

# MASTER 1

## Observation de la Terre et Géomatique

### Travail d'Étude et de Recherche

### 2022-2023

**Zarbai Afafe**

---

Sujet du TER : Réalisation d'une cartographie interactive et grand public des données de SolEnVille

Encadrante(s) : Anne PUISSANT  
Laboratoire Image, Ville, Environnement  
UMR7362 CNRS-Unistra  
3 rue de l'Argonne F-67000 Strasbourg

Sandrine Glatron  
Laboratoire interdisciplinaire  
Des Etudes Culturelles-LinCS  
Misha Allée du général Rouvillois  
67000 Strasbourg

## Table des matières

I.	Introduction.....	6
II.	État de l'art.....	9
1.	La biodiversité des sols en milieu urbain .....	9
2.	Méthodes de collecte de données faunes des sols.....	10
3.	Cartographie interactive sur la base de données environnementales .....	11
III.	Méthodologie.....	13
1.	Collecte des données faunes des sols .....	13
2.	Traitement et analyse des données .....	15
3.	Techniques de la cartographie interactive utilisées.....	17
a.	Gestion des fichiers .....	17
b.	Fonds de cartes .....	19
IV.	Résultats.....	21
1.	Section de la carte .....	22
2.	Section d'exploitation.....	27
V.	La discussion.....	31
1.	Limites de la cartographie interactive.....	31
2.	Améliorer la compréhension rapide de la richesse de la biodiversité de sols.....	31
3.	Recommandations.....	33
VI.	Conclusion .....	34
VII.	Bibliographique .....	35
VIII.	Annexes .....	39

## Table des figures

Figure 1 : la clé de détermination. ....	11
Figure 2 : la méthodologie .....	13
Figure 3 : l'interface de la cartographie interactive .....	21
Figure 4 : regroupement des pièges au zoom initiale.....	22
Figure 5 : regroupement des pièges après deux niveaux de zoom .....	23
Figure 6 : les Fonds des cartes (baseLayers) et la superposition des couches (overlayMaps) ...	25
Figure 7 : la fonctionnalité de la recherche Plugin de Leaflet.....	25
Figure 8 : l'affiche des données de la richesse.....	27
Figure 9 : l'affichage de la faune des sols.....	29

## Table des Tableaux

Tableau 1: extrait des informations de l'un des tableaux de Sol En Ville récupérés .....	15
--	----

## **Table des annexes:**

Annexe 1: code HTML .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Annexe 2: Code CSS.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Annexe 3: Code Javascript.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

## Glossaire

**Css (Cascading Style Sheets):** un langage de feuille de style utilisé pour décrire la présentation d'un document écrit en HTML.

**Geojson:** un format de données géospatiales utilisé pour représenter des informations géographiques, telles que des points, des lignes et des polygones, en utilisant la syntaxe JSON (JavaScript Object Notation).

**HTML (HyperText Markup Language):** un langage de balisage utilisé pour structurer et présenter le contenu d'une page web

**Java script :** est un langage de programmation polyvalent et orienté objet qui est principalement utilisé pour créer des interactions dynamiques sur les pages web.

## I. Introduction

Les zones urbaines connaissent une expansion rapide et se caractérisent par une concentration élevée de population et une activité humaine intense. Selon les études menées par Angel, la population urbaine mondiale devrait atteindre 5 milliards d'ici 2030, pour atteindre 6,4 milliards d'ici 2050. Bien que la croissance démographique dans les zones urbaines ralentisse progressivement, passant de 2 % par an en 2000 à 1,65 % en 2030 et 1,14 % en 2050, cette croissance sera principalement observée dans les pays moins développés. On estime que la population augmentera de 2 à 4 milliards d'ici 2030 et de 5,5 milliards d'ici 2050 (Angel et al., 2011). Cependant, l'expansion rapide des zones urbaines a des conséquences significatives sur l'environnement et la biodiversité. Avec l'extension des zones urbaines, les écosystèmes naturels sont souvent dégradés, fragmentés voire totalement détruits, laissant place aux infrastructures et à la demande croissante de logements et de développement économique (Bureau, Bureau, & Schubert, 2020). Cette transformation rapide des paysages urbains a entraîné une perte considérable d'habitats naturels, mettant en danger de nombreuses espèces végétales et animales.

L'Alsace a une biodiversité très importante. Elle est connue par sa flore et sa faune, parmi eux des faunes qui sont rare. Malheureusement, cette lacune a connu une diminution, Selon le rapport de Muller. « *A l'échelle de la région Alsace on observe une diminution de 10% de l'indice global de biodiversité.* » (Muller et al. 2013). La fragmentation de l'habitat due à l'urbanisation, à l'agriculture intensive et aux infrastructures de transport est une préoccupation majeure. Cela a entraîné la perte d'habitats naturels et la réduction des couloirs de migration pour de nombreuses espèces. Face à cette réalité, la conservation et la gestion de la biodiversité en milieu urbain sont devenues une préoccupation majeure des scientifiques, des décideurs politiques et du public du monde entier, il est donc primordial de comprendre l'importance des services écosystémiques dans les zones urbaines. De plus, il est important de comprendre l'impact de l'étalement urbain sur la biodiversité.

Dans ce contexte, la France a entrepris des actions pour préserver et restaurer la biodiversité en milieu urbain grâce à divers programmes. Parmi eux, le programme SOLenVILLE Strasbourg vise à accroître les connaissances scientifiques et la sensibilisation du grand public aux sols urbains vivants. Ce programme de sciences participatives, mis en place sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg, a pour objectif d'améliorer les connaissances scientifiques et la sensibilisation du grand public aux sols urbains vivants (Zones Ateliers Environnementale Urbaine, s.d.). Depuis 2018, un travail important de collecte de données sur la faune des sols, réalisé par divers publics grâce à l'outil et à l'application Jardibiodiv, a été effectué. L'engouement suscité et la richesse des données générées ont permis de voir l'intérêt de la science citoyenne pour un domaine qui a été relativement sous-développé par la communauté scientifique en

raison du manque de moyens, des contraintes réglementaires liées à la qualité des sols, et du manque de connaissances préalables à explorer et d'intérêt (SOLenVILLE Strasbourg).

Afin de rendre les données de la faune plus accessibles et d'encourager une participation plus large, il est indispensable de les présenter de manière conviviale et compréhensible pour le grand public. C'est dans cette optique que la présente étude propose de réaliser une cartographie interactive des données sur la faune des sols collectées. Cette approche augmentera la valeur du travail effectué jusqu'à présent et facilitera une meilleure compréhension et interprétation des résultats. En utilisant une plateforme de cartographie interactive, il est possible de visualiser facilement les données, d'encourager la participation du public à la protection et à la préservation de la biodiversité urbaine et d'explorer les différentes zones urbaines d'Alsace.

La cartographie interactive présente de nombreux avantages dans le domaine de la biodiversité. Une étude menée par Fournier a mis en évidence l'importance de la cartographie interactive comme outil efficace d'aide à la décision, permettant une meilleure coordination et un meilleur partage d'informations (Fournier et al., 2023). Cette approche offre des fonctionnalités telles que la navigation en se déplaçant librement sur la carte, en explorant différentes couches de données disponibles et en interrogeant et analysant les données cartographiques.

Certaines fonctionnalités permettent aux utilisateurs d'ajouter des données sur la carte web afin de les explorer et de les comparer. D'autres permettent d'analyser les données selon des conditions prédéfinies ou personnalisées, en tenant compte à la fois de leurs aspects temporels et spatiaux (Wu et al., 2022).

De plus, la cartographie interactive est largement utilisée dans le domaine de l'environnement, notamment dans le domaine de la conservation de la biodiversité. Cela facilite l'identification des zones à haute valeur écologique, l'identification des corridors biologiques potentiels et l'évaluation de l'efficacité des mesures de protection prises. Cette approche fournit une visualisation claire et intuitive des données de la faune du sol qui permet aux utilisateurs de reconnaître la richesse en biodiversité de leurs villes et de prendre des décisions éclairées pour une planification urbaine verte.

Le présent rapport vise à mettre en œuvre une cartographie interactive des données de faune des sols dans le cadre du programme SOLenVILLE Strasbourg. L'objectif principal est de rendre les données déjà collectées plus accessibles au grand public, afin de valoriser le travail effectué et d'encourager une participation plus large. L'utilisation d'une plateforme interactive permettra également de créer une communauté autour de ces sujets et de faciliter la compréhension et l'interprétation des résultats.

Ce rapport est structuré en plusieurs sections afin de présenter de manière cohérente l'étude réalisée.

La première section, l'état de l'art, examine la biodiversité des sols urbains, les méthodes de collecte de données sur la faune des sols et les applications de la cartographie interactive dans un contexte environnemental. Ensuite, la méthodologie détaille la réalisation de la cartographie interactive des

données de faune des sols, y compris la collecte, le traitement, l'analyse des données et les techniques de cartographie interactive utilisées.

La section des résultats présente les données de faune des sols collectées, analyse et interprète les résultats obtenus, et met en évidence la cartographie interactive réalisée pour représenter ces données. La partie discussion indique les limites de l'étude et propose des perspectives et des recommandations pour les recherches futures.

Enfin, la conclusion résume les principaux résultats, discute des implications de la cartographie interactive des données fauniques du sol et met en évidence les apports de la recherche et les futures pistes de recherche à explorer. Le rapport se termine par une liste de références et des annexes.

## **II. État de l'art**

### **1. La biodiversité des sols en milieu urbain**

La biodiversité des sols en milieu urbain est une préoccupation croissante dans le domaine de l'environnement (Blanchart et al. 2018). Les sols urbains, bien qu'apparemment stériles, abritent une biodiversité riche et complexe qui joue un rôle crucial dans le fonctionnement des écosystèmes urbains. Cependant, l'expansion urbaine rapide et les activités humaines intenses menacent cette biodiversité (Agujedad 2011). Les pressions telles que la pollution, le compactage, l'imperméabilisation et la dégradation des habitats naturels compromettent la diversité biologique des sols et leur fonctionnement écologique. La préservation de la biodiversité des sols urbains est essentielle pour assurer la durabilité des écosystèmes urbains et préserver les services écosystémiques dont dépendent les populations urbaines (Bolund et Hunhammar 1999). Les services écosystémiques, tels que la régulation climatique, la purification de l'air et de l'eau, la régulation des inondations et la pollinisation des cultures, sont compromis par la diminution de la biodiversité des écosystèmes (Hedde et Zwicke 2020) L'expansion urbaine entraîne une augmentation des surfaces imperméables et des conséquences néfastes sur le cycle de l'eau (Norton et al. 2023). De plus, la réduction de la biodiversité des sols est un résultat direct de l'urbanisation, car les sols urbains sont souvent contaminés, compacts et dégradés (Ivankim 2018). Cette biodiversité des sols, en particulier la faune des sols telle que les macro-invertébrés, joue un rôle crucial dans la fertilité du sol et la régulation des ravageurs (Pant, Negi, et Kumar 2020). Pour faire face à ces défis, des efforts sont déployés pour promouvoir la biodiversité dans les zones urbaines. Les politiques et réglementations encouragent la préservation des espaces verts, la création de corridors écologiques et la conservation des habitats naturels en milieu urbain (Hanson et Olsson 2023). La participation du public, également appelée science participative, joue un rôle important dans la collecte de données et la sensibilisation du public aux enjeux environnementaux (Houllier et Merilhou-Goudard, 2016). Des projets tels que Jardibiodiv mettent en valeur l'importance des macro-invertébrés dans les sols urbains et impliquent les citoyens dans la collecte de données et la sensibilisation (Auclerc and Blanchart 2019). En conclusion, il est essentiel de préserver la biodiversité des sols en milieu urbain pour assurer la durabilité des écosystèmes urbains. Les sols urbains abritent une biodiversité précieuse, mais elle est menacée par l'expansion urbaine et les activités humaines. La science participative et les politiques de préservation des espaces verts sont des outils importants pour préserver cette biodiversité et maintenir l'équilibre écologique des zones urbaines. La cartographie interactive des faunes des sols offre de nouvelles possibilités pour mieux comprendre et protéger cette biodiversité (Recueil de Projets de Sciences Participatives Sur Les Sols, 2021). Il est donc crucial de soutenir la recherche, l'engagement citoyen et les pratiques durables pour préserver la biodiversité des sols urbains.

## 2. Méthodes de collecte de données faunes des sols.

La collecte de données sur la faune est cruciale pour les études écologiques, permettant de documenter la diversité des espèces, d'évaluer leur abondance, leur répartition géographique et d'étudier leurs interactions au sein des écosystèmes (Smith, Potts et Eggleton, 2008). Les avantages de cette collecte sont multiples. Elle fournit des informations précises sur la composition des communautés animales, évaluant ainsi la santé et la biodiversité des écosystèmes. De plus, elle détecte les perturbations et évolutions au fil du temps, contribue à la préservation des espèces en identifiant les habitats clés et évalue l'efficacité des mesures de gestion (Potapov et al., 2022).

La collecte de données sur la faune génère également des données de référence essentielles pour les études ultérieures, permettant d'évaluer l'efficacité des mesures de conservation, de suivre l'évolution des populations animales et de détecter les tendances à long terme. De plus, elle permet d'étudier les interactions entre les espèces et leur rôle fonctionnel dans les écosystèmes, favorisant une meilleure compréhension des chaînes alimentaires, des relations de prédation et des processus de pollinisation (Vieilleville, 2023).

La collecte de données sur la faune utilise différentes méthodes, qui peuvent être classées en deux groupes : les échantillons directs et les échantillons indirects. Les échantillons directs impliquent la capture ou l'observation directe des organismes sur le terrain, tandis que les échantillons indirects reposent sur des indices ou des traces laissés par les organismes (Qubs, 2023).

Parmi les méthodes utilisées, on trouve le tri à la main, qui consiste à trier manuellement les échantillons collectés sur le terrain afin de récupérer les organismes d'intérêt (Potapov et al., 2022). Cette méthode est couramment utilisée dans les études écologiques pour collecter et identifier les organismes vivants présents dans un échantillon. Le protocole Moutard est utilisé pour collecter des insectes volants, en utilisant des pots de verre remplis d'une solution attractive suspendus à différents niveaux de hauteur (Vieilleville, 2023). Le protocole Quadrat est également utilisé pour collecter les organismes présents à la surface du sol dans un quadrat de 25 cm de côté pendant 7 minutes à l'aide d'un aspirateur à bouche. Les pièges Barber sont utilisés pour collecter des invertébrés en creusant des trous dans le sol avec des gobelets remplis d'une solution attrayante (Nguéma et al., 2020). Les pièges fosses sont utilisés pour capturer des petits mammifères, des reptiles ou d'autres organismes terrestres en créant des trappes dans le sol (Charbonneau et al., 2023).

Différentes études ont comparé ces méthodes de collecte de données sur la faune. Une étude a montré que le tri à la main était généralement aussi efficace que d'autres méthodes de collecte de la macrofaune du sol.

L'identification de la faune reste une étape très importante dans la collecte des faunes des sols pour cela, une clé de détermination a été proposée par jardibiodiv « Figure 1 ». C'est un arbre de décision prenant en compte la morphologie pour classer les invertébrés dans le bon groupe taxonomique.

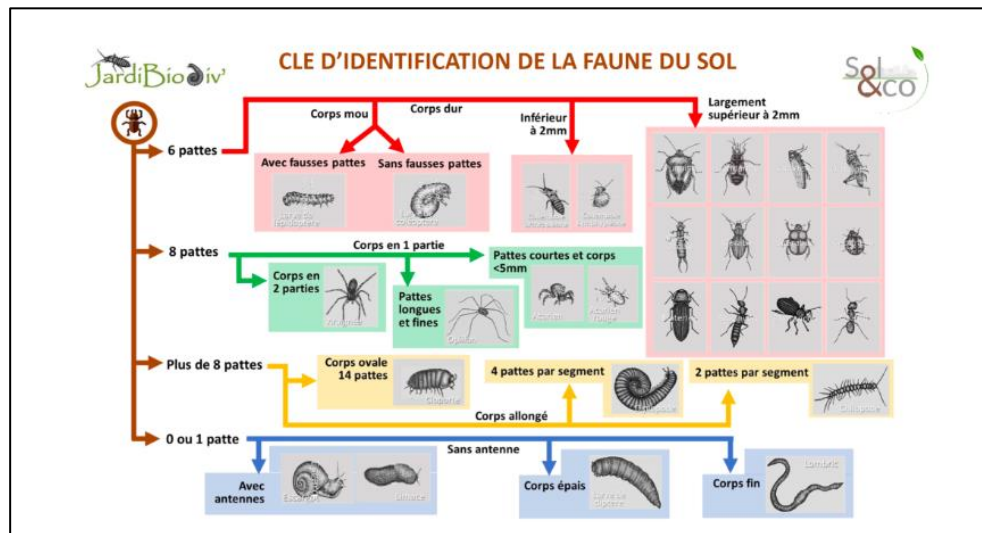


Figure 1 : la clé de détermination. Source (Jardibiodiv 2017)

### 3. Cartographie interactive sur la base de données environnementales

La cartographie a évolué de manière significative, passant d'un format statique à une approche interactive (Roth 2013). Autrefois limitées au papier, les cartes ont gagné en flexibilité et en interactivité grâce aux systèmes d'information géographique (SIG) et à des outils logiciels tels que QGIS et ArcGIS. Les chercheurs ont soutenu que les cartes papier peuvent être considérées comme interactives en raison de la manipulation physique et la communication visuelle avec la carte (Roth 2013).

La cartographie en ligne a connu une évolution marquée, passant de la publication de cartes statiques à la création de cartes interactives et intelligentes qui prennent en compte le contexte et les besoins des utilisateurs. Les premières cartes dynamiques en ligne présentaient une limitation en terme de fonctionnalités interactives telle que la possibilité de faire des zooms ou bien de faire basculer les couches, mais des solutions technologiques ont permis une interaction simultanée entre les utilisateurs, les clients et les serveurs (Veenendaal, Brovelli, and Li 2017). Ce développement dans le domaine de la cartographie en ligne est considéré comme le troisième développement des cartes Web selon Plewe (Plewe 2007), en s'appuyant sur la technologie de cartographie dynamique sur le Web.

L'émergence des Systèmes d'Information Géographique (SIG) a mis en évidence le rôle important de la visualisation pour la compréhension des phénomènes géographiques. La visualisation scientifique utilise la technologie informatique pour créer des affichages visuels facilitant la résolution de problèmes (Antoni, Klein, and Moisy 2004). Elle permet aux scientifiques de représenter graphiquement les résultats d'analyses complexes, améliorant ainsi leur réflexion. Avec les avancées technologiques, la cartographie dynamique et interactive est devenue possible, ajoutant de la valeur à la cartographie.

L'un des éléments clés de la cartographie interactive est l'utilisation de bases de données qui stockent des informations géographiques. Ces bases de données peuvent contenir une variété de données de différents domaines notamment, gestion de ressource naturelle, et gestion de l'espace etc.

L'intégration des données dans une base de données géospatiale permet une organisation et une structuration efficaces. Les informations géographiques sont associées à des attributs supplémentaires, facilitant ainsi l'exploration et l'analyse des données. Un gestionnaire de données couramment utilisé est PostGIS, une extension spatiale puissante de PostgreSQL, qui permet de stocker, importer et effectuer des requêtes spatiales avancées sur des données géographiques. En combinant PostGIS avec des technologies web telles que Leaflet, OpenLayers ou Mapbox, il est possible de créer des cartes interactives, permettant aux utilisateurs d'interagir avec les données spatiales. Certaines études ont utilisé des méthodologies similaires pour créer des cartes interactives. Par exemple, une étude a utilisé QGIS, Leaflet et JavaScript pour créer une carte interactive représentant l'état préindustriel de l'environnement naturel. Cependant, l'utilisation de GeoJSON comme format de données peut présenter des inconvénients en termes d'informations topologiques manquantes et de taille de fichier (Horbiński and Lorek 2022). Une autre étude a développé une application de carte interactive basée sur un SIG pour soutenir les activités apicoles, en utilisant des logiciels libres tels que R, R Studio et QGIS, ainsi que l'intégration de l'API d'Open Weather Map et la contribution de la foule pour collecter des données (Kotovs and Zacepins 2023).

La cartographie interactive sur une base environnementale souffre d'un manque de références spécifiques, ce qui souligne la nécessité de développer de nouvelles approches et méthodologies pour combler cette lacune dans la littérature scientifique. Néanmoins, il existe de nombreuses approches possibles, les outils pouvant varier en fonction des besoins et des objectifs. En combinant HTML, CSS, JavaScript, Leaflet et GeoJSON, cela permet aux utilisateurs d'explorer et d'interagir avec les données de manière conviviale.

### III. Méthodologie

La méthodologie mise en œuvre pour créer une cartographie interactive des faunes des sols repose sur une approche méthodique et rigoureuse. Dans un premier temps, une analyse approfondie des besoins et des objectifs du projet a été effectuée afin de définir les exigences spécifiques de l'application de visualisation des données géographiques.

L'objectif principal était de représenter les données d'enquête de manière claire et efficace sur la carte, en mettant l'accent sur la capacité du grand public à interagir ces données d'une manière significative. Un aspect essentiel était également de fournir des informations sur la biodiversité des sites. Pour atteindre ces objectifs, plusieurs étapes ont été suivies « Figure 2 ».

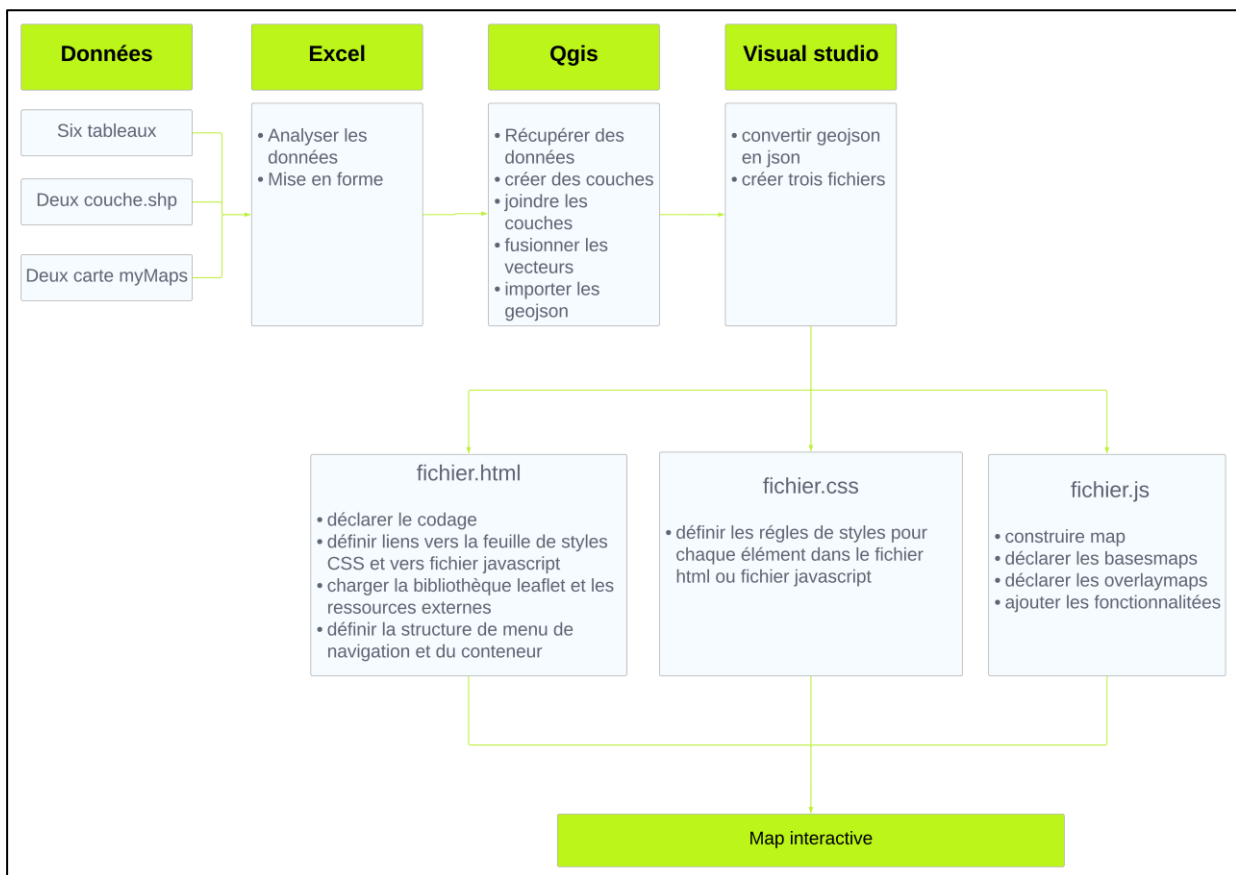


Figure 2 : la méthodologie

#### 1. Collecte des données faunes des sols

La collecte des données faunes des sols nécessite l'identification de sources pertinentes qui fournissent des informations précieuses sur la faune présente dans les sols. Dans le cadre de cette étude, deux sources de données principales ont été identifiées : les enquêtes des stagiaires de sol en ville, la base de données Jardibiodiv et des données de Strasbourg ça pousse.

Les enquêtes des stagiaires de sol en ville ont été menées de 2018 à 2022, et représentent des informations importantes sur la faune des sols dans les différentes zones étudiées de l'alsace.

Ces enquêtes ont été réalisées par des stagiaires spécialisés dans l'étude des sols et de la faune qui y est associée. Les stagiaires ont collecté des données sur le terrain en utilisant la méthode des pièges barbe pour échantillonner et la clé de détermination proposée par Jardibiodiv pour identifier la faune présente. Ces enquêtes ont couvert différentes zones urbaines de l'alsace « des jardin partagés, des jardins familiaux, des parcs et des trottoirs », permettant ainsi d'obtenir des informations sur la diversité et la répartition de la faune des sols dans ces environnements. Les données collectées par les stagiaires de sol en ville offrent donc une opportunité précieuse pour explorer et analyser la faune des sols sur une période de plusieurs années.

La deuxième source de données, la base de données Jardibiodiv, est une ressource qui contient des informations sur la faune présente dans des pièges différents. Cette base de données recueille des données provenant de diverses sources, notamment des observations de citoyens. Elle a été spécifiquement conçue pour recueillir des informations sur la biodiversité dans les jardins. Dans le contexte de cette étude, la base de données Jardibiodiv fournit des données sur la faune des sols de différents jardins de l'alsace capturée avec des protocoles diverses.

Il est essentiel de mentionner que pour garantir la qualité et la fiabilité des données collectées, il convient de procéder à une vérification approfondie. Cela implique d'évaluer la précision, la complétude et la cohérence des données recueillies à partir des enquêtes des stagiaires de sol en ville et de la base de données Jardibiodiv. Il est également recommandé de documenter soigneusement les sources et les méthodes de collecte des données afin de faciliter leur analyse ultérieure et de permettre la transparence scientifique.

La troisième source de données provient de l'initiative Strasbourg ça pousse, qui recueille des informations sur la biodiversité urbaine à Strasbourg. Cette initiative implique la participation citoyenne dans la collecte de données sur la faune et la flore urbaines. Les données recueillies dans le cadre de Strasbourg ça pousse inclure des observations spécifiques sur la faune des sols dans les zones urbaines de la ville.

En exploitant ces sources de données spécifiques, il sera possible d'obtenir des informations détaillées sur la faune des sols dans les zones étudiées. La combinaison des données provenant des enquêtes des stagiaires de sol en ville, Strasbourg ça pousse, et de la base de données Jardibiodiv permettra d'avoir une vision plus complète de la biodiversité des sols urbaines et de mieux comprendre les interactions entre la faune des sols et l'environnement urbain.

## 2. Traitement et analyse des données

Le traitement des données a débuté par une analyse approfondie des tableaux de sol En ville, Strasbourg ça pousse et de Jardibiodiv récupérés. Chaque tableau contient des informations diversifiées mais généralement, les informations trouvées sont de type date de pose de piège, date de récupération du piège, une descriptive de l'environnement où le piège est mis, et le nom de la faune de sol « Tableau 1 ». L'analyse consiste à examiner attentivement les données contenues dans chaque tableau et à comprendre leur structure et leur contenu. Cette analyse permet de prendre connaissance des informations disponibles et des différents champs présents dans les tableaux.

*Tableau 1: extrait des informations de l'un des tableaux de Sol En Ville récupérés*

Sites	Qui ?	Acariens	Araignées	Carabes	Charançons	...
5_a	Emma/hugo	0	2	3	0	...
5_b	Emma/hugo	0	3	3	0	...
5_c	Emma/hugo	0	0	0	0	...
6_a	Emma/hugo	0	12	3	0	...
6_b	Emma/hugo	0	22	6	0	...
6_c	Emma/hugo	0	0	0	0	...
10_a	etu	0	6		0	...
10_b	etu	0	2	1	0	

Après avoir analysé les tableaux, une comparaison des différents champs a été effectuée. Il s'agit de vérifier quels sont les champs communs à plusieurs tableaux et d'identifier les champs pertinents pour la réalisation de la cartographie interactive des faunes des sols. Cette étape vise à sélectionner les champs qui contiennent des informations essentielles et nécessaires à la représentation des données sur la carte.

Une fois les champs pertinents identifiés, une normalisation des champs a été réalisée. Cela signifie que les noms de champs peuvent varier d'un tableau à l'autre, ce qui peut rendre difficile la manipulation et la comparaison des données. Pour assurer la cohérence des données, les noms de champs ont été harmonisés et standardisés.

Une fois l'étape d'analyse et de normalisation des champs réalisée, la deuxième étape du traitement des données a consisté à récupérer la localisation des pièges et des sites, en se concentrant tout d'abord sur les données de SolEnVille. Dans ce contexte, deux tableaux étaient associés à des couches vecteur représentant respectivement les informations spatiales sur les pièges et les sites.

Le deuxième tableau était accompagné d'une carte My Maps. Cette carte contient des informations géographiques sur les pièges et les sites. En utilisant cette carte, les couches de pièges et de sites ont été récupérées et intégrées dans le processus de traitement des données.

Cependant, dans le dernier tableau de SolEnVille, l'identificateur n'avait pas fourni de localisation précise des pièges. À la place, il avait décrit l'environnement des pièges dans son rapport. Heureusement, le responsable de SolEnVille, qui avait une connaissance approfondie des sites étudiés, a utilisé ces descriptions pour déterminer la localisation des pièges. Sur la base de ces informations, deux couches ont été créées : une pour représenter les pièges et une autre pour les sites. La création de ces couches a nécessité la digitalisation des sites sur un fond de carte OpenStreetMap dans l'environnement de QGIS.

Après avoir procédé à la récupération de la localisation des pièges et des sites, une analyse comparative entre les données vectorielles et tabulaires a été réalisée. Cette étape visait à détecter d'éventuelles incohérences entre les deux sources de données.

Au cours de cette analyse comparative, il a été observé qu'il existait des incohérences entre les données vectorielles et les données tabulaires. Pour remédier à cette situation, des décisions supplémentaires ont été prises.

Tout d'abord, les pièges qui ne disposaient pas d'informations spatiales, ont été supprimés de la base de données. En effet, ces pièges ne pouvaient pas être positionnés de manière adéquate sur la carte interactive, ce qui les rendait inutiles pour l'objectif de la cartographie des faunes des sols.

De même, les données relatives à la faune qui ne comportaient pas d'informations spatiales ont également été exclues de la base de données. Ces données étaient insuffisantes pour représenter de manière significative la répartition des espèces dans l'environnement.

Par ailleurs, des cas de pièges répétés ont été identifiés. Ces pièges présentaient la même localisation géographique, mais des dates de pose différentes. Afin de résoudre cette problématique, un champ supplémentaire a été créé pour représenter la session d'échantillonnage à laquelle chaque piège appartenait. Cela permettait de différencier les pièges répétés et de les considérer comme des entités distinctes dans la base de données.

Des jointures ont été réalisées pour intégrer ces informations tabulaires dans la base de données géospatiale.

La première jointure a été effectuée entre le tableau Excel et la couche des pièges. Cette jointure s'est basée sur le numéro de piège comme clé en commun afin d'associer les informations spécifiques à chaque piège. Cette jointure a permis de regrouper toutes les informations pertinentes " les données sur la faune, l'état de végétation, les dates de pose et de récupération, ainsi que l'état météo" pour chaque piège au sein de la couche. La deuxième jointure a été réalisée pour associer la couche des sites avec les informations

sur les sites présentes dans le tableau Excel. Cette jointure s'est basée sur un champ commun, à savoir le nom du site. Les informations qui sont intégrés dans cette couche est le nom du site et le type de site.

Une autre jointure a été réalisée entre la localisation des sites et les communes d'Alsace. Cette jointure avait pour objectif de récupérer les codes INSEE et les noms des communes correspondant à chaque site. En reliant les informations de localisation des sites aux données géographiques des communes, il était possible d'enrichir la base de données avec des informations géographiques supplémentaires.

Afin d'assurer l'unicité des sites, un champ "id\_site" a été créé. Ce champ attribuait un identifiant unique à chaque site, permettant ainsi de garantir l'identification et la distinction claire de chaque entité.

Par la suite, une fusion des couches de sites et une autre fusion des couches de pièges ont été réalisées. Cette fusion consistait à combiner les différentes couches respectives en une seule couche pour faciliter leur utilisation et leur gestion. Cependant, étant donné que chaque identificateur attribuait déjà un numéro unique aux pièges, après la fusion, il était nécessaire de s'assurer de l'unicité des pièges en créant un champ supplémentaire "id\_piège". Ce champ attribuait un numéro différent à chaque piège, garantissant ainsi leur identification unique. De plus, dans le but de fournir davantage d'informations au public, une colonne a été ajoutée pour calculer la richesse de chaque piège. Cette mesure de richesse permet de quantifier la biodiversité présente dans chaque piège en comptant le nombre total d'espèces différentes capturées ou observées. En intégrant cette colonne de richesse dans la cartographie interactive des données de faune des sols, les utilisateurs pourront visualiser et comparer facilement la diversité biologique entre les différents pièges, offrant ainsi une meilleure compréhension de la biodiversité urbaine.

Il faut noter que toutes les couches dans un système de coordonnées WGS84 (World Geodetic System 1984), vu que Leaflet utilise principalement le système de coordonnées géographiques EPSG 4326, également connu sous le nom de WGS84 (Leaflet 2010).

### **3. Techniques de la cartographie interactive utilisées**

Différentes techniques open source ont été utilisées pour permettre une visualisation dynamique et interactive des données. Le logiciel QGIS a été largement utilisé. QGIS est un logiciel SIG (Système d'Information Géographique) open source qui offre une gamme complète d'outils de cartographie et d'analyse spatiale. Il a été utilisé comme principal outil de cartographie, permettant de créer et de manipuler les couches de données géographiques.

#### **a. Gestion des fichiers**

Une étape cruciale dans le processus a été la conversion des couches de données au format GeoJSON. Cependant, il convient de mentionner que l'utilisation du GeoJSON comme format de données peut présenter certaines limitations (Horbiński et Lorek, 2022). Par exemple, le GeoJSON ne contient pas les informations nécessaires pour simplifier la géométrie, ce qui peut affecter la visualisation des données.

De plus, les fichiers GeoJSON peuvent être relativement volumineux, ce qui peut entraîner des problèmes de performance lors de l'utilisation de la carte web interactive.

Malgré ces inconvénients potentiels, le GeoJSON reste largement utilisé en raison de sa facilité d'utilisation et de son intégration avec les bibliothèques et les outils de cartographie sur le web. Il permet de représenter et de manipuler des données spatiales de manière efficace dans les applications.

Dans le cas de cette étude, le nombre total de données dans la base de données ne dépasse pas 700. C'est la raison pour laquelle le GeoJSON a été choisi. La conversion a permis d'obtenir des fichiers légers et facilement utilisables dans les applications web.

Les couches de données géographiques converties ont été intégrées dans une application web afin de créer une expérience interactive pour les utilisateurs. Pour cela, différentes technologies web telles que HTML (annexe 1), CSS (annexe 2) et JavaScript (annexe 3) ont été utilisées pour développer une interface conviviale. L'objectif de cette application web était de permettre aux utilisateurs de visualiser les données cartographiques, de naviguer sur la carte, de zoomer, de filtrer et de rechercher des données spécifiques.

Afin de faciliter la création d'une expérience de cartographie interactive, des bibliothèques JavaScript spécialisées dans la cartographie ont été utilisées. La bibliothèque Leaflet offre des fonctionnalités avancées pour afficher des cartes interactives, manipuler des couches de données, superposer des données et personnaliser les styles cartographiques.

Le choix de la bibliothèque Leaflet n'est pas un hasard, mais plutôt le résultat d'une analyse approfondie prenant en compte les besoins et les objectifs. Selon la littérature spécialisée, il est essentiel de choisir la bibliothèque qui correspond le mieux aux exigences spécifiques d'un projet. Dans ce contexte, une comparaison détaillée a été réalisée entre deux bibliothèques cartographiques, Leaflet et OpenLayers, et les résultats recommandent clairement l'utilisation de la bibliothèque Leaflet (Tanguy, 2018).

L'analyse comparative a examiné plusieurs critères importants, tels que les fonctionnalités offertes, la facilité d'utilisation, l'interopérabilité, la performance, la légèreté et la dynamique de la communauté. Sur la base de ces critères, il a été démontré que Leaflet offre des avantages significatifs par rapport à l'autre bibliothèque étudiée.

Leaflet propose des fonctionnalités supplémentaires, telles que l'interaction avec une couche GeoJSON, le support complet des clusters, des couches temporelles, du géocodage, de la recherche par une propriété et des annotations graphiques (Leaflet, 2010). De plus, la bibliothèque est plus légère et plus simple à utiliser, nécessitant moins de lignes de code pour atteindre un niveau similaire de fonctionnalités (Tanguy, 2018). L'aspect modulaire de Leaflet est également souligné, permettant une intégration rapide de nouvelles fonctionnalités grâce à la participation active de la communauté.

Grâce à cette bibliothèque, il a été possible de développer une application web robuste et performante, offrant aux utilisateurs une expérience fluide et interactive grâce à l'intégration de plusieurs extensions de

Leaflet. En particulier, l'extension Leaflet permet d'activer le mode plein écran, de désactiver les contrôles de zoom par défaut et d'utiliser le Zoom Home pour permettre aux utilisateurs de revenir rapidement à l'étendue initiale de la carte. De plus, l'extension Coordinate Mouse affiche les coordonnées de la souris lorsqu'elle survole la carte.

## **b. Fonds de cartes**

Afin d'enrichir davantage l'application, différentes couches de fond de carte ont été intégrées :

Le fond qui sera ajouté par défaut c'est le fond de Google Maps qui est une plateforme bien connue et largement utilisée, offrant des cartes détaillées et une grande couverture géographique. Elle permet aux utilisateurs de bénéficier d'une vue claire et précise des routes, des noms de lieux et des informations géographiques. Cette option est particulièrement utile pour la navigation et l'exploration des zones urbaines.

Le fond de OpenStreetMap est une carte collaborative et libre, créée par une communauté mondiale de contributeurs. Elle offre une grande flexibilité et une mise à jour régulière des données géographiques. OpenStreetMap est souvent privilégiée pour sa précision dans les zones rurales et moins urbanisées, ainsi que pour sa capacité à inclure des détails spécifiques tels que les sentiers de randonnée ou les points d'intérêt locaux.

Le fond google satellite qui permet aux utilisateurs d'explorer la carte à partir d'images satellites, offrant ainsi une vue aérienne réaliste de la région étudiée. Cela peut être particulièrement intéressant pour l'observation des caractéristiques géographiques, de l'occupation des terres ou de la végétation. Les images satellite peuvent fournir des informations visuelles riches pour l'analyse spatiale et la compréhension des paysages.

Le dernier fond c'est Map Topo, une abréviation de carte topographique, est conçue pour représenter les caractéristiques du relief et de l'altitude. Elle offre des contours de terrain, des courbes de niveau et d'autres informations liées à la topographie. Cette option est particulièrement utile pour les activités liées à la géographie physique, comme la planification de randonnées ou l'étude des pentes et des reliefs.

Cette variété permet aux utilisateurs de choisir le fond de carte qui correspond le mieux à leurs besoins. La gestion de ces couches de fond de carte est rendue possible grâce à l'utilisation d'un système de superposition, offrant un contrôle précis sur leur affichage. Chaque couche GeoJSON est personnalisée à l'aide de paramètres de style tels que l'épaisseur des lignes, la transparence de remplissage et les couleurs utilisées.

Dans un souci d'ergonomie, l'application propose également des fonctionnalités supplémentaires. Par exemple, un groupe de clusters de marqueurs est utilisé pour regrouper visuellement les marqueurs de pièges lorsque le niveau de zoom est inférieur à une certaine valeur, évitant ainsi toute confusion. Une fois le niveau de zoom dépassé, les clusters disparaissent et les marqueurs individuels apparaissent.

Une autre fonctionnalité clé de l'application réside dans sa capacité à effectuer des recherches de lieux spécifiques grâce à une fonction de recherche par boîte. Lorsqu'un utilisateur clique sur la carte, les coordonnées correspondantes sont affichées grâce à un contrôle de coordonnées dédié.

Enfin, une fonctionnalité essentielle de l'application est la possibilité d'afficher des informations détaillées sur chaque piège. Lorsqu'un piège est sélectionné sur la carte, des détails tels que le numéro du piège, la session, les dates de pose et de récupération, ainsi que les données fauniques associées, sont affichées dans une boîte d'informations dédiée. De plus, l'utilisateur peut facilement naviguer entre les différentes sessions d'un même numéro de piège à l'aide des boutons.

L'ensemble de ces ressources et bibliothèques contribue à une expérience fluide et interactive, permettant aux utilisateurs d'explorer les données cartographiques et d'obtenir des informations pertinentes sur la biodiversité des sites de manière pratique et accessible.

## IV. Résultats

La cartographie interactive innovante a été développée pour visualiser les données de la faune des sols. Cette cartographie permet d'explorer la biodiversité des sols et permettre le grand public à connaître les organismes qui vivent dans nos sols.

Vu que c'est une cartographie dédiée au grand publique, la cartographie présente une interface facile et simple « Figure 3 ».

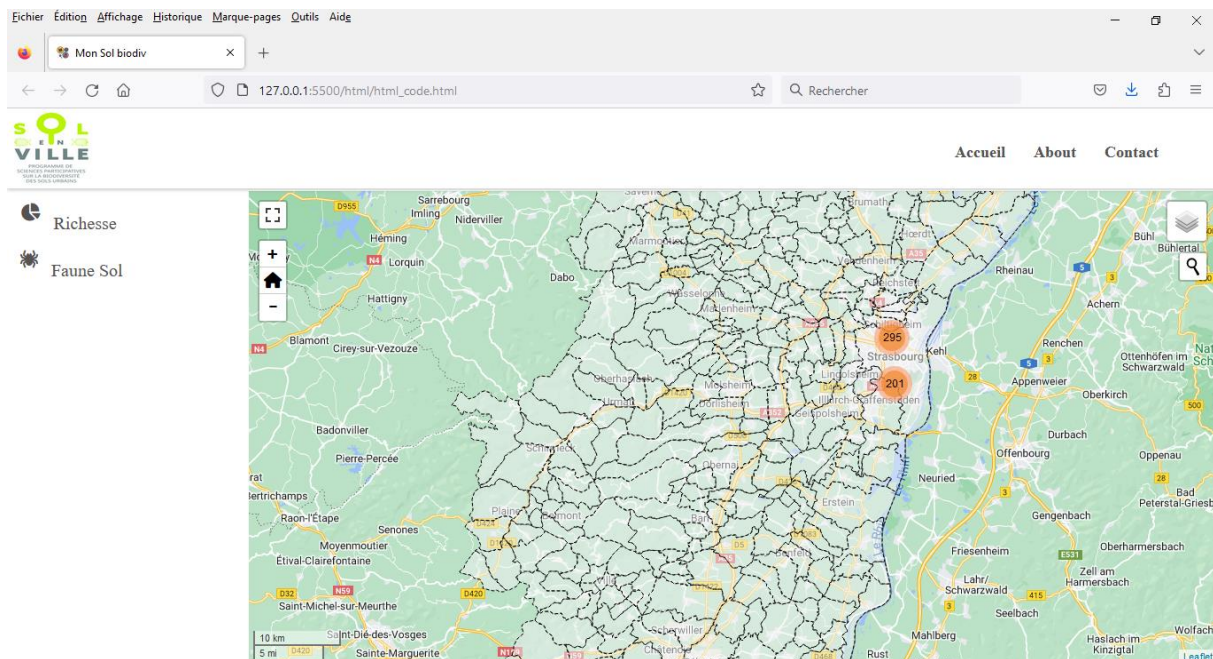


Figure 3 : l'interface de la cartographie interactive

La simplicité de l'interface de cartographie interactive joue un rôle essentiel en ce qui concerne l'engagement du grand public. L'interface a été conçue pour être conviviale et intuitive, mettant l'accent sur une expérience utilisateur fluide et accessible à tous. Grâce à une navigation simplifiée et à l'utilisation d'icônes et de symboles visuels clairs, la compréhension et l'interaction avec la carte sont facilitées, même pour les utilisateurs novices en technologie ou en sciences de la faune des sols.

Cela est corroboré par une étude (Newman et al. 2010) où les participants ont rencontré des difficultés avec l'inscription, la navigation, les avertissements précoces, l'ajout de couches sur la carte pour une espèce donnée et les fonctionnalités de la carte. En éliminant ces obstacles techniques et en proposant une interface conviviale, l'accès à l'information sur la faune des sols est démocratisé, suscitant ainsi un intérêt généralisé pour ce sujet.

La relation entre la simplicité de l'interface et le grand public est étroite. En rendant l'expérience de la cartographie interactive agréable et sans effort, les utilisateurs peuvent se concentrer sur l'exploration des données et la découverte de la faune des sols, plutôt que sur des difficultés techniques ou d'utilisation.

Cela favorise une meilleure rétention d'information, une participation plus active et une sensibilisation accrue à l'importance de la biodiversité des sols urbaine.

L'interface de la cartographie interactive est divisée en trois sections principales. La première section est l'en-tête de la page, qui comprend le logo du programme Sol En Ville à gauche et un menu comprenant les options Accueil, À propos et Contact à droite. Cette section offre une navigation claire et permet aux utilisateurs de se repérer facilement sur le site.

La deuxième section est consacrée à la carte elle-même, qui occupe la majeure partie de la page. La carte est automatiquement centrée sur la région de l'Alsace, qui est notre zone d'étude. Bien que les données actuelles se limitent aux communes de Strasbourg, Mulhouse et Colmar, la carte peut être explorée plus en détail pour découvrir la faune des sols de ces régions. Les utilisateurs peuvent zoomer, faire glisser la carte et interagir avec les différentes couches d'informations disponibles.

Enfin, la troisième section est une barre latérale fixe qui contient deux éléments importants : la section "Faune sol" et la section "Richesse". Cette barre latérale joue un rôle crucial dans notre carte, car elle permet aux utilisateurs d'accéder facilement à des informations supplémentaires sur la faune des sols, telles que des descriptions d'espèces, la richesse, et des liens vers des ressources externes. Cela permet d'approfondir les connaissances et de sensibiliser davantage le public à l'importance de la biodiversité souterraine.

## 1. Section de la carte

La section la plus importante dans la page, qui est la section de la carte. Cette carte représente la répartition des pièges effectués dans l'enquête « Figure 3 ».

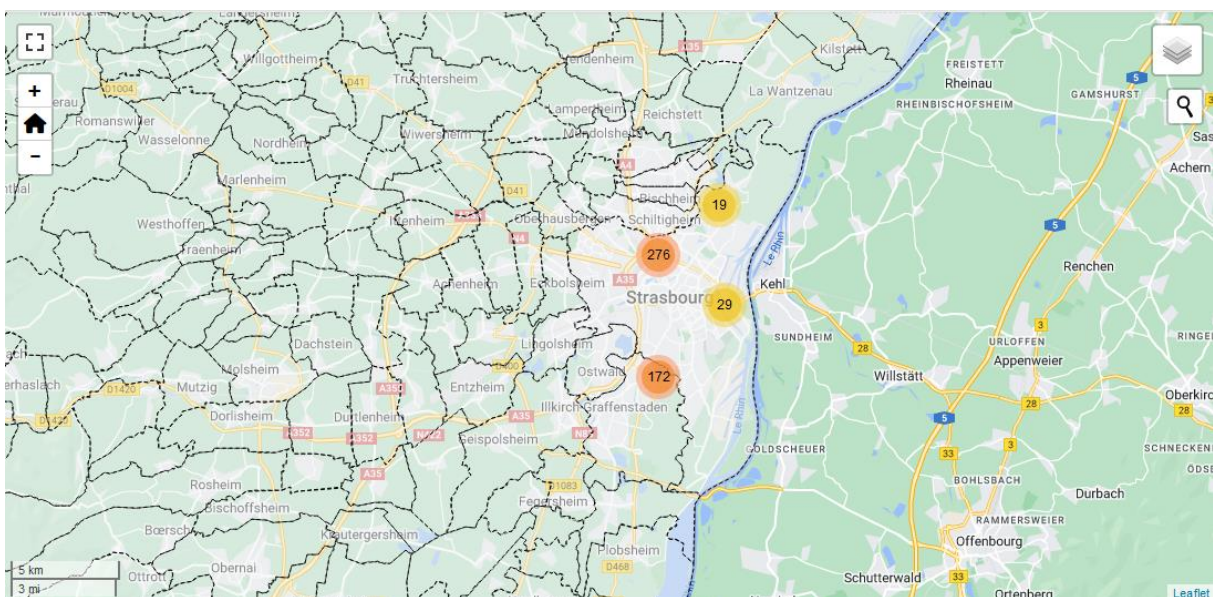
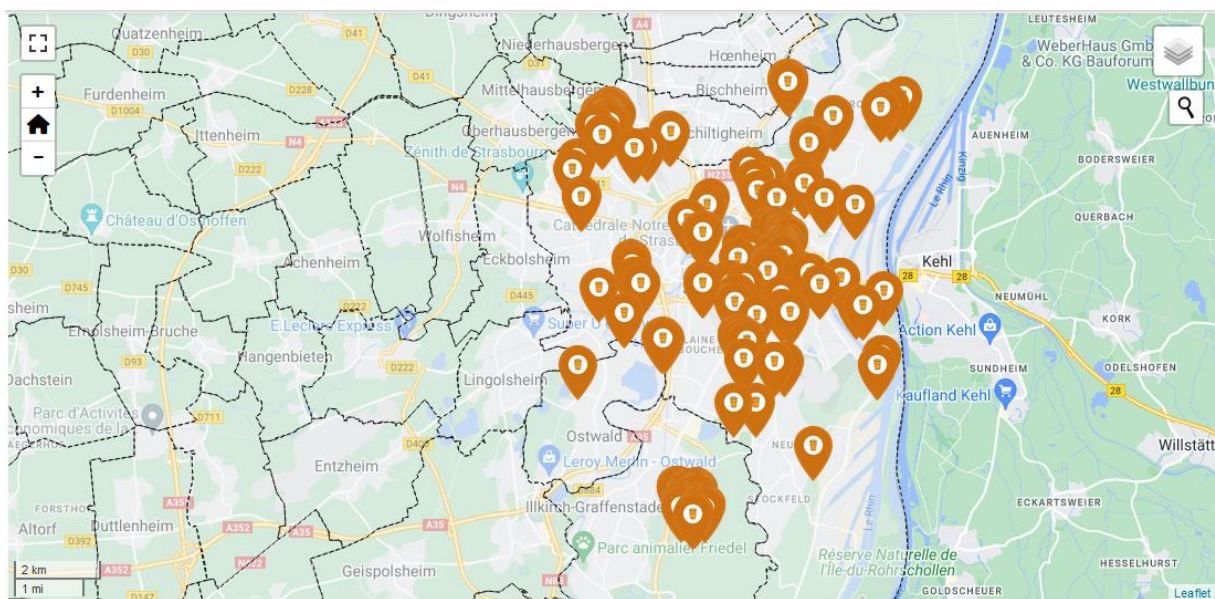


Figure 4 : regroupement des pièges au zoom initiale

La fonctionnalité de regroupement (cluster) des pièges revêt une grande importance et présente un intérêt considérable dans la cartographie interactive de la faune des sols. Cette fonctionnalité permet de regrouper visuellement les pièges sur la carte lorsque le niveau de zoom est assez élevé « Figure 4 ».

Lorsque l'utilisateur effectue un zoom arrière, les clusters se séparent pour afficher les pièges individuellement « Figure 5 ».

Cette fonctionnalité présente plusieurs avantages. Tout d'abord, elle permet une représentation plus claire et moins encombrée des données sur la carte. Lorsqu'il y a un grand nombre de pièges disséminés sur une zone, les clusters permettent de réduire la densité d'informations affichées à l'écran, évitant ainsi une surcharge visuelle. Cela facilite la compréhension et l'interprétation des données pour les utilisateurs.



*Figure 5 : regroupement des pièges après deux niveaux de zoom*

De plus, le regroupement des pièges offre une expérience utilisateur plus fluide et efficace. Lorsqu'un utilisateur effectue un zoom arrière, les clusters se dispersent et les pièges individuels deviennent visibles, offrant ainsi une navigation plus détaillée et une exploration plus approfondie des données. À l'inverse, lorsqu'un utilisateur effectue un zoom avant, les pièges se regroupent en clusters, permettant une vue d'ensemble rapide et une meilleure visualisation globale des emplacements des pièges.

Cette fonctionnalité de regroupement des pièges s'avère particulièrement utile dans le contexte de la cartographie interactive de la faune des sols. Elle facilite l'identification des zones à forte concentration de pièges, ce qui peut indiquer des zones de biodiversité élevée ou des zones d'intérêt particulier. De plus, elle permet aux utilisateurs d'explorer de manière sélective les pièges et les informations associées, en se concentrant sur les zones qui les intéressent le plus.

Le choix du symbole destiné à représenter les pièges au sein de la cartographie interactive revêt une importance considérable, car il joue un rôle essentiel dans l'attention et l'engagement des utilisateurs. Dans ce cas, le symbole choisi est de couleur orange, ce qui permet de le distinguer facilement des autres éléments présents sur la carte.

La couleur orange a été sélectionnée délibérément pour attirer l'attention des utilisateurs et mettre en évidence la présence des pièges. En utilisant une couleur vive et contrastée, le symbole se démarque visuellement, incitant ainsi les utilisateurs à s'y intéresser et à interagir avec les informations associées.

En outre, le symbole de piège lui-même est conçu de manière à être clair et reconnaissable. Il est important que les utilisateurs puissent facilement identifier le symbole comme représentant un piège, afin de comprendre rapidement son contexte et sa signification.

Lorsque l'utilisateur opère un clic sur un symbole de piège dans la carte, une fonctionnalité additionnelle incorporée à la carte interactive s'active promptement. Un pop-up Leaflet se matérialise, exhibant des informations élaborées au sujet du piège spécifié. Ces informations peuvent englober des données particulières, telles que le numéro distinctif du piège et son identificateur spécifique.

Le pop-up Leaflet se révèle être un mécanisme judicieux pour présenter des informations complémentaires concernant chaque piège. Grâce à l'affichage du numéro de piège et de son identificateur, l'utilisateur est à même de reconnaître et de se référer aisément à un piège particulier au sein de la région étudiée. Cela facilite la compréhension et l'interprétation des données en fournissant un contexte plus exhaustif sur les pièges exposés dans la carte.

La possibilité offerte à l'utilisateur de choisir le fond de carte qui lui convient le mieux est une fonctionnalité essentielle de la cartographie interactive. En haut à droite de la carte, différentes options de fond de carte sont disponibles, notamment Google Maps, OpenStreetMap, Satellite et Map Topo « Figure 6 ». Chaque option présente des avantages spécifiques dans le contexte d'une cartographie interactive, offrant ainsi à l'utilisateur une expérience personnalisée.

En donnant à l'utilisateur la possibilité de choisir le fond de carte qui lui convient le mieux, la cartographie interactive permet une personnalisation et une adaptabilité accrues. De plus, l'option d'afficher « les GeoJsons » les limites de la région étudiée, ainsi que les pièges et les sites avec les superpositions (overlay maps), offre aux utilisateurs une vision plus complète et contextuelle des données géographiques. Cette fonctionnalité permet une exploration approfondie de la région et facilite l'analyse spatiale en mettant en évidence des informations spécifiques en superposant des couches de données pertinentes sur la carte.

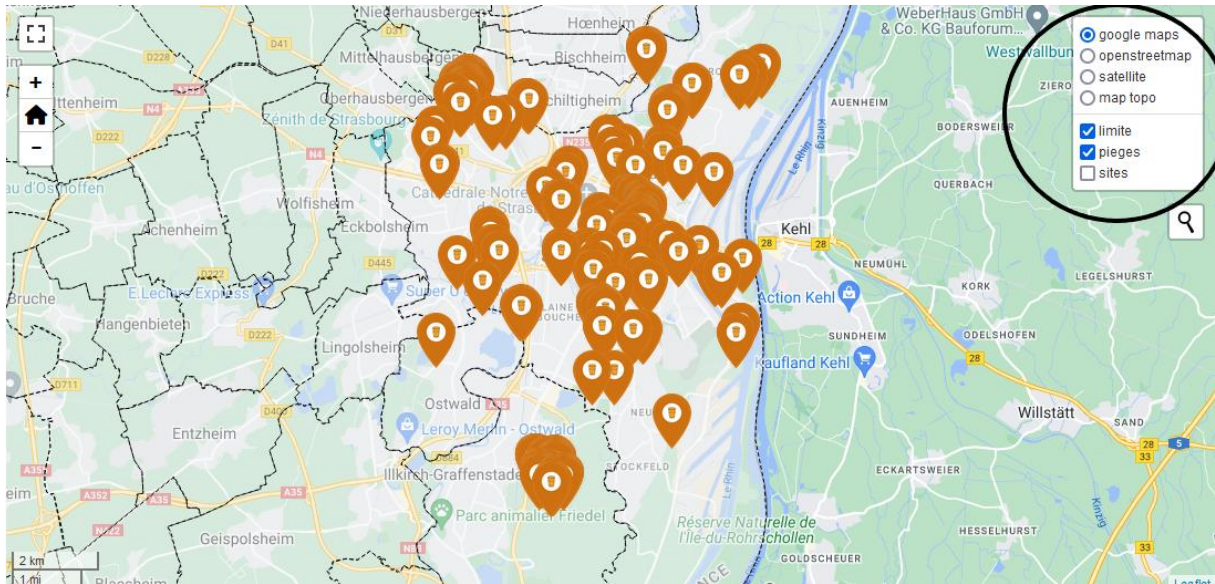


Figure 6 : les Fonds des cartes (baseLayers) et la superposition des couches (overlayMaps)

Au-dessus de contrôle de la superposition des couches, se trouve un Icon de recherche c'est une fonctionnalité de recherche intégrée à la carte, grâce à l'utilisation de Leaflet, permet à l'utilisateur de rechercher une commune spécifique et de vérifier si des pièges y sont présents ou non. Cette fonctionnalité offre une grande commodité et facilite l'accès aux informations pertinentes pour l'utilisateur.

En utilisant la barre de recherche, l'utilisateur peut simplement saisir le nom de la commune qui l'intéresse. La carte se focalisera alors sur cette commune spécifique et affichera les éventuels pièges qui y sont localisés « Figure 7 ». Cela permet à l'utilisateur de visualiser rapidement les zones concernées par l'étude et d'obtenir des informations spécifiques sur la présence de pièges dans chaque commune.

Cette fonctionnalité de recherche facilite la navigation et la consultation des données pour les utilisateurs qui souhaitent explorer des communes spécifiques ou obtenir des informations ciblées sur les pièges. Elle offre ainsi une expérience interactive et personnalisée, permettant à l'utilisateur de trouver rapidement les informations qui l'intéressent et de se concentrer sur les zones qui lui sont pertinentes.

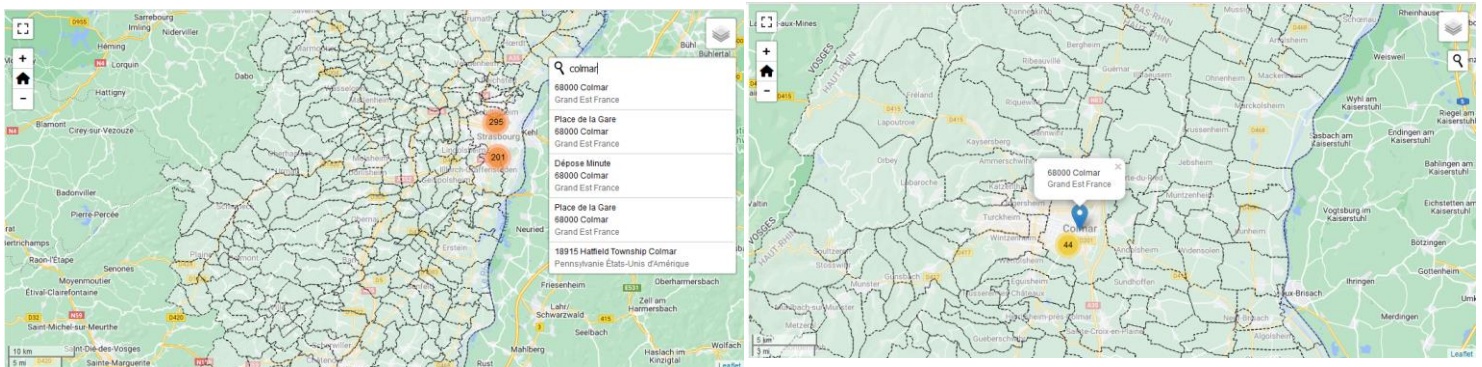


Figure 7 : la fonctionnalité de la recherche Plugin de Leaflet

La fonctionnalité "Zoom Home" de Leaflet est une addition importante à la cartographie interactive, car elle permet à l'utilisateur de revenir rapidement et facilement au niveau de zoom initial de la carte. Cela peut être utile lorsque l'utilisateur s'est déplacé et zoomé sur une zone spécifique de la carte et souhaite revenir à la vue d'ensemble.

En cliquant sur le bouton "Zoom Home", l'utilisateur est ramené automatiquement au niveau de zoom initial de la carte, ce qui lui permet de retrouver rapidement la vue globale de la région étudiée. Cela offre une fonctionnalité pratique pour la navigation et l'exploration de la carte, permettant à l'utilisateur de se déplacer aisément entre différentes zones et niveaux de zoom sans perdre de vue la vision d'ensemble.

Quant à la fonctionnalité "Fullscreen" (plein écran), elle offre à l'utilisateur la possibilité d'agrandir la carte pour occuper tout l'espace de l'écran. Cela permet une visualisation plus immersive et dégage toute distraction externe, offrant ainsi une expérience optimale de la cartographie interactive.

Grâce à l'intégration de plugins compatibles avec Leaflet, il est possible d'activer la fonctionnalité "Fullscreen" en cliquant sur un bouton dédié. Lorsque cette fonctionnalité est activée, la carte s'étend pour occuper la totalité de l'écran, offrant ainsi une vue plus détaillée et agrandie des données cartographiques. Cela permet à l'utilisateur de se concentrer pleinement sur les informations affichées sur la carte, sans les limitations de l'espace restreint de l'écran.

Ces deux fonctionnalités, "Zoom Home" et "Fullscreen", améliorent l'expérience de l'utilisateur en offrant une navigation fluide, un retour rapide à la vue d'ensemble et une visualisation immersive des données cartographiques. Elles contribuent ainsi à une utilisation plus efficace et agréable de la carte interactive.

La carte interactive intègre le plugin Leaflet Coordinate Mouse, qui permet à l'utilisateur de détecter les coordonnées WGS84 des pièges en un simple clic. Lorsque l'utilisateur sélectionne un piège spécifique sur la carte, les coordonnées géographiques correspondantes sont automatiquement affichées. Ces coordonnées, basées sur le système de référence WGS84, fournissent des informations précises sur l'emplacement du piège.

Cette fonctionnalité offre un avantage majeur en permettant à l'utilisateur d'accéder rapidement et facilement aux coordonnées exactes des pièges. Ces informations peuvent être utilisées à diverses fins, telles que la collecte de données, le partage de localisation avec d'autres utilisateurs ou l'intégration des coordonnées dans d'autres applications.

En intégrant le plugin Leaflet Coordinate Mouse, l'utilisateur peut obtenir des informations géographiques précises sur les pièges d'intérêt. Cela facilite la navigation sur la carte et l'interaction avec les données en permettant à l'utilisateur de se situer avec précision dans l'espace et de repérer les pièges souhaités.

Grâce à cette fonctionnalité, l'utilisateur bénéficie d'un moyen pratique pour obtenir des informations géographiques précises des pièges. Cela contribue à une meilleure compréhension de leur répartition dans

la région étudiée, permet des analyses plus précises et facilite la prise de décisions éclairées basées sur les coordonnées géographiques des pièges

La carte interactive intègre le plugin Leaflet Coordinate Mouse, qui permet à l'utilisateur de détecter les coordonnées WGS84 des pièges en un simple clic. Lorsque l'utilisateur sélectionne un piège spécifique sur la carte, les coordonnées géographiques correspondantes sont automatiquement affichées. Ces coordonnées, basées sur le système de référence WGS84, fournissent des informations précises sur l'emplacement du piège.

Cette fonctionnalité offre un avantage majeur en permettant à l'utilisateur d'accéder rapidement et facilement aux coordonnées exactes des pièges. Ces informations peuvent être utilisées à diverses fins, telles que la collecte de données, le partage de localisation avec d'autres utilisateurs ou l'intégration des coordonnées dans d'autres applications.

En intégrant le plugin Leaflet Coordinate Mouse, l'utilisateur peut obtenir des informations géographiques précises sur les pièges d'intérêt. Cela facilite la navigation sur la carte et l'interaction avec les données en permettant à l'utilisateur de se situer avec précision dans l'espace et de repérer les pièges souhaités.

Grâce à cette fonctionnalité, l'utilisateur bénéficie d'un moyen pratique pour obtenir des informations géographiques précises des pièges. Cela contribue à une meilleure compréhension de leur répartition dans la région étudiée, permet des analyses plus précises et facilite la prise de décisions éclairées basées sur les coordonnées géographiques des pièges.

## 2. Section d'exploitation

La section située à gauche de la page présente une barre latérale fixe qui englobe deux éléments essentiels. Le premier élément est dédié à la "Richesse" « Figure 8 ».

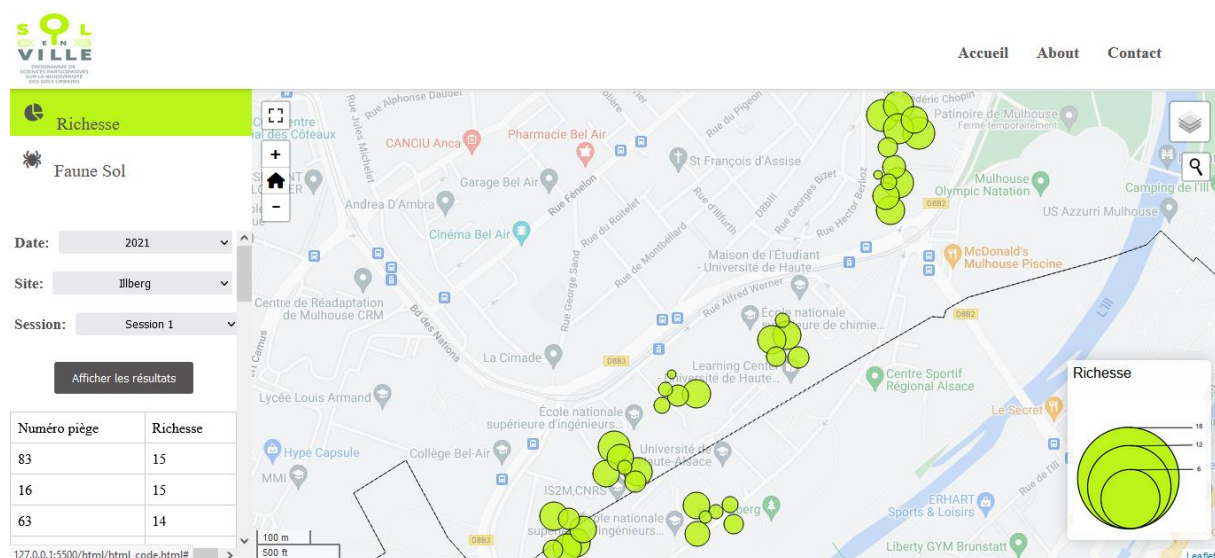


Figure 8: l'affiche des données de la richesse

Il offre à l'utilisateur la possibilité de sélectionner une date, un site et une session spécifiques. Les résultats obtenus se traduisent par un zoom sur la carte, où la richesse est représentée sous la forme de cercles proportionnels, accompagnés d'une légende.

Chaque cercle proportionnel contient un pop-up, fournissant des informations telles que le numéro de piège et l'identifiant correspondant. Cette fonctionnalité permet à l'utilisateur d'obtenir des détails spécifiques sur chaque piège, facilitant ainsi la compréhension et l'interprétation des données relatives à la richesse.

Parallèlement, à gauche de la barre latérale, un panneau supplémentaire apparaît, offrant des détails plus approfondis sur la richesse sous la forme d'un tableau à deux colonnes. Le tableau comprend le numéro de piège et le nombre correspondant à la richesse enregistrée.

Cette disposition en angle permet à l'utilisateur d'accéder rapidement et facilement à des informations détaillées sur la richesse, à la fois sous forme visuelle avec les cercles proportionnels sur la carte, et sous forme tabulaire avec le tableau à gauche de la barre latérale. Cette combinaison de représentations visuelles et de données tabulaires favorise une compréhension complète de la richesse et offre à l'utilisateur une vue d'ensemble des résultats de manière claire et concise.

Le choix d'afficher les résultats sous forme de tableau offre une présentation claire, concise et facilement interprétable des données sur la richesse. Le tableau permet à l'utilisateur de visualiser un grand nombre de données en un seul coup d'œil, facilitant ainsi l'analyse comparative des valeurs de richesse entre les différents pièges.

En parallèle, la représentation visuelle des cercles proportionnels sur la carte offre une vue d'ensemble des niveaux de richesse dans chaque emplacement. Les cercles proportionnels permettent à l'utilisateur de visualiser rapidement les variations de richesse entre les pièges, en fonction de leur taille et de leur couleur.

Le pop-up associé à chaque cercle proportionnel fournit des informations supplémentaires, telles que le numéro de piège et l'identifiant correspondant, permettant à l'utilisateur d'accéder à des détails spécifiques sur chaque piège.

Cette combinaison de représentation visuelle et de données tabulaires offre à l'utilisateur une expérience complète et approfondie de l'analyse de la richesse. L'utilisateur peut non seulement observer les variations de richesse sur la carte, mais aussi obtenir des informations détaillées via les pop-ups et le tableau.

Le deuxième élément de la barre latérale fixe est dédié à la faune des sols « Figure 9 ». Il permet à l'utilisateur de choisir un piège spécifique, et une fois sélectionné, des informations détaillées s'affichent, telles que la session du piège, le numéro de piège, la date de pose et la date de récupération.

Cependant, il est important de noter que certains pièges peuvent avoir plusieurs sessions. Pour permettre à l'utilisateur d'accéder à toutes les sessions d'un piège donné, une fonctionnalité supplémentaire a été ajoutée sous la forme de boutons "Suivant" et "Retour".

Lorsque l'utilisateur sélectionne un piège, toutes les informations relatives à la première session sont affichées. À ce stade, l'utilisateur peut utiliser le bouton "Suivant" pour passer à la session suivante du même piège. Cela permet d'afficher les informations correspondantes à la session suivante, notamment la session du piège, le numéro de piège, la date de pose et la date de récupération. L'utilisateur peut continuer à utiliser le bouton "Suivant" pour afficher les sessions ultérieures du piège.

De même, si l'utilisateur souhaite revenir à une session précédente, il peut utiliser le bouton "Retour" pour accéder aux informations de la session précédente du piège. Cela lui permet de parcourir les différentes sessions du piège dans l'ordre souhaité.

Cette fonctionnalité offre une flexibilité à l'utilisateur en lui permettant d'explorer toutes les sessions d'un piège donné. Il peut consulter les informations détaillées sur chaque session, en se déplaçant facilement d'une session à une autre à l'aide des boutons "Suivant" et "Retour". Cela permet une analyse approfondie de la faune des sols associée à chaque session de piège, offrant ainsi une compréhension plus complète et détaillée de la diversité et de l'évolution de la faune dans le temps.

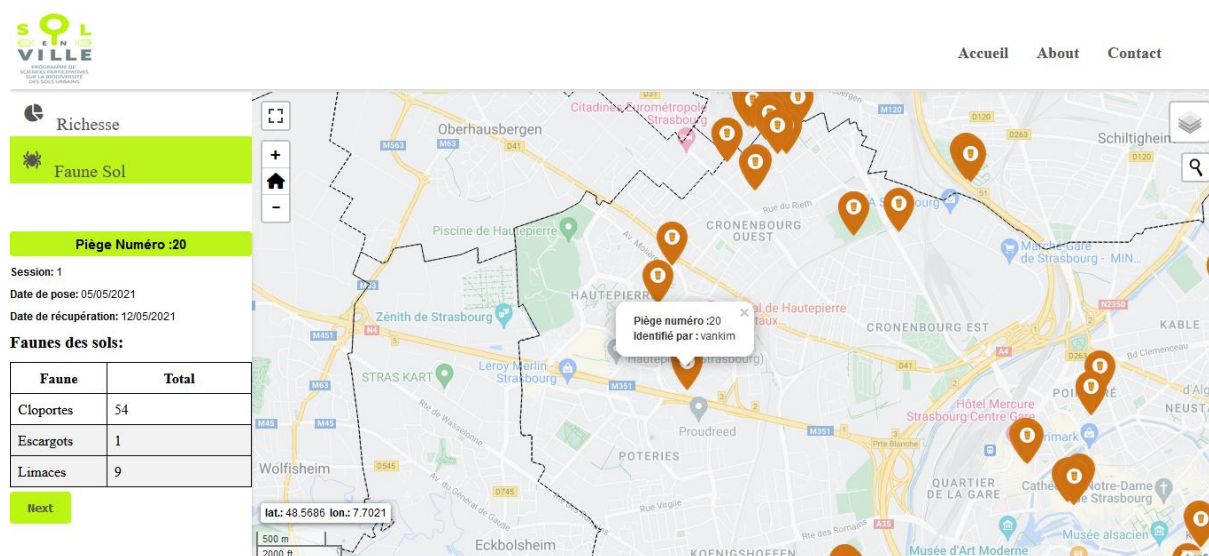


Figure 9 : l'affichage de la faune des sols

Dans le cadre de la préservation d'une relation durable avec les données de Jardibiodiv, nous avons mis en place une fonctionnalité permettant aux utilisateurs de naviguer facilement vers des informations approfondies concernant une espèce de faune spécifique. En effet, en cliquant sur l'espèce qui suscite leur intérêt, ils sont redirigés vers Jardibiodiv, où ils ont accès à une mine d'informations pertinentes et fascinantes relatives à ladite espèce.

Cette approche d'intégration judicieuse entre notre plateforme et Jardibiodiv vise à offrir aux utilisateurs une expérience immersive et enrichissante, tout en encourageant une exploration approfondie de la biodiversité.

En conclusion, la cartographie interactive innovante développée pour visualiser les données de la faune des sols offre une interface conviviale et intuitive pour le grand public. L'interface simple et facile à utiliser permet aux utilisateurs de naviguer facilement dans la carte, d'explorer la biodiversité des sols et de connaître les organismes qui y vivent. Grâce à la fonctionnalité de regroupement des pièges, les utilisateurs peuvent visualiser clairement les données sans être submergés par une surcharge d'informations. Le choix du symbole orange pour représenter les pièges et l'utilisation de pop-ups Leaflet fournissent des informations détaillées sur chaque piège, améliorant ainsi l'engagement des utilisateurs. Les différentes options de fond de carte, la fonction de recherche intégrée et les fonctionnalités "Zoom Home" et "Fullscreen" offrent une expérience personnalisée et facilitent l'accès aux informations pertinentes. Dans l'ensemble, cette cartographie interactive vise à démocratiser l'accès à l'information sur la faune des sols, suscitant l'intérêt du grand public et favorisant une meilleure connaissance de la biodiversité des sols urbaine.

## **V. La discussion**

### **1. Limites de la cartographie interactive**

La cartographie interactive permet aux utilisateurs d'explorer et d'exploiter les données sur la faune des sols de manière plus conviviale. Cependant, cette cartographie présente également certaines limites qu'il est important de souligner.

L'échantillonnage constitue l'une de ces limites. Pour obtenir des informations fiables sur la biodiversité des sols, il était nécessaire de contribuer à chaque site avec un nombre suffisant de pièges, en fonction de sa superficie. Par conséquent, il serait préférable d'exiger un nombre minimum de pièges dans chaque site, en fonction de sa taille, afin d'obtenir une estimation plus précise de la biodiversité des sols.

Une autre limite de cette cartographie concerne la représentation des données sous GeoJSON. Cela peut rendre difficile la mise à jour des données après leur publication. De plus, la connaissance de la faune des sols et de la richesse du sol ne serait pas suffisante. Il serait également nécessaire de calculer d'autre indice pour évaluer la biodiversité des sols en fonction d'un seuil déterminé. Ainsi, il serait pertinent de calculer la biodiversité des sols d'un site en regroupant toutes les données des pièges présents dans cette zone, afin de fournir à l'utilisateur ou bien aux chercheurs une vision globale de la biodiversité de ce sol.

La cartographie de la biodiversité des sols joue un rôle essentiel pour la compréhension de l'écosystème souterrain et de son impact sur la santé de notre planète. Afin d'obtenir une image plus complète de la biodiversité des sols, il est crucial de mettre en place des améliorations qui permettront une meilleure évaluation de cette richesse biologique.

### **2. Améliorer la compréhension rapide de la richesse de la biodiversité de sols**

Dans cette optique, une première amélioration consiste à calculer l'indice de Shannon. Cet indice fournit un seuil de biodiversité plus précis, ce qui permet d'obtenir des résultats reflétant réellement la diversité des espèces présentes dans les sols. En intégrant cette mesure, les cartographies pourront fournir une indication plus fiable de la biodiversité des sols, ce qui permettra aux décideurs et aux scientifiques d'évaluer et de gérer de manière plus efficace cet écosystème vital.

De plus, afin de rendre les informations sur la biodiversité des sols plus accessibles et utiles au grand public, il est proposé d'inclure des données spécifiques sur chaque espèce de faune présente dans les sols. Cette approche permettrait aux citoyens de faire des choix éclairés et de sélectionner les espèces qui les intéressent particulièrement. En fournissant des informations détaillées sur chaque espèce, la cartographie de la biodiversité des sols deviendrait un outil puissant pour encourager la sensibilisation et la participation du public à la préservation de la biodiversité.

Cependant, il est important de noter que ces améliorations peuvent également présenter certaines limitations. Les coûts liés à la collecte de données plus détaillées peuvent être plus élevés, ce qui peut limiter leur mise en œuvre dans certains contextes. De plus, l'obtention de ressources et d'expertise spécialisées, ainsi que la prise en compte de la variabilité spatiale, peuvent représenter des défis supplémentaires.

Une autre amélioration proposée est l'utilisation d'un gestionnaire de bases de données spatiales pour améliorer la cartographie de la biodiversité des sols. Actuellement, la cartographie utilise des fichiers GeoJSON, mais en intégrant une base de données complète, il serait possible d'améliorer la cartographie interactive en effectuant des mises à jour automatiques des données à partir de la base de données spatiales, ce qui se refléterait instantanément sur la carte interactive.

L'utilisation d'un gestionnaire de bases de données spatiales permettrait de stocker toutes les informations relatives à la biodiversité des sols de manière structurée et centralisée. Cela permettrait une gestion plus efficace des données, avec la possibilité d'ajouter de nouvelles données au fur et à mesure de leur disponibilité. De plus, en utilisant un système de gestion des mises à jour, les utilisateurs pourraient avoir accès aux données les plus récentes lorsqu'ils consultent la carte interactive.

En ce qui concerne la publication de la cartographie, il serait judicieux de considérer cette étape dans le processus. La mise à disposition d'une carte interactive au public serait un moyen convivial et accessible de partager les informations sur la biodiversité des sols. Il pourrait s'agir d'une plateforme en ligne où les utilisateurs pourraient explorer les données, interagir avec la carte et obtenir des informations détaillées sur les espèces de faune des sols présentes dans différentes régions.

La publication de la cartographie interactive offrirait également la possibilité de recevoir des commentaires et des contributions de la part des utilisateurs, ce qui contribuerait à améliorer continuellement les données et à corriger d'éventuelles erreurs. En engageant le public dans le processus de cartographie et de surveillance de la biodiversité des sols, nous pourrions créer une communauté active et engagée dans la préservation de cet écosystème crucial.

Malgré ces limitations, l'intégration de l'indice de Shannon et des informations spécifiques sur chaque espèce constitue une avancée importante pour la cartographie de la biodiversité des sols. Ces améliorations nous permettraient d'obtenir une vision plus précise et détaillée de la richesse biologique souterraine, offrant ainsi des bases solides pour des décisions et des actions en faveur de la préservation de la biodiversité des sols.

Il est donc crucial d'évaluer attentivement les ressources disponibles, la faisabilité technique et les objectifs spécifiques du projet afin de maximiser les avantages de ces améliorations tout en tenant compte des limitations inhérentes. Une approche équilibrée et réfléchie permettra de tirer pleinement parti de la cartographie de la biodiversité des sols pour la conservation et la gestion durable de nos écosystèmes souterrains.

### **3. Recommandations**

Pour approfondir les connaissances dans le domaine de la cartographie interactive de la biodiversité des sols, plusieurs perspectives et recommandations peuvent être envisagées.

Tout d'abord, il serait bénéfique d'étendre la zone géographique des études. L'étude actuelle s'est concentrée sur une région d'Alsace, il serait intéressant d'élargir les recherches à d'autres régions géographiques afin d'obtenir une image plus complète de la faune des sols à l'échelle nationale ou mondiale. Cela permettrait de mieux comprendre les variations spatiales de la biodiversité des sols et d'identifier les facteurs environnementaux qui influencent cette diversité.

En outre, il serait utile d'explorer d'autres paramètres dans les études futures. En plus de la faune des sols, il serait intéressant d'inclure des caractéristiques physico-chimiques des sols, telles que la composition, la texture ou la structure, afin de mieux comprendre leur influence sur la biodiversité des sols. De plus, l'étude des interactions entre les organismes du sol et leur impact sur la biodiversité pourrait fournir des informations précieuses sur les mécanismes qui régissent les communautés de la faune des sols.

L'utilisation d'approches complémentaires serait également une recommandation pertinente. Les méthodes utilisées dans l'étude actuelle, telles que l'échantillonnage des pièges, pourraient être complétées par d'autres approches telles que l'analyse de l'ADN environnemental (Taberlet et al. 2018) ou l'imagerie par télédétection. Ces techniques pourraient permettre d'obtenir des informations supplémentaires sur la diversité des espèces et leur répartition spatiale, renforçant ainsi la compréhension de la biodiversité des sols.

Une autre perspective intéressante serait d'étudier les impacts écologiques de la biodiversité des sols. Il serait pertinent d'explorer les liens entre la biodiversité des sols et les fonctions écosystémiques clés, tels que la fertilité des sols, la séquestration du carbone ou la régulation des ravageurs agricoles. Comprendre ces interactions permettrait de mieux évaluer l'importance de la biodiversité des sols pour le fonctionnement des écosystèmes et pour les services écosystémiques qu'ils fournissent.

## **VI. Conclusion**

La réalisation de la cartographie interactive de la biodiversité des sols représente une avancée significative dans la compréhension des biodiversités du sols. Cette approche permet aux utilisateurs d'explorer et d'exploiter les données sur la faune des sols de manière conviviale, offrant ainsi de nouvelles perspectives pour la recherche, la gestion et la préservation de la biodiversité des sols.

Cependant, il est important de reconnaître les limites de cette cartographie, telles que l'échantillonnage et la représentation des données sous GeoJSON. Ces limites soulignent la nécessité d'apporter des améliorations, notamment en exigeant un nombre minimum de pièges en fonction de la taille du site et en intégrant d'autres indices de biodiversité pour obtenir une vision plus complète.

Les perspectives et recommandations pour de futures recherches offrent des pistes prometteuses pour approfondir les connaissances dans le domaine. Étendre la zone géographique des études, explorer d'autres paramètres, utiliser des approches complémentaires, étudier les impacts écologiques et impliquer la communauté sont autant de directions à explorer pour améliorer la cartographie de la biodiversité des sols.

En intégrant ces améliorations et en poursuivant les recherches dans ces directions, nous pourrions obtenir une image plus précise, détaillée et globale de la richesse biologique des sols. Cette connaissance approfondie sera essentielle pour prendre des décisions éclairées en matière de conservation, de gestion durable des écosystèmes et pour sensibiliser le grand public à l'importance de préserver la biodiversité des sols.

En définitive, la cartographie interactive de la biodiversité des sols constitue un outil puissant pour étudier, évaluer et préserver ce précieux écosystème souterrain. Son utilisation combinée avec des améliorations continues et des recherches approfondies nous permettra de mieux comprendre les enjeux liés à la biodiversité des sols et de travailler collectivement à sa conservation pour assurer un avenir durable pour notre planète.

## VII. Bibliographique

Aguejdad, Rahim

2011 Etalement urbain et évaluation de son impact sur la biodiversité, de la reconstitution des trajectoires à la modélisation prospective. Application à une agglomération de taille moyenne: Rennes Métropole.

Andriuzzi, Walter S., Mirjam M. Pulleman, Daniel Cluzeau, and Guénola Pérès

2017 Comparison of Two Widely Used Sampling Methods in Assessing Earthworm Community Responses to Agricultural Intensification. *Applied Soil Ecology* 119: 145–151.

Angel, Shlomo, Jason Parent, Daniel L. Civco, Alexander Blei, and David Potere

2011 The Dimensions of Global Urban Expansion: Estimates and Projections for All Countries, 2000–2050. *Progress in Planning* 75(2): 53–107.

Antoni, Jean-Philippe, Olivier Klein, and Stéphane Moisy

2004 Cartographie interactive et multimédia : vers une aide à la réflexion géographique. *Cybergeog*. <http://journals.openedition.org/cybergeog/2621>, accessed June 17, 2023.

Auclerc, A, and A Blanchart

2019 Jardibiodiv, un outil de sciences participatives sur la biodiversité des sols urbains. *Etude et Gestion des Sols*.

Blanchart, Anne, Geoffroy Sere, Johan Cherel, et al.

2018 Contribution des sols à la production de services écosystémiques en milieu urbain – une revue. *Environnement urbain* 11. <http://id.erudit.org/iderudit/1050486ar>, accessed June 5, 2023.

Bolund, Per, and Sven Hunhammar

1999 Ecosystem Services in Urban Areas. *Ecological Economics* 29(2): 293–301.

Bureau, Dominique, Jean-Christophe Bureau, and Katheline Schubert

2020 Biodiversité en danger : quelle réponse économique ? *Notes du conseil d'analyse économique* n°59(5): 1.

Charbonneau, Patrick, Nathalie Desrosiers, Marianne Cheveau, et al.

2023 Protocole Standardisé Pour Les Inventaires de Micromammifères Au Québec.

Collado, David

2019 Géomatique Webmapping En Open Source.

Dorman, Michael

2020 Introduction to Web Mapping.

Fournier, Eric D., Felicia Federico, Robert Cudd, and Stephanie Pincetl

2023 Building an Interactive Web Mapping Tool to Support Distributed Energy Resource Planning Using Public Participation GIS. *Applied Geography* 152: 102877.

Guilland, C

2018 La biodiversité des sols urbains au service des villes durables. Etude et Gestion des Sols.

HAMAIDIA, Zineb, and Ala Eddine BEKKAI

2019 Comparaison des inventaires de la faune orthoptérique de la région de Tébessa réalisés par différentes techniques d'échantillonnage. MEMOIRE DE MASTER. algérie: Université de Larbi Tébessi-Tébessa Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie Département des Etres Vivants. <http://dspace.univ-tebessa.dz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1424/%d9%85%d8%b0%d9%83%d8%b1%d8%a9-%d8%aa%d8%ae%d8%b1%d8%ac-%d9%86%d9%87%d8%a7%d8%a6%d9%8a%d8%a9%20%283%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Hanson, Helena I., and Johanna Alkan Olsson

2023 Uptake and Use of Biodiversity Offsetting in Urban Planning – The Case of Sweden. Urban Forestry & Urban Greening 80: 127841.

Hedde, Mickaël, and Marine Zwicke

2020 Faune Du Sol et Production Végétale | Planet-Vie.

Highfield, Linda, Jutas Arthasarnprasit, Cecelia A Ottenweller, and Arnaud Dasprez

2011 Interactive Web-Based Mapping: Bridging Technology and Data for Health. International Journal of Health Geographics 10(1): 69.

Horbiński, Tymoteusz, and Dariusz Lorek

2022 The Use of Leaflet and GeoJSON Files for Creating the Interactive Web Map of the Preindustrial State of the Natural Environment. Journal of Spatial Science 67(1): 61–77.

Houllier, François, Pierre-Benoît Joly, and Jean-Baptiste Merilhou-Goudard

2017 Dossier : Des Recherches Participatives Dans La Production Des Savoirs Liés à l'environnement – Les Sciences Participatives : Une Dynamique à Conforter. Natures Sciences Sociétés 25(4): 418–423.

Houllier, François, and Jean-Baptiste Merilhou-Goudard

2016 Les Sciences Participatives En France.

Jardibiodiv

2017. <http://ephytia.inra.fr/fr/Home/index>.

Jureková, Nikola, Natália Raschmanová, Dana Miklisová, and Ľubomír Kováč

2021 A Comparison of Collecting Methods in Relation to the Diversity of Collembola in Scree Habitats. Subterranean Biology 40: 1–26.

Kotovs, Daniels, and Aleksejs Zacepins

2023 GIS-Based Interactive Map to Improve Scheduling Beekeeping Activities. Agriculture 13(3): 669.

Le van kim, vincent

2018 Participer à l'étude de La Faune Du Sol Dans Les Jardins Partagés de Strasbourg. Rapport stage master 1. misha, strasbourg: faculté de géographie et d'aménagement.

Leaflet

2010. <https://leafletjs.com/index.html>.

Muller, Yves, Stéphanie Kaempf, Wendy Hahn, et al.

2013 Suivi Des Indicateurs de La Biodiversité En Alsace. Région Alsace, Département du bas Rhin et Département du Haut-Rhin.

Newman, Greg, Don Zimmerman, Alycia Crall, et al.

2010 User-Friendly Web Mapping: Lessons from a Citizen Science Website. *International Journal of Geographical Information Science* 24(12): 1851–1869.

Nguéma, Alban-Michel NGUÉMA, Assane Ndiaye, Lynda Chancelia NKOGHE Nkoghe, and Jacques François Mavoungou

2020 Diversité des assemblages d'araignées dans les écosystèmes savanicoles des Plateaux Batéké, Haut-Ogooué, Gabon.

Norton, Briony A., Meghann Mears, Philip H. Warren, et al.

2023 Biodiversity and Environmental Stressors along Urban Walking Routes. *Urban Forestry & Urban Greening* 85: 127951.

Office Français de La Biodiversité

N.d. <https://www.ofb.gouv.fr/chiffres-cles>, accessed June 6, 2023.

Pant, Madhuri, G. C. S. Negi, and Pramod Kumar

2020 Soil Macrofauna Diversity and Population Dynamics in Indian Himalayan Agroecosystems. *Soil Research* 58(7): 636.

Plewe, Brandon

2007 Web Cartography in the United States. *Cartography and Geographic Information Science* 34(2): 133–136.

Potapov, Anton M., Xin Sun, Andrew D. Barnes, et al.

2022: : CALL FOR COLLABORATION. <http://soil-organisms.org/index.php/SO/article/view/178>, accessed June 13, 2023.

Qubs

2023 QUBS. <https://www.qubs.fr>.

Querner, P., and A. Bruckner

2010 Combining Pitfall Traps and Soil Samples to Collect Collembola for Site Scale Biodiversity Assessments. *Applied Soil Ecology* 45(3): 293–297.

Recueil de Projets de Sciences Participatives Sur Les Sols

2021. colloque Sol et Sciences participatives Cité des sciences et de l'industrie paris.

Roth, Robert E.

2013 Interactive Maps: What We Know and What We Need to Know. *Journal of Spatial Information Science*(6). <https://josis.org/index.php/josis/article/view/35>, accessed June 16, 2023.

Smith, Joanne, Simon Potts, and Paul Eggleton  
2008 Evaluating the Efficiency of Sampling Methods in Assessing Soil Macrofauna Communities in Arable Systems. *European Journal of Soil Biology* 44(3): 271–276.

Taberlet, Pierre, Aurélie Bonin, Lucie Zinger, and Eric Coissac  
2018 *Environmental DNA*, vol.1. Oxford University Press.  
<https://academic.oup.com/book/32663>, accessed June 21, 2023.

Tanguy, thomas  
2018 *Mise En Oeuvre et Analyse de Solutions de Visualisation Cartographique Sur Le Web*.

Thuy An Pham, Nguyen  
2015 Renaturation urbaine : enjeux de biodiversité d'une métropole réémergente: Ho Chi Minh-Ville (1986-2015). *Projets de paysage*(13). <http://journals.openedition.org/paysage/9756>, accessed June 5, 2023.

Veenendaal, Bert, Maria Antonia Brovelli, and Songnian Li  
2017 Review of Web Mapping: Eras, Trends and Directions. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 6(10): 317.

Vieilleigne, Damien  
2023 Étude de la macrofaune des sols et de la perception de la biodiversité dans les cours d'écoles nouvellement désimperméabilisées de Montpellier.

Wu, Xiyan, Chong Xu, Xiwei Xu, et al.  
2022 A Web-GIS Hazards Information System of the 2008 Wenchuan Earthquake in China. *Natural Hazards Research* 2(3): 210–217.

Zones Ateliers Environnementale Urbaine  
N.d. Écologique. <https://zaeu-strasbourg.eu/presentation/projets/solenville/>.

## VIII. Annexes

*Annexe 1: code HTML pour la réalisation de la cartographie interactive et grand public des données de SolEnVille. Zarbai. 06/2023*

```
<!DOCTYPE html>
<html>

  <head>
    <!-- déclarer le codage 8 bit -->
    <meta charset="UTF-8">

    <!-- charger leaflet -->
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-
scale=1.0,maximum--scale=1.0, user-scale=no">
    <link rel="stylesheet"
href="https://unpkg.com/leaflet@1.5.1/dist/leaflet.css" >
    <script src="https://unpkg.com/leaflet@1.5.1/dist/leaflet.js"> </script>

    <!-- charger plugin leaflet recherche -->
    <script src="https://unpkg.com/leaflet-control-
geocoder/dist/Control.Geocoder.js"></script>
    <link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet-control-
geocoder/dist/Control.Geocoder.css" />

    <!-- chargement fondawsome qui contient les icon de menu side fixe-->
    <link <link rel="stylesheet"
href="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-awesome/6.4.0/css/all.min.css"
integrity="sha512-
iecdLmaskl7CVkqkXNQ/ZH/XLlvWZOJyj7Yy7tcenmpD1ypASozpmT/E0iPtmFIB46ZmdtAc9eNBvH0H
/ZpiBw==" crossorigin="anonymous" referrerpolicy="no-referrer"/>

    <!-- charger plugin leaflet home zoom-->
    <link rel="stylesheet" href="/ressources/leaflet.zoomhome-
master/dist/leaflet.zoomhome.css"/>
    <script src="/ressources/leaflet.zoomhome-
master/dist/leaflet.zoomhome.min.js"></script>

    <!-- charger plugin leaflet coordinate mouse-->
    <link rel="stylesheet" href="/ressources/Leaflet-Coordinates-Control-
master/Control.Coordinates.css"/>
    <script src="/ressources/Leaflet-Coordinates-Control-
master/Control.Coordinates.js"></script>

    <!-- charger sweet alert menu de l'entête de la page -->
    <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/sweetalert2@8"></script>

    <!--charger plugin leaflet Marker Cluster group-->
```

```

    <script
src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/leaflet.markercluster/1.4.1/leaflet.
markercluster.js"></script>
    <link rel="stylesheet"
href="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/leaflet.markercluster/1.4.1/MarkerC
luster.css" />
    <link rel="stylesheet"
href="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/leaflet.markercluster/1.4.1/MarkerC
luster.Default.css" />

    <!-- charger plugin leaflet full screen -->
    <script src='https://api.mapbox.com/mapbox.js/plugins/leaflet-
fullscreen/v1.0.1/Leaflet.fullscreen.min.js'></script>
    <link href='https://api.mapbox.com/mapbox.js/plugins/leaflet-
fullscreen/v1.0.1/leaflet.fullscreen.css' rel='stylesheet' />

    <!-- charger les couches json -->
    <script type='text/javascript' src='../couches/limit_com.json'> </script>
    <script type='text/javascript'
src='../couches/piege_faune_completv3_riche.json'> </script>
    <script type='text/javascript' src='../couches/sites.json'> </script>

    <!-- Titre de notre page html -->
    <title>Mon Sol biodiv</title>

    <!-- ajouter un icon à notre page -->
    <link rel="icon" href="../images/insectes.png">
    <link rel="stylesheet" type="text/css" href="../css/style.css">
    <script src="../javascript/script.js" defer></script>

</head>

<body>

    <!-- section 1 :l'ensemble de la barre de navigation-->
    <nav class="navbar">
        <div class="logo">
            
        </div>
        <!-- création de la button de bascule -->
        <a href="#" class="toggle-button">
            <!-- création les barres horizontales du bouton-->
            <span class="bar"></span>
            <span class="bar"></span>
            <span class="bar"></span>
        </a>
        <!--envelopper la liste de liens de navigation-->
        <div class="navbar-links">

```

```

        <!--créer la liste non ordonnée de liens de navigation-->
        <ul>
            <li><a href="accueil">Accueil</a></li>
            <li><a href="contact">About</a></li>
            <li><a href="contact">Contact</a></li>
        </ul>
    </div>
</nav>

<!-- section 2: création contenu la carte-->
<div class="container">
    <div id="map"></div>
</div>

<!-- section 3 : créer un conteneur pour afficher les informations à
droite de la page side bare fixe -->

<nav class="menu">
    <ul>
        <li>
            <a class="menu_rich" onclick="afficherRichesseMenu()">
                <i class="fa-solid fa-chart-pie"></i>
                <span class="nav-item"> Richesse </span>
            </a>

        </li>

        <li>
            <a class="menu_faune" >
                <i class="fa-solid fa-spider"></i>
                <span class="nav-item"> Faune Sol </span>
            </a>
        </li>
    </ul>
</nav>

<!--création des informations de faune sol-->
<div id="info-box" class="info-box">
</div>

<!-- creation des information richesse -->
<div id="riche-menu" class="riche-menu hidden">
    <div class="date_menu">
        <label for="date">Date:</label>
        <select id="date">
            <option value="choix">-- Choisissez une date --</option>
        </select>
    </div>
    <div class="site_menu">
        <label for="site">Site:</label>

```

```
        <select id="site">
            <option value="choix">-- Choisissez un site --</option>
        </select>
    </div>
    <div class="session_menu">
        <label for="session">Session:</label>
        <select id="session">
            <option value="choix">-- Choisissez la session --</option>
        </select>
    </div>
    <button id="afficher-resultats-button"
onclick="afficherResultats()">Afficher les résultats</button>
    <div id="results-container"></div>
</div>

</body>
</html>
```

*Annexe 2: Code CSS pour la réalisation de la cartographie interactive et grand public des données de SolEnVille. Zarbai. 06/2023*

```
/*style générale*/
* {
    box-sizing: border-box;
    margin:0;
    padding:0;
    outline:none;
    outline: none;
    border:none;
    text-decoration: none;
    font-family:"Poppins",sans-serif,
}

body {
    margin: 0;
    padding: 0;
}

/*style particulier */

/* 1er section : menu navigateur */

.navbar {
    display: flex;
    position: relative;
    justify-content: space-between;
    align-items: center;
    height: 90px;
    background-color: #ffffff;
    box-shadow: 0 2px 4px rgba(0, 0, 0, 0.2);
    z-index: 2; /* empiler la barre de navigation au-dessus de la carte */
    margin-bottom: 2.5px;
}

.logo img{
    background-size: contain;
    height: 90px;
    width: 100px;
    padding-top: 5px;
}
}
```

```

.navbar-links {
  height: 50%;
  padding-right: 50px;
}

.navbar-links ul {
  display: flex;
  margin: 0;
  padding: 0;
  float: right;
}

.navbar-links li {
  list-style: none;
}

.navbar-links li a {
  display: block;
  text-decoration: none;
  color: rgb(85,83,83);
  padding: 1rem;
  font-size: 18px;
  font-style: Arial;
  font-weight: bold;
}

.navbar-links li:hover {
  background-color: #bbf519;
  border-radius: 10px;
}

.toggle-button {
  position: absolute;
  top: .75rem;
  right: 1rem;
  display: none;
  flex-direction: column;
  justify-content: space-between;
  width: 30px;
  height: 21px;
}

.toggle-button .bar {
  height: 3px;
  width: 100%;
  background-color: #bbf519;
  border-radius: 10px;
}

```

```

@media (max-width: 800px) {
  .navbar {
    flex-direction: column;
    align-items: flex-start;
    height:auto;
  }

  .toggle-button {
    display: flex;
  }

  .navbar-links {
    display: none;
    width: 100%;
  }

  .navbar-links ul {
    width: 100%;
    flex-direction: column;
  }

  .navbar-links ul li {
    text-align: center;
  }

  .navbar-links ul li a {
    padding: .5rem 1rem;
    font-family: Arial, sans-serif;
    font-size: 16px;
    font-weight: bold; /
    text-decoration: none; /* Supprime les soulignements des liens */
    color: #000000;
  }

  .navbar-links.active {
    display: flex;
  }
}

/* la section 2: la carte */

.map-container {
  position: relative;
  display: flex;
  align-items: center;
}

```

```

#map {
  flex: 1;
  height: calc(100vh - 90px - 2.5px);
  width: 80%;
  margin-left: auto;
  padding-bottom: 0;
  position: relative;
  z-index: 1;
}

#leg {
  width: 150px;
  height: 150px;
  background-color: white;
}

/* section 3 : side bare fixe */
.menu {
  position: relative;
  width: 20%;
  background: white;
  overflow: hidden;
  transition: width 0.2s linear;
  box-shadow: 0 20px 35px rgba(0,0,0,0.1);
  display: flex;
  position: absolute;
  top: 90px;
  left: 0;
  height: calc(100vh - 90px - 2.5px);
  padding-bottom: 0px;
  padding-right: 0px;
}

/* menu richesse*/

.menu_rich{
  position: relative;
  color:rgb(85,83,83);
  font-size:20px;
  display:table;
  width:300px;
  padding:15px;
}

```

```

/* menu faune*/
.menu_faune{
    position: relative;
    color:rgb(85,83,83);
    font-size:20px;
    display:table;
    width:300px;
    padding:15px;
}

.nav-item{
    position: relative;
    top:12px;
    margin-left :10px;
}

.menu li a:hover{
    background-color: #bbf519;
    width:280px;
    transition: all 0.5s ease;
}

/*donner un style à l'affichage des informations de faune sol */
@keyframes animation {
    50% {background-color:green; left:200px; top:200px;}
    75% {background-color:#bbf519; left:0px; top:200px;}
}

.info-box {
    position: absolute;
    padding: 0;
    left: 0;
    width: 20%;
    top:250px;
    bottom: 0;
    background-color: white;
    padding: 0;
    box-shadow: 0 2px 4px rgba(0, 0, 0, 0.2);
    overflow-y: auto;
    opacity: 0;
    transition: right 0.4s ease, opacity 0.3s ease;
    z-index: 2;
}

.info-box.show {
    opacity: 1;
}

```

```

.num_pg {
  display: flex;
  align-items: center;
  justify-content: center;
  font-size: 15px;
  font-family: Arial;
  margin-bottom: 10px;
  text-align: center;
  background-color: #bbf519;
  border-radius: 3px;
  padding: 5px;
}
.session {
  margin-bottom: 10px;
  padding-bottom: 10px;
  font-size: 12px;
  font-family: Arial;
  font-weight: bold;
}

.date_p{
  margin-bottom: 10px;
  padding-bottom: 10px;
  font-size: 12px;
  font-family: Arial;
  font-weight: bold;
}

.date_recup{
  margin-bottom: 10px;
  padding-bottom: 10px;
  font-size: 12px;
  font-family: Arial;
  font-weight: bold;
}
.sessionId{
  font-size: 12px;
  font-family: Arial;
  font-weight: normal;
}
.datePose{
  font-size: 12px;
  font-family: Arial;
  font-weight: normal;
}
.dateRecup{
  font-size: 12px;
  font-family: Arial;
  font-weight: normal;
}

```

```

.title_tab{
    margin-bottom: 10px;
    padding-bottom: 2px;
}
/* menu_riche */

.hidden {
    display: none;
}

#riche-menu {
    padding: 0;
    left: 0;
    width: 20%; /* même valeur de largeur que celle de .info-box */
    top: 250px;
    bottom: 0;
    background-color: #ffffff;
    position: absolute;
    overflow-y: auto;
    z-index: 3;
}

#riche-menu label {
    display: block;
    margin-bottom: 10px;
    padding-left: 5px;
    font-size: 17px;
    font-weight: bold;
    color:rgb(85,83,83);
}

#riche-menu select{
    display: block;
    margin-bottom: 10px;
    padding:5px ;
    margin-right: 5px;
    border-radius: 3px;
    text-align: center;
}

#riche-menu button {
    display: block;
    margin: 20px auto;
    padding: 10px 20px;
    background-color:rgb(85,83,83);
    color: white;
    border: none;
    border-radius: 3px;
    cursor: pointer;
    transition: background-color 0.3s ease; }

```

```
#riche-menu button:hover {
  background-color: #bbf519;
}

#riche-menu button:active {
  background-color: #bbf519;
}

.date_menu{
  display: flex;
  align-items: center;
  justify-content: space-between;
  margin-bottom: 10px;
}

.date_menu label{
  margin-right: 10px;
}

.date_menu select {
  flex-grow: 1;
}

.site_menu{
  display: flex;
  align-items: center;
  justify-content: space-between;
  margin-bottom: 10px;
}

.site_menu label{
  margin-right: 10px;
}

.site_menu select {
  flex-grow: 1;
}

.session_menu{
  display: flex;
  align-items: center;
  justify-content: space-between;
  margin-bottom: 10px;
}

.session_menu label{
  margin-right: 10px;
}
```

```

.session_menu select {
  flex-grow: 1;
}

.results-table {
  width: 100%;
  border-collapse: collapse;
}

.results-table th, .results-table td {
  padding: 8px;
  border: 1px solid #ccc;
}

.faune-table{
  width:100%;
  border-collapse: collapse;
}

.faune-table th,.faune-table td {
  padding: 8px;
  border: 1px solid #000;
}

.faune-table th:first-child {
  width: 40%;
}

.faune-table tr.striped {
  background-color: #f2f2f2;
}

.info {
  padding: 4px 6px;
  font: 16px/20px Helvetica, Helvetica, sans-serif;
  background: rgba(255,255,255,0.8);
  box-shadow: 0 0 15px rgba(0,0,0,0.2);
  border-radius: 5px; }

.Next_retour {
  padding: 10px 20px;
  border: none;
  border-radius: 4px;
  cursor: pointer;
  background-color: #bbf512;
  color: rgb(85,83,83);
  font-weight: bold;
  margin-bottom: 5px;
  margin-top: 5px;
}

```

```
#Next{
  margin-right: 30px;
}

.faune-table a:hover {
  color: #bbf519;
  text-decoration: underline; /* Soulignement du texte lors du survol */
}

.faune-table a {
  color: #000000;
}
```

```
// section 1 : créer un effet de basculement (toggle) pour afficher ou masquer
les liens de la barre de navigation
const toggleButton = document.getElementsByClassName('toggle-button')[0]
const navbarLinks = document.getElementsByClassName('navbar-links')[0]
toggleButton.addEventListener('click', () => {
  navbarLinks.classList.toggle('active')
})

//*****
// section 2 : construire notre map
var map= L.map('map', {fullscreenControl: true, zoomControl: false, center:
[48.5, 7.5], zoom:10});
//full screen
map.isFullscreen() // est ce que la map est en plein écran?
map.toggleFullscreen() // Passer en mode plein écran ou annuler le plein écran
existant

// plein écran est déclenchée lors de l'entrée ou de la sortie du mode plein
écran.
map.on('fullscreenchange', function () {
  if (map.isFullscreen()) {
    console.log('entered fullscreen');
  } else {
    console.log('exited fullscreen');
  }
});

// zoomHome : revenir au zoom initial
var zoomHome = L.Control.zoomHome();
zoomHome.addTo(map);

//déclarer les fonds cartes
// fond google maps
var googleStreets =
L.tileLayer('http://{s}.google.com/vt/lyrs=m&x={x}&y={y}&z={z}',{
  maxZoom: 20,
  subdomains:['mt0', 'mt1', 'mt2', 'mt3']
});
googleStreets.addTo(map); // ajouter par défaut cette fonds

// fond de open street map
var osm =
L.tileLayer('https://{s}.tile.openstreetmap.fr/osmfr/{z}/{x}/{y}.png',
{ attribution: '&copy; OpenStreetMap France | &copy; <a
href="https://www.openstreetmap.org/copyright">OpenStreetMap</a>' });
```

```

// fond satellitaire
var Esri_WorldImagery =
L.tileLayer('https://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/World_Imagery/
MapServer/tile/{z}/{y}/{x}', { attribution: 'Tiles &copy; Esri &mdash; Source:
Esri, i-cubed, USDA, USGS, AEX, GeoEye, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, UPR-EGP,
and the GIS User Community'}));

// fond topo
var OpenTopoMap =
L.tileLayer('https://{s}.tile.opentopomap.org/{z}/{x}/{y}.png', { attribution:
'Map data: &copy; <a
href="https://www.openstreetmap.org/copyright">OpenStreetMap</a> zarbai afafe,
<a href="http://viewfinderpanoramas.org">SRTM</a> | Map style: &copy; <a
href="https://opentopomap.org">OpenTopoMap</a> (<a
href="https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/">CC-BY-SA</a>)}));

//déclarer les jsons
//geojson limites des communes d'alsace
var geojson1 = L.geoJson(limite_com);
//fonction pour styler limite_com
function style(feature) {
return {
weight: 1,
opacity: 3,
color: 'black',
dashArray: '3',
fillOpacity: 0.5,
fillColor: '#f2f3f4'
};
}
// appliquer le style aux limites
geojson1.setStyle(style);
geojson1.addTo(map);// ajoute de la limite par défaut

// geojson pieges
// télécharger le symbole des pieges créer à l'aide de Caneva
var icon_pg='../icon/location_piege.png'
// cluster group markers pieges : regroupement des pièges
var customIcon_pg=L.icon({
iconUrl: icon_pg,
iconSize:[50,50]
});

```

```

var geojson3 = L.geoJson(piege_faune, {
  pointToLayer: function (feature, LatLng) {
    return L.marker(LatLng,{
      icon:customIcon_pg
    });
  }
}).bindPopup(function(layer){
  return "<strong>Piège numéro :</strong>"+
layer.feature.properties.num_pg + "<br><strong>Identifié par :
</strong>"+layer.feature.properties.identifica;
}); // bindpopup de leaflet est ajouté au geojson pieges qui contient les
informations sur la faune correspondant à chaque piege

var markers =L.markerClusterGroup();
markers.addLayer(geojson3);
map.addLayer(markers);

// geojson sites
var geojson4 = L.geoJson(site);

//Donner la possibilité à l'utilisateur de choisir entre plusieurs fonds de
carte
var baselayers = {
  "google maps" : googleStreets,
  "openstreetmap" : osm,
  "satellite": Esri_WorldImagery,
  "map topo": OpenTopoMap
};

//Donner la possibilité à l'utilisateur de choisir entre plusieurs jsons
var overlayMaps = {
  "limite": geojson1,
  "pieges": geojson3,
  "sites": geojson4
};
L.control.layers(baselayers, overlayMaps).addTo(map);

//Donner un echelle à notre carte
L.control.scale().addTo(map);

//box search
L.Control.geocoder().addTo(map);

//coordinate
var c = new L.Control.Coordinates();
c.addTo(map);

```

```

// si l'utilisateur click sur un endroit sur la carte les coordonnées
s'afficheront
map.on('click', function(e) {
  c.setCoordinates(e);
});

// contrôler le regroupement des pièges
map.on('zoomend', function() {
  var currentZoom = map.getZoom();
  if (currentZoom >= 12) {
    markers.removeLayer(geojson3); // Supprime les clusters de marqueurs
    map.addLayer(geojson3); // Affiche les marqueurs individuels
  } else {
    map.removeLayer(geojson3); // Supprime les marqueurs individuels
    markers.addLayer(geojson3); // Affiche les clusters de marqueurs
  }
});
//
*****
****

// section 3: menu personnalisé latérale
// information side bar fixe
// information faune sol
// Variable pour stocker les pièges correspondant au même numéro de piège
var piegesByNum = [];
// Index de la session actuelle
var sessionIndex = 0;
// Fonction pour afficher les informations du piège
function displayPiegeInfo(piege) {
  var infoBox = document.getElementById("info-box");
  // extraire les informations de geojson
  if (piege) {
    var sessionId = piege.properties.Session;
    var piegeNum = piege.properties.num_pg;
    var datePose = piege.properties.date_p;
    var dateRecup = piege.properties.date_re;
    var faunes = [
      { name: "Acariens et araignées rouges", count:
piege.properties.acari_arai },
      { name: "Acariens", count: piege.properties.acariens },
      { name: "Araignées", count: piege.properties.araignees },
      {name:"Carabes", count:piege.properties.carabes},
      {name:"charançons", count:piege.properties.charancons},
      {name:"Cicadelles", count:piege.properties.cicadelles},
      {name:"Cloportes", count:piege.properties.cloportes},
      {name:"Coccinelles", count:piege.properties.coccinelle},
      {name:"Collemboles arthropéones",
count:piege.properties.collembArt},
      {name:"Collemboles symphypléons",
count:piege.properties.collembSym},

```

```

{name:"Elaterides", count:piege.properties.elaterides},
{name:"Escargots", count:piege.properties.escargots},
{name:"Fourmis", count:piege.properties.fourmis},
{name:"Gendarmes", count:piege.properties.gendarmes},
{name:"Larves de coleopteres", count:piege.properties.larvColeop},
{name:"Larves de lépidoptères", count:piege.properties.larvLepid},
{name:"larves de tipules", count:piege.properties.larvTipul},
{name:"Limaces", count:piege.properties.limaces},
{name:"Myriapodes chilopodes", count:piege.properties.myrChilo},
{name:"Myriapodes diplopodes", count:piege.properties.myrDiplo},
{name:"Opilions", count:piege.properties.opilions},
{name:"Orthoptères", count:piege.properties.orthoptere},
{name:"Perce-oreilles", count:piege.properties.percOreil},
{name:"Punaises", count:piege.properties.punaises},
{name:"Scarabées", count:piege.properties.scarabees},
{name:"Staphylins", count:piege.properties.staphylins},
{name:"Vers de terre", count:piege.properties.vers_terre}
];
// afficher les informations extraites du piege
infoBox.innerHTML = "<h2 class='num_pg'>Piège Numéro :</h2>" + piegeNum +
"</h2><p class='session'>Session: <span class='sessionId'>" + sessionId +
"</span></p><p class='date_p'>Date de pose: <span class='datePose'>" + datePose
+ "</span></p><p class='date_recup'>Date de récupération: <span
class='dateRecup'>" + dateRecup + "</p>";
// Ajouter les faunes des sols à la liste
var fauneTableHTML = "<h3 class='title_tab'>Faunes des sols:</h3>";
fauneTableHTML += "<table class='faune-table'>";
// En-tête du tableau
fauneTableHTML += "<tr><th>Faune</th><th>Total</th></tr>";
// Tableau des URL correspondantes aux noms de faune
var fauneURLs = [
"http://ephytia.inra.fr/fr/C/25148/jardibiodiv-Araignees-rouges-
acariens",
"http://ephytia.inra.fr/fr/C/25147/jardibiodiv-Acariens",
"http://ephytia.inra.fr/fr/C/25150/jardibiodiv-Araignees",
"http://ephytia.inra.fr/fr/C/25136/jardibiodiv-Carabes",
"http://ephytia.inra.fr/fr/C/25141/jardibiodiv-Charancons",
"http://ephytia.inra.fr/fr/C/25133/jardibiodiv-Cicadelles",
"http://ephytia.inra.fr/fr/C/25151/jardibiodiv-Cloportes",
"http://ephytia.inra.fr/fr/C/25138/jardibiodiv-Coccinelles",
"http://ephytia.inra.fr/fr/C/25145/jardibiodiv-Collembolles-
arthropleones",
"http://ephytia.inra.fr/fr/C/25146/jardibiodiv-Collembolles-
symphypleones",
"http://ephytia.inra.fr/fr/C/25139/jardibiodiv-Elaterides-taupins",
"http://ephytia.inra.fr/fr/C/25154/jardibiodiv-Escargots",
"http://ephytia.inra.fr/fr/C/25142/jardibiodiv-Fourmis",
"http://ephytia.inra.fr/fr/C/25132/jardibiodiv-Gendarmes-punaises",
"http://ephytia.inra.fr/fr/C/25156/jardibiodiv-Larves-de-coleoptere-
scarabee-hanneton",

```

```

        "http://ephytia.inra.fr/fr/C/25143/jardibiodiv-Larves-de-tipule-
cousin-diptere",
        "http://ephytia.inra.fr/fr/C/25155/jardibiodiv-Limaces",
        "http://ephytia.inra.fr/fr/C/25152/jardibiodiv-Myriapodes-
chilopodes",
        "http://ephytia.inra.fr/fr/C/25153/jardibiodiv-Myriapodes-
diplopedes",
        "http://ephytia.inra.fr/fr/C/25149/jardibiodiv-Opilions-faucheux",
        "http://ephytia.inra.fr/fr/C/25134/jardibiodiv-Orthopteres-
sauterelles-criquets-grillons",
        "http://ephytia.inra.fr/fr/C/25135/jardibiodiv-Perce-oreilles",
        "http://ephytia.inra.fr/fr/C/25125/jardibiodiv-Punaises",
        "http://ephytia.inra.fr/fr/C/25137/jardibiodiv-Scarabees",
        "http://ephytia.inra.fr/fr/C/25140/jardibiodiv-Staphylins",
        "http://ephytia.inra.fr/fr/C/25158/jardibiodiv-Vers-de-terre",
    ];
    // Parcourir les faunes et les ajouter au tableau
    faunes.forEach(function (faune, index) {
        if (faune.count !== 0) {
            var rowClass = index % 2 === 0 ? "" : "striped";
            var fauneRowHTML = "<tr class='" + rowClass + "'><td>";
            fauneRowHTML += "<a href='" + fauneURLs[index] + "'>" + faune.name
+ "</a>";
            fauneRowHTML += "</td><td>" + faune.count + "</td></tr>";
            fauneTableHTML += fauneRowHTML;
        }
    });
    fauneTableHTML += "</table>";
    // Ajouter le contenu complet du tableau au conteneur d'informations
    infoBox.innerHTML += fauneTableHTML;
    if (piegesByNum.length > 1 && sessionIndex < piegesByNum.length - 1) {
        infoBox.innerHTML += "<button class='Next_retour'
onclick='nextSession()'>Suivant</button>";
    }
    if (piegesByNum.length > 1 && sessionIndex > 0) {
        infoBox.innerHTML += "<button class='Next_retour'
onclick='resetInfoBox()'>Retour</button>";
    }
    }
    else {
        infoBox.innerHTML = "<p>Merci de choisir un piège.</p>";
    }
    infoBox.classList.add("show");
}
// Fonction pour passer à la prochaine session du même numéro de piège
function nextSession() {
    sessionIndex++;
    displayPiegeInfo(piegesByNum[sessionIndex]);
}

```

```

// Fonction pour réinitialiser l'info-box
function resetInfoBox() {
    sessionIndex = 0;
    displayPiegeInfo(piegesByNum[sessionIndex]);
}
// un message alert quand l'utilisateur clique sur faune sols afin de le
guider à choisir un piege
var menuFaune = document.querySelector('.menu_faune');
menuFaune.addEventListener('click', function(event) {
    event.preventDefault();
    alert('Merci de choisir un piège.');
```

// Événement de clic sur chaque marqueur de piège

```

    geojson3.eachLayer(function(layer) {
        layer.on("click", function(e) {
            // Vérifier si le menu "Faune Sol" a été cliqué
            var menuClicked =
document.querySelector('.menu_faune').classList.contains('active');
            if (!menuClicked) {
                var selectedNumPiege = e.target.feature.properties.num_pg;
                piegesByNum = piege_faune.features.filter(function(piege) {
                    return piege.properties.num_pg === selectedNumPiege;
                });
                sessionIndex = 0;
                displayPiegeInfo(piegesByNum[sessionIndex]);
            }
        });
    });
});
});
});

// les informations de la richesse
var piegesData;
// variable pour stocker la couche geojson affiché à la carte
var geoJsonLayer= null;
// variable coordonat zoom
var filteredBounds = L.latLngBounds();
// Chargement des données JSON pour les pièges faire appel à un
fetch('piege_faune_completv3_riche.json')
.then(response => response.json())
.then(pieges => {
    piegesData = pieges;
    console.log(piegesData);
    var dates = [...new Set(piegesData.features.map(piege =>
piege.properties.years))];
    fillDateDropdown(dates);
})
.catch(error => {
    console.error('Une erreur s\'est produite lors du chargement du fichier
JSON "pieges.json":', error);
});
});

```

```

// Fonction pour remplir le menu déroulant des dates
function fillDateDropdown(dates) {
    var dateSelect = document.getElementById("date");
    dateSelect.innerHTML = "<option value=''>-- Choisissez une date --
</option>";
    dates.forEach(function(date) {
        var option = document.createElement("option");
        option.text = date;
        dateSelect.add(option);
    });
}

// Écoute de l'événement de sélection de date
var dateSelect = document.getElementById("date");
dateSelect.addEventListener("change", function() {
    var selectedDate = parseInt(this.value);
    // Filtrer les données correspondantes à la date sélectionnée
    var filteredData = piegesData.features.filter(piege =>
piege.properties.years === selectedDate);
    // Obtenir les noms de site correspondants
    var siteNames = filteredData.map(piege => piege.properties.nom_site);
    // Mettre à jour le menu déroulant des noms de site avec les noms
correspondants
    fillSiteDropdown(siteNames);
});
// Fonction pour remplir le menu déroulant des noms de site
function fillSiteDropdown(siteNames) {
    var siteSelect = document.getElementById("site");
    siteSelect.innerHTML = "<option value=''>-- Choisissez un site --
</option>";
    // Utiliser un Set pour obtenir les noms de site uniques
    var uniqueSiteNames = new Set(siteNames);
    // Ajouter les options au menu déroulant
    uniqueSiteNames.forEach(function(siteName) {
        var option = document.createElement("option");
        option.text = siteName;
        siteSelect.add(option);
    });
}
// Écoute de l'événement de sélection de site
var siteSelect = document.getElementById("site");
siteSelect.addEventListener("change", function() {
    var selectedDate = parseInt(dateSelect.value);
    var selectedSite = this.value;
    // Filtrer les données correspondantes à la date et au site sélectionnés
    var filteredData = piegesData.features.filter(function(piege) {
        return piege.properties.years === selectedDate &&
piege.properties.nom_site === selectedSite;
    });
});

```

```

    // Obtenir les sessions correspondantes
    var sessions = [...new Set(filteredData.map(piege =>
piege.properties.Session))];
    // Mettre à jour le menu déroulant des sessions avec les sessions
correspondantes
    fillSessionDropdown(sessions);
});
// Fonction pour remplir le menu déroulant des sessions
function fillSessionDropdown(sessions) {
    var sessionSelect = document.getElementById("session");
    sessionSelect.innerHTML = "<option value=''>-- Choisissez une session --
</option>";
    sessions.forEach(function(session) {
        var option = document.createElement("option");
        option.value = session;
        option.text = "Session " + session;
        sessionSelect.add(option);
    });
}
// fonction pour afficher les résultats
function afficherResultats() {
    effacerResultatsPrecedents();
    var selectedDate = parseInt(document.getElementById("date").value);
    var selectedSite = document.getElementById("site").value;
    var selectedSession = document.getElementById("session").value;
    // Filtrer les données correspondantes à la date, au site et à la session
sélectionnés
    var filteredData = piegesData.features.filter(function(piege) {
        return (
            piege.properties.years === selectedDate &&
            piege.properties.nom_site === selectedSite &&
            piege.properties.Session === parseInt(selectedSession)
        );
    });
    // Afficher les résultats de la richesse correspondante
    displayRichesseResults(filteredData);
    // supprimer l'affichage de la couche geojson si elle est affichée
    if (geojson3) {
        map.removeLayer(geojson3);
        geojson3Layer = null; // Réinitialisez la référence à la couche geojson3
    }
}

// Création d'un geojson vide qui va contenir les résultats
var filteredGeoJSON = {
    type: "FeatureCollection",
    features: []
};

```

```

// Fonction pour afficher les résultats de la richesse
function displayRichesseResults(results) {
    effacerResultatsPrecedents();
    var resultsContainer = document.getElementById("results-container");
    resultsContainer.innerHTML = ""; // Effacer les résultats précédents
    if (!results || results.length === 0) {
        resultsContainer.innerHTML = "Aucun résultat trouvé.";
        return;
    }
    if(geoJsonLayer){
        geoJsonLayer.clearLayers();
    }
    // Créer le tableau pour les résultats
    var table = document.createElement("table");
    table.classList.add("results-table");
    // Créer l'en-tête du tableau avec les colonnes "Numéro piège" et "Richesse"
    var headerRow = table.insertRow();
    var numPgHeader = headerRow.insertCell();
    numPgHeader.textContent = "Numéro piège";
    var richesseHeader = headerRow.insertCell();
    richesseHeader.textContent = "Richesse";
    results.forEach(function(result) {
        var richesse = result.properties.riche;
        var num_pg=result.properties.num_pg;
        // Créer une nouvelle ligne dans le tableau pour chaque résultat
        var row = table.insertRow();
        var numPgCell = row.insertCell();
        var richesseCell = row.insertCell();
        numPgCell.textContent = num_pg;
        richesseCell.textContent = richesse;
        resultsContainer.appendChild(table);
        // Créer une entité GeoJSON pour le résultat filtré
        var feature = {
            type: "Feature",
            properties: result.properties,
            geometry: {
                type: "Point",
                coordinates: [result.geometry.coordinates[0],
result.geometry.coordinates[1]]
            }
        };
        // Ajouter l'entité à l'objet GeoJSON
        filteredGeoJSON.features.push(feature);
        // Ajouter les coordonnées à la variable filteredBounds
        filteredBounds.extend([result.geometry.coordinates[1],
result.geometry.coordinates[0]]);
    });
    // Convertir l'objet GeoJSON filtré en chaîne GeoJSON
    var filteredGeoJSONString = JSON.stringify(filteredGeoJSON);
    // Afficher la chaîne GeoJSON filtrée dans la console

```

```

console.log(filteredGeoJSONString);
// Convertir la chaîne GeoJSON filtrée en objet JavaScript
var filteredGeoJSONObject = JSON.parse(filteredGeoJSONString);
// Ajouter les cercles représentant les entités filtrées à la carte
geoJsonLayer = L.geoJSON(filteredGeoJSONObject, {
  pointToLayer: function(feature, latlng) {
    var circle = L.circleMarker(latlng, {
      radius: setSizeIcon(feature.properties.riche),
      fillColor: "#bbf512",
      color: "black",
      weight: 1,
      opacity: 1,
      fillOpacity: 0.8
    });
    // Ajouter un bindPopup à chaque cercle
    circle.bindPopup(function(layer) {
      return "<strong>Piège numéro:</strong> " +
layer.feature.properties.num_pg + "<br><strong>Identifié par:</strong> " +
layer.feature.properties.identifica;
    });
    return circle;
  }
}).addTo(map);
map.fitBounds(filteredBounds);
}
// fonction pour effacer ancien résultats
function effacerResultatsPrecedents() {
var resultsContainer = document.getElementById("results-container");
resultsContainer.innerHTML = "";

if (geoJsonLayer) {
  geoJsonLayer.clearLayers(); // Supprimer les couches GeoJSON de la carte
  filteredGeoJSON.features = []; // Réinitialiser l'objet GeoJSON filtré
}
}
function setSizeIcon(attr){
  return rayon=Math.sqrt(attr)*(20/Math.sqrt(18));
}
// affichage richesse
function afficherRichesseMenu() {
  // Afficher la section de recherche des résultats de la richesse
  var richeMenu = document.getElementById("riche-menu");
  richeMenu.classList.remove("hidden");
}
// Déclaration de la variable pour suivre l'état de la légende
var legendDisplayed = false

```

```

// Définir la fonction pour afficher la légende
function showLegend() {
  // Vérifier si la légende est déjà affichée
  if (!legendDisplayed) {
    var legend = L.control({position: 'bottomright'});
    legend.onAdd = function(map) {
      var divLeg = L.DomUtil.create('div', 'info legend');
      divLeg.innerHTML = 'Richesse<br><br><br>';
      return divLeg;
    };
    legend.addTo(map);

    // Mettre à jour l'état de la légende
    legendDisplayed = true;
  }
}

// Événement de clic sur "Afficher les résultats"
var afficherResultatsButton = document.getElementById('afficher-resultats-
button');
afficherResultatsButton.addEventListener('click', function() {
  if (!legendDisplayed) { //ajoute la legende une seul fois
    showLegend();
  }
});

```

## **Résumé :**

La cartographie interactive des données de biodiversité des sols urbains en Alsace est une initiative novatrice de science participative visant à impliquer le grand public. Grâce à l'utilisation de la bibliothèque Leaflet et des formats Geojson, cette cartographie offre une représentation conviviale de la faune des sols urbains et de leur richesse. Son objectif principal est de sensibiliser le public à la connaissance des sols urbains. Les résultats obtenus ont fourni des informations précieuses pour les chercheurs et les gestionnaires environnementaux, permettant la planification de mesures de conservation adaptées et identifiant les lacunes de connaissances existantes. Cette cartographie interactive ouvre également des perspectives de recherche future pour approfondir notre compréhension de la biodiversité des sols urbains. En résumé, cette cartographie interactive constitue un outil essentiel pour sensibiliser, informer et contribuer à la préservation des écosystèmes souterrains urbains.

**Mots-clés: la faune des sols, science participative, cartographie interactive, leaflet, Geojson, biodiversité des sols, sols urbains**

## **Abstrat :**

The interactive mapping of urban soil biodiversity data in Alsace is an innovative citizen science initiative aimed at engaging the general public. Using the Leaflet library and geospatial data formats such as GeoJSON, this mapping provides a user-friendly representation of urban soil fauna and their richness. Its primary objective is to raise public awareness about urban soil knowledge. The obtained results have provided valuable information for researchers and environmental managers, enabling the planning of appropriate conservation measures and identifying existing knowledge gaps. This interactive mapping also opens up opportunities for future research to deepen our understanding of urban soil biodiversity. In summary, this interactive mapping serves as a vital tool to raise awareness, inform, and contribute to the preservation of urban underground ecosystems.

**Keywords: soil fauna, citizen science, interactive mapping, Leaflet, Geojson, soil biodiversity, urban soils.**