expliquer par la précocité de l'échantillonnage, hors de leur période de développement ainsi que la taille du piège, située dans la gamme étroite des pots-pièges (Lange *et al.*, 2011). Le faible niveau d'identification des autres taxons ne permet pas de conclure sur leurs préférences de vie, à l'exception de *Pardosa agrestis* (AR.03) et *Pachygnatha degeeri* (AR.30), qui dominent la communauté d'arthropodes dans les deux parcelles du Deffend à la végétation la plus haute. Malgré leur large utilisation, les pots-pièges sont connus pour présenter des biais liés à leur taille, leur complexité, l'espacement, le type de liquide de piégeage utilisé, le couvert végétal ou encore la température de capture affectant la mobilité des organismes (Ward *et al.*, 2001 ; Koivula *et al.*, 2003 ; Woodcock, 2005 ; Saska *et al.*, 2013). Ces facteurs peuvent notamment avoir une incidence sur la représentativité de la diversité réelle en favorisant les plus gros individus (Lang, 2000 ; Ward *et al.*, 2001 ; Stašiov *et al.*, 2021) ou des espèces plus sensibles. Ainsi, les plus faibles richesses spécifiques

et indices de diversité moyens trouvés en forêt peuvent être partiellement expliqués par le type de couvert (feuilles mortes) et le microclimat, plus froid, dans l'intérieur des bois (Magura *et al.*, 2001). Ces points sont soulevés lors de l'explication du protocole et de la discussion des résultats, et la méthodologie est amenée à évoluer pour gagner en précision. Des échantillonnages complémentaires à une saison plus adaptée et hors du cadre du TP sont également envisagés.

Chacun de ces habitats est le résultat des interventions de la part du pôle Espaces Verts de la Direction de la Logistique et du Patrimoine Immobilier (DLPI) de l'Université. Historiquement, les zones herbacées du campus-Est sont tondues 9 à 10 fois par an et le verger 6 à 7 fois par an, à l'exception d'une bande au pied des fruitiers, alors que celles du Deffend sont fauchées de 1 à 5 fois par an selon le zonage (Alexandra Carlier, Responsable des espaces verts, communication personnelle). Parallèlement, la friche ne subit plus d'interventions depuis plusieurs années à l'exception d'un broyage des bordures pour assurer le passage des étudiants. Et si l'usage des pesticides est interdit sur le campus depuis 15 ans, ce n'est que récemment (~5 ans) que l'Université s'est engagée dans une démarche de gestion encore plus durable de ses espaces verts pour favoriser la biodiversité. Certaines zones tondues sont aujourd'hui gérées en fauche tardive, alors que d'autres sont pâturées. L'utilisation des données ne permet pas de distinguer les zones tondues des zones fauchées mais celles-ci pourraient en partie expliquer la variabilité au sein de l'habitat « Prairie Campus ». À l'inverse, la distinction des zones pâturées et non pâturées montre des différences de communautés d'arthropodes, après un an seulement de pâturage. Ces résultats sont particulièrement attendus à la fois par la DLPI et par la bergère, Maud Régnier, pour justifier le changement de pratiques et les adapter. En fonction des effets observés, elle souhaite en effet adapter la pression de pâturage, c'est-à-dire le nombre d'ovins présents dans l'enclos (M. Régnier, Bergère, communication personnelle). La réalisation de cet inventaire et de cette étude répond donc aussi à un enjeu de gestion au sein de l'Université et permet de valoriser l'activité de ses différents usagers : étudiants, personnels enseignants, personnels logistiques, prestataire extérieur).

Évolution de l'inventaire et valorisation pour la conservation

Grâce au travail des étudiants, une collection de référence a pu être mise en place, facilitant la comparabilité des identifications entre échantillons traités par différents groupes d'étudiants. La base de données constituée en 2021, décrivant les morpho-espèces utilisées et associée à l'annexe photographique, sera non seulement utilisée dans le cadre des futurs TP de L3, mais servira aussi à renforcer chaque année le jeu de données. Une

fois que l'identification des morpho-espèces sera stabilisée, la collection de référence sera intégrée aux Collections Scientifiques de l'Université de Poitiers (CVCU) et sera le témoin des évolutions du vivant sur le site de l'Université.

CONCLUSION

Utiliser la pédofaune pour comprendre les relations écosystémiques à des fins pédagogiques s'est transformé en un projet multidimensionnel. Le travail pratique à destination des étudiants de Licence 3 visait initialement à apporter et à intégrer les connaissances et compétences de terrain nécessaires à la formation de futurs gestionnaires de l'environnement. Au fur et à mesure des discussions et rencontres, une dimension plus appliquée du projet s'est ajoutée à la dimension pédagogique : les échantillonnages réalisés par les étudiants constitueront un inventaire de la biodiversité du sol sur deux sites de l'Université de Poitiers et contribueront à l'évaluation environnementale des pratiques de gestion des espaces verts. Les premiers résultats montrent que même avec un inventaire précoce contraint par le calendrier universitaire, les communautés d'arthropodes sont influencées par les différents habitats et leur gestion. Ce bilan encourageant ouvre de nombreuses perspectives à court et long termes. En particulier, l'affinage des données permettra d'étudier plus précisément les régimes alimentaires des communautés, ainsi que d'en extraire des traits fonctionnels (ex : taille du corps, types de pièces buccales), ajoutant une dimension fonctionnelle actuellement peu développée avec les étudiants. Ces résultats apporteront également un éclairage sur la spécialisation des communautés en fonction des pratiques telles le pâturage.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les 110 étudiants de la L3 Écologie et Biologie des Organismes (EBO) et Sciences et Valorisation du Végétal (SVV) promotion 2020-2021 de l'Université de Poitiers pour leur implication dans le Travail Pratique, et plus particulièrement la quarantaine d'étudiants impliqués dans la collecte des organismes sur le terrain, et A. Châtaignat, A. Drouart, V. Gagnepain et L. Lorand, pour leur autorisation à utiliser leur poster. Ils remercient également Alexandra Carlier (DLPI, Université de Poitiers) pour son suivi et la mise à disposition des parcelles, Maud Régnier (entreprise Le Champ des Possibles) pour l'accès aux zones de pâturage, Benjamin Macchi pour son aide dans la mise à jour des données, et les enseignants d'anglais Alexis Defaye et Isabelle Lucet pour leur collaboration.

BIBLIOGRAPHIE

- Auclerc A., Blanchart A., Vincent Q., 2019 - Jardibiodiv, un outil de sciences participatives sur la biodiversité des sols urbains. *Étude et gestion des sols*, 26, pp. 195-209.
- Bellmann H., 2014 - Guide photo des araignées et arachnides d'Europe. Paris, France, Delachaux et Niestlé SA, 429 p.
- Berthelom A., Brosse A., Loiseau V., Baron-Bouchon J., Raimond R., Bouchon D., Bech N., 2015 - Évaluation et valorisation du potentiel écologique sur le campus de l'Université de Poitiers : étude de la biodiversité aviaire. *L'Outarde*, 51, pp. 5-11.
- Brooks M.E., Kristensen K., van Benthem K.J., Magnusson A., Berg C.W., Nielsen A., Skaug H.J., Maechler M., Bolker B.M., 2017 - "glmmTMB Balances Speed and Flexibility Among Packages for Zero-inflated Generalized Linear Mixed Modeling." *The R Journal*, 9, 2, pp. 378-400. <https://journal.r-project.org/archive/2017/RJ-2017-066/index.html>.
- Cluzeau D., Pérès G., Guernion M., Chaussod R., Cortet J., Fargette M., Martin-Laurent F., Mateille T., Pernin C., Ponge J-F., Ruiz-Camacho N., Villenave C., Rougé L., Mercier V., Bellido A., Cannavacciuolo M., Piron D., Arrouays D., Bouillon L., Jolivet C., Lavelle P., Velasquez E., Plantard O., Walter C., Lemerrier B., Tico S., Giteau J-L., Bispo A., 2009 - Intégration de la biodiversité des sols dans les réseaux de surveillance de la qualité des sols : exemple du programme pilote à l'échelle régionale, le RMQS BioDiv. *Étude et gestion des sols*, 16, 3-4, pp. 187-201.
- Deguines N., Julliard R., de Flores M., Fontaine C., 2012 - The whereabouts of flower visitors: contrasting land-use preferences revealed by a country-wide survey based on citizen science. *Plos One*, 7, 9, e45822.
- Drinkwater E., Robinson E.J.H., Hart A.G., 2019 - Keeping invertebrate research ethical in a landscape of shifting public opinion. *Methods in Ecology and Evolution*, 10, 8, pp. 1265-1273.
- Drobnik T., Greiner L., Keller A., Grêt-Regamey A., 2018 - Soil quality indicators—From soil functions to ecosystem services. *Ecological indicators*, 94, pp. 151-169.
- Good J.A., Dorman J.A., 2020 - Relative abundance of rove-beetles (Coleoptera: Staphylinidae) from grasslands and pastures in Ireland and Galicia, Spain. *Bulletin of the Irish Biogeographical Society*, 44, pp. 205-235.
- Guenser J., 2008 - Test d'une méthode simplifiée d'évaluation de la biodiversité des arthropodes dans les parcelles viticoles à l'échelle du paysage. *Diplôme d'agronomie approfondie, INPEnsa Toulouse*, pp. 53.
- Hartig F., 2022 - DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models. R package version 0.4.5. <http://florianhartig.github.io/DHARMA/>
- Hedde M., 2018 - Indicateurs basés sur la faune des sols : des outils pour l'agriculture innovante ? *Innovations Agronomiques, INRAE*, 2018, 69, pp.15-26. [ff10.15454/J1HFARff.fhal-02002765f](https://doi.org/10.15454/J1HFARff.fhal-02002765f)
- Hohbein R.R., Conway C.J., 2018 - Pitfall traps: A review of methods for estimating arthropod abundance. *Wildlife Society Bulletin*, 42, 4, pp. 597-606.
- Hubble D., 2012 - Keys to the adults of seed and leaf beetles of Britain and Ireland, Telford, Royaume-uni, FSC, 136p.
- Kibblewhite M.G., Ritz K., Swift M.J., 2008 - Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363, 1492, pp. 685-701.
- Hackston M., 2021 - Mike's insects keys for the Identification of British Beetles (Coleoptera), [02/05/21], <https://sites.google.com/view/mikes-insect-keys/mikes-insect-keys/keys-for-the-identification-of-british-beetles-coleoptera>
- Hothorn T., Bretz F., Westfall P., 2008 - Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical Journal*, 50, 3, pp. 346-363.
- Koivula M., Kotze J., Hiisivuori L., Rita H., 2003 - Pitfall trap efficiency: do trap size, collecting fluid and vegetation structure matter? *Entomologica Fennica*, 14, 1, pp. 1-14.

- Lang A., 2000 - The pitfalls of pitfalls: a comparison of pitfall trap catches and absolute density estimates of epigeal invertebrate predators in arable land. *Journal of pest science*, 73, 4, pp. 99-106.
- Lange M., Gossner M.M., Weisser W.W., 2011 - Effect of pitfall trap type and diameter on vertebrate by-catches and ground beetle (Coleoptera: Carabidae) and spider (Araneae) sampling. *Methods in Ecology and Evolution*, 2, 2, pp. 185-190.
- Lecq S., Loisel A., Bonnet X., 2015 - Non-lethal rapid biodiversity assessment. *Ecological Indicators*, 58, pp. 216-224.
- Magura T., Tóthmérész B., Molnár T., 2001 - Forest edge and diversity: carabids along forest-grassland transects. *Biodiversity & Conservation*, 10, 2, pp. 287-300.
- Martinez Vilalpando S., 2019 - Spider identification by eyes arrangement, [05/05/21], <https://www.thebiologistapprentice.com/blog-archives/spider-identification-by-eye-arrangement>
- McCravy K.W., Willand J.E., 2007 - Effects of pitfall trap preservative on collections of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) - The Great Lakes *Entomologist*, 40, 3 et 4, p. 6.
- Menta C., Remelli S., 2020 - Soil health and arthropods: From complex system to worthwhile investigation. *Insects*, 11, 1, pp. 1-21.
- Muratet A., Muratet M., Pellaton M., Brun M., Baude M., Shwartz A., Fontaine C., 2021 - Wasteland, a refuge for biodiversity, for humanity, in: Di Pietro, F., Robert, A. (Eds.), *Urban Wastelands*. Springer, Cham, pp. 87–112. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74882-1_5
- Muratet A., Pellegrini P., Dufour A.-B., Arrif T., Chiron F., 2015 - Perception and knowledge of plant diversity among urban park users. *Landscape and Urban Planning*, 137, pp. 95--106.
- Noël F., Séchet E., 2007 - Invertébrés Armoricaïns – Les cahiers du gretia, Rennes, France, GRETIA, 50p.
- Obriest M.K., Duelli P., 2010 - Rapid biodiversity assessment of arthropods for monitoring average local species richness and related ecosystem services. *Biodiversity and Conservation*, 19, 8, pp. 2201--2220.
- Oksanen J., Blanchet F.G., Friendly M., Kindt R., Legendre P., McGlenn D., Minchin P.R., O'Hara R.B., Simpson G.L., Solymos P., Stevens M.H.H., Szoecs E., Wagner H., 2020 - vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-6. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- R Core Team (2020 - R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
- Rabot E., Keller C., Ambrosi J.P., Robert S., 2017 - Revue des méthodes multiparamétriques pour l'estimation de la qualité des sols dans le cadre de l'aménagement du territoire. *Étude et Gestion des Sols*, 24, pp. 59-72.
- Richer-de-Forges A.C., Chevallier T., Eglin T., 2020 - Éditorial du numéro spécial - Communiquer et sensibiliser le grand public aux sols. In: *Communiquer et sensibiliser le grand public aux sols*. *Étude et Gestion des Sols*, 26, 1, p.3. ISSN 1252-6851.
- Roberts M.J., 2014 - Araignées de France et d'Europe, Paris, France, Delachaux et Niestlé SA, 383p.
- Sankey J.H., 1988 - Provisional atlas of the harvest-spiders (Arachnida: Opiliones) of the British Isles. Biological Records Centre Institute of Terrestrial Ecology. NERC, Huntingdon. 36 p.
- Saska P., van der Werf W., Hemerik L., Luff M.L., Hatten T.D., Honek A., 2013 - Temperature effects on pitfall catches of epigeal arthropods: a model and method for bias correction. *Journal of Applied Ecology*, 50, 1, pp. 181-189.
- Sierwald P., 2007 - "Milli-PEET: Millipedes Made Easy." Illustrated Key to Order. Chicago: The Field Museum, [21/05/21] <https://www.fieldmuseum.org/science/special-projects/milli-peet-class-diplopoda/milli-peet-millipedes-made-easy/milli-peet-key>
- Université de Poitiers, 2021 - La biodiversité sur les campus, [20/09/21], <https://www.univ-poitiers.fr/vivre-les-campus/qualite-de-vie/biodiversite/la-bio-diversite-sur-les-campus/>
- Stašiov S., Čiliak M., Wiezik M., Svitok M., Wieziková A., Diviaková A., 2021 - Pitfall trap design affects the capture efficiency of harvestmen (Opiliones) and millipedes (Diplopoda) *Ecology and Evolution*, 11, 14, pp. 9864-9875.
- Vandel A. (1960 - Faune de France, Vol 64: les Isopodes terrestres, première partie. Lechevallier, Paris.
- Ward D.F., New T.R., Yen A.L., 2001 - Effects of pitfall trap spacing on the abundance, richness and composition of invertebrate catches. *Journal of Insect Conservation*, 5, 1, pp. 47-53.
- Woodcock, B.A., 2005 - Pitfall trapping in ecological studies. Dans: *Insect Sampling in Forest Ecosystems*; Blackwell Publishing: Malden, MA.

Annexe 1 : Tableau des morpho-espèces identifiées au niveau taxonomique le plus fin sur le Campus Est et Jardin Botanique Universitaire du Deffend (Université de Poitiers, France).

Appendix 1: Table of the morphospecies identified at the finest taxonomic level on the eastern campus and Deffend Botanical Garden (University of Poitiers, France).

Code morpho-espèce	Classe	Ordre	Sous-Ordre	Famille	Genres ou espèces identifiés
IS.01	Malacostraca	Isopoda	Oniscidea	Armadillidiidae	<i>Armadillidium vulgare</i>
IS.02	Malacostraca	Isopoda	Oniscidea	Armadillidiidae	<i>Armadillidium nasatum</i>
IS.03	Malacostraca	Isopoda	Oniscidea	Porcellionidae	<i>Porcellionides pruinosus</i>
IS.04	Malacostraca	Isopoda	Oniscidea	Philosciidae	<i>Chaetophiloscia elongata</i>
IS.05	Malacostraca	Isopoda	Oniscidea	Philosciidae	<i>Philoscia muscorum</i>
CP.01	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Staphylinidae	<i>Philonthus splendens</i>
CP.02	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Staphylinidae	<i>Habrocerus</i> sp. 1
CP.03	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Staphylinidae	<i>Gymnusa</i> sp. 1
CP.04	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Staphylinidae	-
CP.05	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Staphylinidae	<i>Sepedophilus</i> sp. 1
CP.06	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Staphylinidae	<i>Paederus littoralis</i>
CP.07	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Staphylinidae	-
CP.08	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Staphylinidae	<i>Gymnusa</i> sp. 1
CP.09	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Staphylinidae	<i>Habrocerus capillaricornis</i>
CP.10	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Chrysomelidae	<i>Longitarsus</i> sp. 1
CP.11	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Chrysomelidae	<i>Longitarsus melanocephalus</i>
CP.12	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Chrysomelidae	-
CP.13	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Chrysomelidae	-
CP.14	Insecta	Coleoptera	Adephaga	Carabidae	<i>Metalina properans</i>
CP.15	Insecta	Coleoptera	Adephaga	Carabidae	<i>Carabus nemoralis</i>
CP.16	Insecta	Coleoptera	Adephaga	Leiodidae	-
CP.17	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Leiodidae	-
CP.18	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Leiodidae	<i>Ptomaphagus subvillosus</i>
CP.19	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Curculionidae	-
CP.20	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Salpingidae	-
CP.21	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Scarabaeidae	-
CP.23	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Eucinetidae	<i>Nycteus</i> sp. 1
CP.24	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Chrysomelidae	<i>Longitarsus dorsalis</i>
CP.25	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Staphylinidae	<i>Quedius molochinus</i>
CP.26	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Staphylinidae	<i>Othius punctulatus</i>
CP.27	Insecta	Coleoptera	Polyphaga	Carabidae	<i>Notiophilus substriatus</i>
AR.01	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Lycosidae	<i>Pardosa monticola</i>
AR.02	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Lycosidae	-
AR.03	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Lycosidae	<i>Pardosa agrestis</i>
AR.04	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Lycosidae	<i>Pardosa</i> sp. 1
AR.05	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Lycosidae	<i>Pardosa</i> sp. 2
AR.06	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Thomisidae	<i>Ozyptila</i> sp. 1
AR.07	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Thomisidae	<i>Ozyptila atomaria</i>
AR.09	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Thomisidae	<i>Philodromus</i> sp. 1

Annexe 1 (suite)					
Code morpho-espèce	Classe	Ordre	Sous-Ordre	Famille	Genres ou espèces identifiés
AR.10	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Liocranidae	<i>Agroea</i> sp. 1
AR.11	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Liocranidae	<i>Scotina palliardii</i>
AR.12	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Liocranidae	-
AR.13	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Liocranidae	-
AR.14	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Liocranidae	-
AR.15	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Liocranidae	<i>Agroeca</i> sp. 2
AR.16	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Liocranidae	<i>Agroeca brunnea</i>
AR.17	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Liocranidae	<i>Scotina</i> sp. 1
AR.18	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Liocranidae	<i>Agroeca cuprea</i>
AR.19	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Liocranidae	<i>Scotina</i> sp. 2
AR.20	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Liocranidae	<i>Apostenus fuscus</i>
AR.21	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Liocranidae	<i>Scotina</i> sp. 3
AR.22	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Liocranidae	-
AR.23	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Liocranidae	<i>Scotina</i> sp. 4
AR.24	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Liocranidae	<i>Scotina</i> sp. 5
AR.25	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Clubionidae	<i>Clubiona</i> sp. 1
AR.26	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Dysderidae	<i>Harpactea hombergi</i>
AR.27	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Theridiidae	-
AR.28	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Agelenidae	-
AR.29	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Agelenidae	-
AR.30	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Tetragnathidae	<i>Pachygnatha degeeri</i>
AR.31	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Gnaphosidae	<i>Drassodes cupreus</i>
AR.32	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Theridiidae	-
AR.33	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Liocranidae	<i>Scotina</i> sp. 5
AR.34	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Dysderidae	<i>Dysdera erythrina</i>
AR.35	Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Lycosidae	-
OP.01	Arachnida	Opiliones	Eupnoi	Phalangiidae	<i>Rilaena triangularis</i>
OP.02	Arachnida	Opiliones	Eupnoi	Phalangiidae	-
MY.01	Diplopoda	Callipodida	-	Callipodidae	<i>Callipus foetidissimus</i>
MY.02	Diplopoda	Geophilomorpha	-	Geophilidae	<i>Geophilus</i> sp.
MY.03	Diplopoda	Polyzoniida	-	Polyzoniidae	<i>Polyzonium germanicum</i>
HY.01	Insecta	Hymenoptera	Apocrita	Formicidae	<i>Myrmica rubra</i>
HY.02	Insecta	Hymenoptera	Apocrita	Formicidae	<i>Lasius (Caulolasius) flavus</i>
HY.03	Insecta	Hymenoptera	Apocrita	Formicidae	<i>Lasius (Lasius) niger</i>
HY.04	Insecta	Hymenoptera	Apocrita	Formicidae	<i>Lasius (Lasius) brunneus</i>
HE.01	Insecta	Hemiptera	Auchenorrhyncha	Cicadellidae	<i>Stroggylocephalus</i> sp. 1
HE.02	Insecta	Hemiptera	Auchenorrhyncha	Cicadellidae	<i>Stroggylocephalus</i> sp. 2
HE.03	Insecta	Hemiptera	Auchenorrhyncha	Cicadellidae	-
HE.04	Insecta	Hemiptera	Auchenorrhyncha	Cicadellidae	<i>Stirellus</i> sp.
HE.05	Insecta	Hemiptera	Heteroptera	Pentatomidae	<i>Podops inunctus</i>
OR.01	Insecta	Orthoptera	Ensifera	Gryllidae	-

Annexe 2 : Exemple de « fiche morpho-espèce ».

Appendix 2: Example of a "morphospecies index card".

Ordre : Isopoda

IS.01- Famille : Armadillidiidae

Espèce : *Armadillidium vulgare*

Nom commun : Cloporte commun

Taille : 0,8 cm

Couleur : teinte marbrée chez la femelle

Uropodes larges, plus courts que le telson et donc saillants

Œil composé de plusieurs ommatidies

Capable de se rouler en boule parfaite

Habitat : sols calcaires, prairies, champs, forêts

Régime alimentaire : litière en décomposition, herbes, lichens

Fonction : fragmentation de la matière organique

