

Etude de la pédofaune urbaine de Strasbourg sur des sites de l'observatoire Evolville

Maitre de Stage : Sandrine Glatron

Tutrice universitaire : Pascaline Le Gouar

Structure d'accueil : Zone Atelier Environnementale Urbaine

Emma ZUSSY

*M1 BEE mention Stratégie de développement
durable et périurbanisation*

Juin 2022

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Sandrine Glatron et Florian Franck-Neumann de m'avoir accordé leur confiance et permis de réaliser ce stage. Merci aussi pour leur accompagnement et leur bienveillance.

Merci Mina Charnaux et Jérémy Haetty d'avoir pris de votre temps pour répondre à mes questions et donné toutes ces précieuses informations.

Merci à la Maison Interuniversitaire des Sciences de l'Homme pour l'accueil dans leurs locaux.

Merci à ma tutrice, Pascaline Le gouar, pour ses conseils, ainsi qu'à tout le corps enseignant pour leur accompagnement au long de l'année universitaire qui s'achève.

Et enfin, Merci à toutes les personnes qui m'ont accordé de leur temps pour des entretiens et permis de disposer des pièges dans leurs parcelles !

CONTEXTE DU STAGE

Appendice au stage effectué sur les sites « Strasbourg ça pousse », effectué à Strasbourg au sein de la Zone atelier environnementale urbaine, pour le projet SOLenVille. Il a débuté le 25 avril 2022 et se poursuit jusqu'au 22 juillet 2022 dans les locaux de la MISHA (Maison Interuniversitaire des Sciences de l'Homme – Alsace). Plus précisément au sein du LinCS (laboratoire interdisciplinaire en études culturelles).

Le projet SOLenVille est un programme de science participative visant à faire connaître les sols urbains et améliorer les connaissances autour de ceux-ci. Et ce via l'organisation de conférences, d'atelier, d'évènements et une méthode de collecte et d'analyse de donnée à portée du plus grand nombre : Jardibiodiv. L'objectif premier de ce stage était de collecter des données pour étayer celles déjà récoltées avec Jardibiodiv.

SOMMAIRE

I.	Introduction aux sols urbains	5
II.	Les enjeux autour des sols urbains	6
II.1.	Les sols urbains présentent des caractéristiques très hétérogènes.....	6
II.2.	Les apports des sols en villes : les services écosystémiques rendus.....	8
II.3.	La considération des sols en aménagement	9
II.4.	Répondre à ces enjeux.....	10
III.	Matériel et méthodes.....	11
III.3.	Protocole d'échantillonnage de la pédofaune rampante du sol.....	11
III.4.	Logiciels utilisés et analyses.....	13
IV.	Résultats.....	14
V.	Discussion.....	17
	Bibliographie.....	19

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Installation schématique mis en place dans le protocole d'échantillonnage et photo d'un piège avec et sans son couvercle.

Figure 2 : Carte des sites Evolville où le protocole a été appliqué.

Figure 3 : plan factoriel des sites Evolville de l'AFC réalisé sur les échantillons de pédofaune, avec représentation des groupes obtenus par CAH.

Figure 4 : représentation cartographique des groupes obtenues par CAH au 1er (a) et 2ème (b) niveau de classification.

Figure 5 : Plan factoriel des sites avec représentation du nombre de fauches

TABLE DES TABLEAUX

Tableau I : Abréviations et descriptions des indices utilisés durant l'étude

Tableau II : récapitulatif des tests statistiques réalisés

I. Introduction aux sols urbains

Depuis plusieurs années, on observe une croissance démographique très marquée dans les villes. Ce qui a pour effet d'intensifier l'expansion de ces zones et d'accroître l'urbanisation (Long, Leveiller 2016). L'augmentation de la taille des villes et de leurs nombres posent de nombreuses questions environnementales et obligent la communauté scientifique à considérer les habitats et écosystèmes des zones urbaines.

Parmi ces habitats, le sol est la surface sur laquelle se développent les activités humaines tout en étant un volume rendant des services et présentant des écosystèmes très importants. Ce volume est un bon exemple de conflit d'intérêts entre la conservation de la biodiversité et d'expansion urbaine (Blanchart 2018). Le sol se définit comme le « compartiment à l'interface de la lithosphère, de l'hydrosphère, de l'atmosphère et de la biosphère » (Girard et al. 2010). Il peut aussi être défini par sa genèse, l'altération du matériau-parent, et sa composition, à la fois minérale (particule minérale, eau, air) et organique (Matière organique, organismes vivants) (Blanchart 2018). Les sols urbains peuvent se définir de deux manières. Tout d'abord, une définition géographique pour laquelle les sols urbains sont les sols se trouvant dans une aire urbaine (un ensemble de communes d'un seul tenant et sans enclave, formé par un pôle urbain (INSEE 2011)), et une définition génétique se concentrant sur les processus de pédogenèse (Blanchart et al. 2017). On parle alors de sols anthropisés plutôt que de sols urbains. Ils se définissent comme des sols où les activités humaines ont fortement impacté le processus de pédogenèse (Blanchart 2018; AFES, Baize 2009; FAO 2014). De ce fait la majorité des sols urbains peut être considérée comme des sols anthropisés (Blanchart et al. 2017).

Si l'étude des sols agricoles s'est développée fortement pour améliorer le rendement, ce n'est pas le cas de l'écologie des sols urbains qui est encore peu étudiée (Guilland et al. 2018; Auclerc, Blanchart, Vincent 2019). De plus dans un contexte où les sols sont souvent vus comme une simple surface dans le cadre de l'aménagement des villes (Auclerc, Blanchart, Vincent 2019), il est primordial d'accentuer les connaissances sur les sols urbains et d'en faire évoluer les perceptions afin de connaître et comprendre les enjeux autour de ceux-ci.

II. Les enjeux autour des sols urbains

II.1. Les sols urbains présentent des caractéristiques très hétérogènes

II.1.1. Classification des sols urbains et définitions

Comme définis précédemment, les sols anthropisés prennent en compte dans leurs définitions l'impact humain dans le processus de pédogenèse, on peut parler d'artificialisation des sols : il s'agit de la transformation d'un sol naturel ou agricole par des opérations d'aménagement (Ministère de la Transition énergétique 2022). Les impacts découlent des différents usages qui sont faits du sol. En ville il s'agit surtout d'être un support pour le bâti ou la voirie, des installations de loisir (espaces sportifs par exemple), et la production de biomasse (Jardins potagers ou parcs) (Blanchart et al. 2017). En fonction de l'usage fait du sol, l'impact sur le processus de pédogenèse va être différent, par exemple la voirie et le bâti impliquent le scellement de ces sols (recouvrement par des matériaux artificiels très peu perméable), ainsi il existe différentes catégories de sols anthropisés.

Quand il se réfère aux sols anthropisés, le référentiel pédologique français parle d'anthroposols : « *Les anthroposols sont des sols fortement modifiés ou fabriqués par l'homme, souvent en milieu urbain mais aussi, dans des conditions particulières, en milieu rural.* » (AFES, Baize 2009). Ce référentiel définit 5 catégories d'anthroposols :

- Les anthroposols transformés ; Ces sols résultent des transformations apportées pour augmenter la fertilité des sols et la production alimentaire.
- Les anthroposols artificiels ; Cette catégorie correspond aux sols où se développent l'activité humaine comme l'urbanisation (industrie, mines, artisanat, voiries).
- Les anthroposols reconstitués et construits ; ces sols sont issus d'une « opération de génie pédologique », c'est-à-dire un acte de fabrication humaine d'un « sol » avec pour objectifs d'obtenir un milieu le plus fertile possible, et ce souvent dans le cadre d'opérations de végétalisation.
- Les anthroposols archéologiques ; Ces sols ont subi des modifications anthropiques anciennes.

II.1.2. Les Caractéristiques physiques et chimiques des sols en ville

II.1.2.1. Les paramètres physiques

Les sols anthropisés, notamment par la présence de zones de scellement en surface ou en profondeur, sont fortement dégradés en termes de structure physique. Il y a souvent un déficit en agrégation avec des teneurs faibles en argile. Ces sols sont souvent fortement compactés et anoxiques (Guilland et al. 2018).

Aussi, l'anthropisation des sols entraîne généralement de fortes perturbations dans le cycle de l'eau, notamment par l'imperméabilisation des sols (la couverture du sol par des matériaux empêchant plus ou moins l'absorption de l'eau (Guilland et al. 2018)). Sur un sol totalement imperméabilisé le taux de ruissellement est extrêmement élevé contrairement au taux d'infiltration (Schwartz et al. 2015; Blanchart 2018).

II.1.2.2. Les paramètres chimiques

L'hétérogénéité des sols s'illustre aussi par leurs paramètres chimiques. Avec une forte dispersion, les valeurs en azote, carbone organique et phosphore contenues dans les sols sont très variables (Blanchart et al. 2017; Joimel et al. 2016). Mis à part les sols des parcs et jardins, on observe un déficit en azote, phosphore et potassium, phénomène exacerbé par le manque en argile et en matière organique, limitant les complexes argilo-humiques, ces éléments sont donc rapidement lessivés (Schwartz et al. 2015; Joimel et al. 2016). Dans les parcs et jardins, au contraire, on observe souvent une teneur en matière organique et en nutriment élevée qui s'explique par un apport en terres végétales et en amendements organiques (Schwartz et al. 2015; Blanchart 2018).

Les sols urbains sont caractérisés par une concentration en polluant et contaminant forte. La concentration moyenne en éléments-traces métalliques (ici particulièrement Cd, Pb et Zn) est supérieure aux sols non urbains (Joimel et al. 2016). Ce qui peut comporter des risques pour les êtres vivants, notamment humain, par entrée de ces éléments dans la chaîne alimentaire via les plantes, ou par lixiviation dans les eaux souterraines (Blanchart 2018). Ces valeurs de concentration peuvent s'expliquer par les retombées des pollutions atmosphériques en microparticules ; par l'apport massif de produits phytopharmaceutiques et d'engrais ; et par l'utilisation des matériaux de remblais d'origines diverses dans la construction (Blanchart 2018).

II.1.3. Les caractéristiques biologiques des sols en villes

Les sols urbains présentent pour la plupart un déficit en azote phosphore et potassium, et sont souvent très compactés et anoxiques, rendant la croissance végétale compliquée, les sols sont alors souvent enrichis voir construit pour permettre une production végétale. Comme pour les caractéristiques physiques et chimiques, la diversité floristique et faunistique varie en fonction de la couverture et de l'usage des sols considérés (Joimel et al. 2017).

Un organisme est considéré comme faisant partie de la biodiversité des sols s'il réalise au moins une étape de sa vie dans celui-ci ou une de ses annexes (les micro-habitats présents à la surface du sol, la litière par exemple). On y retrouve des micro-organismes (bactéries, champignons, microalgue, protistes), la microfaune (moins de 0,2mm, Rotifères, nématodes), la mésofaune (invertébré de 0,2 à 4 mm : acariens, collemboles...), la macrofaune (invertébrés visibles à l'œil nu, insectes, mollusques, araignées...) et la mégafaune (les vertébrés du sol) (Auclerc 2021). Ces trois derniers constituent la pédofaune.

II.2. Les apports des sols en villes : les services écosystémiques rendus

Les services écosystémiques correspondent aux biens et services que retirent les sociétés humaines des écosystèmes, ces derniers participants donc à la survie, à la prospérité et au bien être humain (MEA 2005). Le millenium écosystème assesment (2005) définis 4 catégories de services écosystémiques : services de support (permet aux autres services et aux écosystèmes de fonctionner), de régulation (permet la résilience de la biosphère face aux perturbations), d'approvisionnement (fournis les ressources, notamment alimentaire, pour subsister) et de culture (liens émotionnels aux écosystèmes). Dans la liste qui va suivre, les réflexions seront orientées autour des services particulièrement recherchés en ville, mais il faut noter que pour bon nombre de ces services leurs maintient est un enjeu à l'échelle globale et non pas juste à l'échelle de la zone urbaine considérée.

II.2.1. Les services de support

Le sol sert de support physique aux écosystèmes, joue un rôle centrale dans le cycle de l'eau et constitue intrinsèquement un lot d'habitats pour la biodiversité (Blanchart et al. 2017; Adhikari, Hartemink 2016). Cette biodiversité participe à la transformation et transport de la matière organique, la réalisation des cycles biogéochimiques et la formation des sols. Ainsi ils forment le pilier de la productivité des écosystèmes terrestres, ils vont donc supporter tous les services écosystémiques qui vont être présenté ci-dessous (Guilland et al. 2018; Blanchart et al. 2017).

II.2.2. Les services de régulations

Les sols et végétaux, par leurs capacités à fixer les éléments chimiques, permettent une régulation de la qualité de l'air en fixant les polluants, ce qui est particulièrement intéressant en ville (Blanchart et al. 2017; Adhikari, Hartemink 2016). Ils vont aussi permettre une filtration et une décomposition des déchets et pollutions. Jouant un rôle prépondérant dans le cycle de l'eau, l'altération de leurs compositions et fonction peut diminuer la qualité de l'eau. De plus les sols permettent l'infiltration de

l'eau, une altération de cette fonction par scellement du sol ou tassement entraîne une augmentation des risques d'inondation en cas de fortes intempéries (Blanchart et al. 2017; Guillard et al. 2018).

Ils constituent aussi un réservoir à carbone, cette caractéristique, partagé avec tous les types de sols, est primordiale dans la régulation du climat global (Blanchart et al. 2017; Guillard et al. 2018). A l'échelle d'une ville ce service doit être particulièrement pris en compte, en effet, le taux de séquestration du carbone est inversement proportionnel à la densité des habitations, plus un sol est scellé plus le stockage est altéré (Blanchart et al. 2017). A l'échelle locale, les sols, avec les végétaux, contribuent, par l'évapotranspiration et la réflexion des rayons du soleil, à réduire les phénomènes d'îlot de chaleur (Blanchart et al. 2017).

II.2.3. Les services d'approvisionnements

Le sol est le support sur lequel peuvent se développer des pratiques agricoles pour produire des ressources alimentaires. En milieu urbain ces pratiques prennent une place de plus en plus importante car la demande en ville d'approvisionnement alimentaire est plus forte qu'ailleurs. Avec l'urbanisation croissante, la question de l'agriculture urbaine se pose très sérieusement. Ainsi actuellement en ville on y retrouve essentiellement des pratiques maraichères et de jardinage (Blanchart et al. 2017; Adhikari, Hartemink 2016).

II.2.4. Les services culturels

Comme précisé précédemment le sol est un support à la mise en place de parcs et d'espaces verts, ceux-ci participent grandement au bien être humain dans les milieux urbains (Blanchart et al. 2017). Ces espaces peuvent être des zones récréatives, ils peuvent être un héritage historique, paysagé et donc avoir une valeur patrimoniale, Ils constituent aussi un support lors d'activités éducatives (Adhikari, Hartemink 2016; Auclerc, Blanchart, Vincent 2019; Blanchart et al. 2017).

II.3. La considération des sols en aménagement

Les services écosystémiques rendus par les sols en ville indiquent toute l'importance de ces derniers pour la vie humaine. Ainsi il est intéressant de considérer les outils et acteurs à mobiliser pour en assurer la protection. Dans une publication « Urbanisation and soil sealing », la FAO (2022) indique « Land use planning is considered to be the first tool for reducing the impacts of urban development on soils ». Ainsi il est important de se questionner sur la façon dont est traité et considéré le sol par les acteurs de l'aménagement du territoire. Ces aménagements sont régis par différents outils, les

plus importants étant les documents de planification (PLU et SCoT par exemple) se basant sur un socle législatif (Blanchart 2018).

En France, ces outils prennent peu en compte le sol et ses composantes. La prise en compte des sols urbains ne se fait que selon la surface aménageable. Son volume est considéré uniquement dans le cadre de ses propriétés géomécaniques pour évaluer la possibilité de mettre en place des voies de circulation ou des bâtiments, ou alors dans le cas de traitement éventuel contre des contaminations pour éviter les risques pour la santé humaine (Blanchart et al. 2017).

Il faut aussi considérer les acteurs de l'urbanisme, qui vont agir à l'échelle de la ville ou du quartier. Ici aussi le sol est perçu en 2 dimensions, en considérant uniquement le sol et sa surface comme un bien foncier.

La nature en ville prend une place de plus en plus importante dans les réflexions des urbanistes, avec des projets « verts ». Néanmoins cette nouvelle nature est souvent établie sur des anthroposols construits avec des amendements de sols extérieurs, montrant le manque de considération et de réflexion autour des sols dans les projets d'urbanisme (Blanchart 2018; Guillard et al. 2018).

II.4. Répondre à ces enjeux

II.4.1. Limiter la dégradation des sols en milieu urbain

Limiter l'étalement urbain et la densification urbaine sont les premiers piliers pour répondre à ces enjeux. Ce qui passe par les outils et les acteurs vus précédemment. Ainsi il faut sensibiliser et éduquer les acteurs à ces thématiques (Blanchart 2018). En dehors de l'aspect législatif, la mise en place de nouveaux moyens techniques peut aussi être envisagée. Mais pour se faire il faut bien identifier les problématiques soulevées et à éviter, par exemple certains bitumes éco-produits ou dalles perméables permettent de répondre aux problèmes d'imperméabilisation, mais pas d'artificialisation ou de conservation de la pédofaune (Cherel et al. 2017).

II.4.2. Revenir à un état fonctionnel du sol

Pour remplir un maximum de services écosystémiques, les sols doivent être « vivants », c'est l'interaction et la diversité des êtres vivants s'y développant qui permettent le bon fonctionnement des services écosystémiques (Guillard et al. 2018). Ainsi pour obtenir un sol fonctionnel il faut permettre à la pédofaune de s'y développer. Et cela induit de desceller les sols et de les végétaliser pour permettre un échange entre les sols, l'atmosphère et l'hydrosphère, tout en prodiguant des habitats à la faune du sol. Différents projets visant à desceller les sols voient le jour dans les villes françaises. Comme à Caen (LECORNU-BAERT 2021), à Rouen (Rouen.fr 2022), Rennes (Rennes Métropole 2022) ou bien, à Strasbourg.

III. Matériel et Méthodes

III.1. Protocole d'échantillonnage de la pédofaune rampante du sol

III.1.1. Méthode du piège barber

Dans cette étude l'échantillonnage se fait par la méthode des pièges barber. Elle consiste en la mise en place d'un pot piège enfoncé dans le sol de sorte que l'ouverture affleure le niveau du sol. Elle permet de capturer la petite faune rampante du sol. Ce dispositif peut être complété par l'ajout d'un liquide dans le pot pour empêcher les individus pris au piège de s'enfuir et de les conserver, ici du vinaigre. Dans cette étude est utilisé plus précisément le protocole issu de l'outil JardinBiodiv (fig. 1).

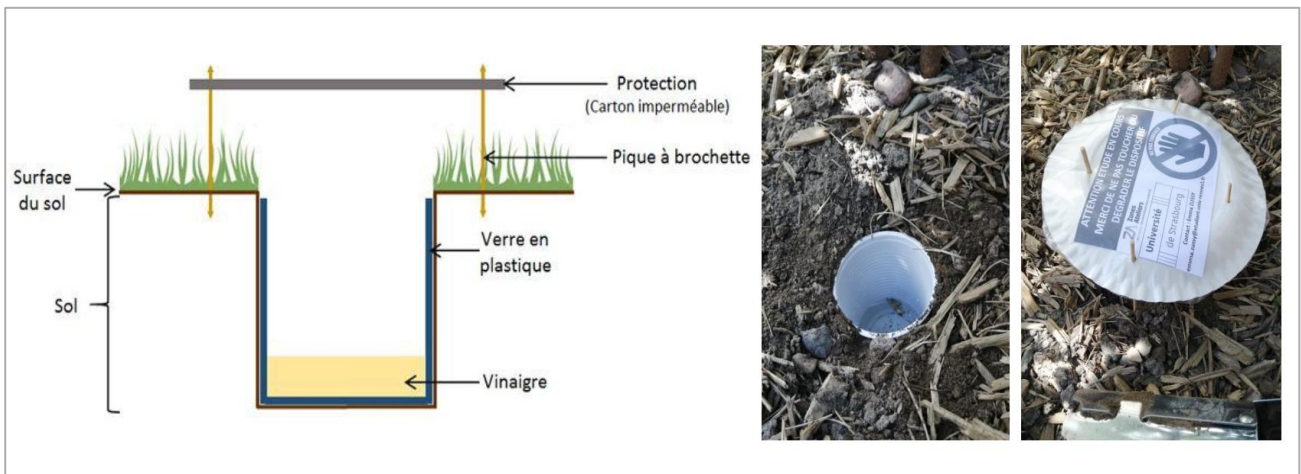


Figure 1 : installation schématique du protocole d'échantillonnage (jardibiodiv - Protocole d'échantillonnage 2022) et photo d'un piège avec et sans son couvercle.

Cette installation reste en place 1 semaine avant de récupérer le contenu du pot et de procéder à l'identification. L'identification se fait selon la clé d'identification fournie par l'outil JardinBiodiv (jardibiodiv 2022), avec les précisions du livre d'Apolline Auclerc (Auclerc 2021) et un guide des insectes de France et d'Europe (Dierl, Ring 2014) . La clé de Jardibiodiv présente des niveaux de précision très différentes en fonction des taxons considérés, mais permet une identification simple et à portée de tous.

III.1.2. Echantillonnage

Les sites Evolville figurent ci-dessous (figure 2).

3 pièges sont posés par site, disposé de manière aléatoire autour d'un point à proximité du transect des relevés floristiques Evolville.

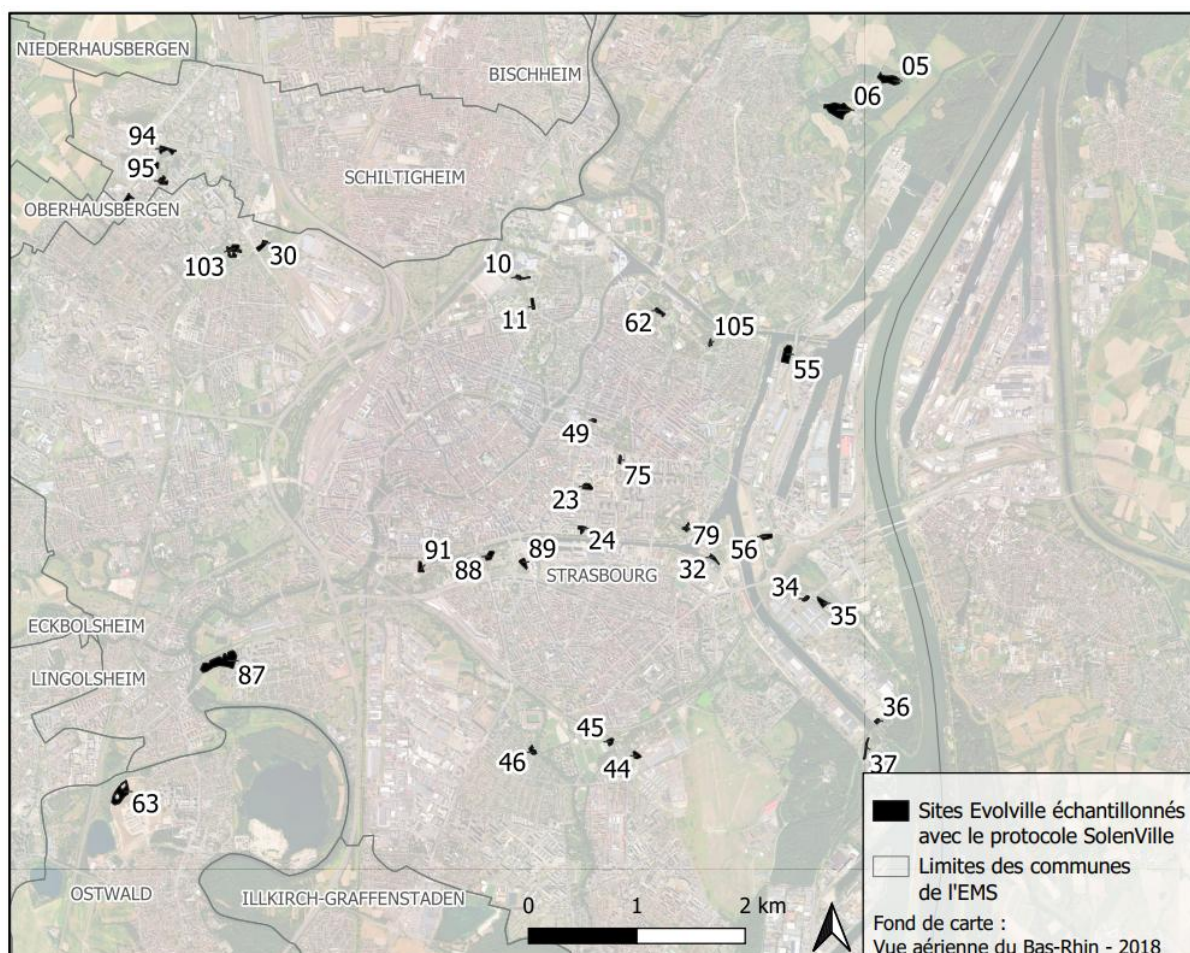


Figure 2 : Carte des sites Evolville où le protocole a été appliqué.

Parmi les 60 sites Evolville, 33 ont été échantillonnés. Parmi ces sites, 25 ont été échantillonnés, ou partiellement, par les étudiants de L2 BCPO de la faculté des Sciences de la Vie de l'Université de Strasbourg dans le cadre d'une séance de travaux pratiques. Ces relevés ont été complétés puis élargies à des sites qui n'avaient pas été considéré dans le cadre de ce TP.

III.2. Logiciels utilisés et analyses

III.2.1. Indices calculés et Analyses statistiques

Pour répondre aux hypothèses 18 indices ont été sélectionnés (Tab. I). Parmi eux, le nombre de voisins et la distance moyenne des voisins est mesuré pour vérifier l'effet du contexte local et la possibilité que les parcelles puissent agir comme un ensemble et favoriser leur richesse taxonomique (Cook 2002). Le pourcentage d'espaces verts et l'indice de forme du paysage sont mesurés à 3 niveaux différents, dans un rayon de 100, 500 et 1000m, ce choix a été fait suite à des difficultés à trouver un consensus dans la bibliographie (Milano 2017 ; Querner et al. 2013). L'indice d'agrégation et la densité du bâti sont utilisés pour caractériser la morphologie urbaine (Tran et al. 2014).

Tableau I : Abréviations et descriptions des indices utilisés durant l'étude

Abréviation	Description de l'Indice
AGE	Age du patch en mois (H2).
PERIM	Périmètre du patch (H2).
AREA	Aire du patch (H2).
SHAPE	Indice de forme : s'il est égal à 1 cela signifie que la forme est régulière, compacte, proche d'un carré. Plus la valeur augmente plus la forme devient irrégulière (H2).
NB_V	Nombre de voisins de la parcelle dans un rayon de 30m (H2).
Mean_D	Distance moyenne aux voisins de la tache dans un rayon de 30m (H2).
pour_Veg	Pourcentage de recouvrement végétale, est estimé à l'œil sur les parcelles SçP échantillonnées (H2).
RT	Richesse taxonomique (H1,2)
HT	Diversité Taxonomique de Shannon (H1,2)
DT	Diversité Taxonomique de Simpson (H1,2)
ET	Indice d'équitabilité taxonomique de Shannon
EV_100	Pourcentage d'espaces verts (EV) dans la matrice paysagère, il est calculé pour un rayon de 100, 500 et 1000m autour du point d'échantillonnage (H2). Il est aussi calculé pour les quartiers (H4)
EV_500	
EV_1000	
LSI_100	Indice de forme du paysage : $LSI \geq 1$, plus sa valeur augmente plus le paysage est fragmenté, il est calculé pour un rayon de 100, 500 et 1000m
LSI_500	
LSI_1000	
D_EAU	Distance à la bordure de la surface en eau la plus proche (H2)
IA_B	Indice d'agrégation du bâti (H4)
D_B	Densité du Bâti (H4)
SOCIALE	Part de l'ensemble des prestations sociales sur le revenu disponible (H4)
PROPRI	Pourcentage de résidences principales occupées par les propriétaires (H4)
MAISON	Pourcentage de résidences principales de type Maison (H4)

Avec ces indices les analyses suivantes ont pu être effectuées : ACP, AFC, CAH, comparaison de moyenne (test t et test de Mann-Witney) et des régressions linéaires (méthode du moindre carré).

III.2.2. Logiciels et packages

Toutes les cartes présentées dans ce rapport ont été réalisées avec QGIS (QGIS association 2022). Les analyses statistiques sont réalisées avec R (R Core Team 2021), les packages FactomineR (Le, Josse, Husson 2008) et Factoextra (Kassambara, Mundt 2020) pour les ACP et AFC et explor (Barnier 2021) pour leurs mises en forme, le package vegan (Oksanen et al. 2020) pour le calcul des indices de communauté, et le package GraphR (Maxime 2011) pour la mise en forme des boxplots et des régressions linéaires. Enfin les indices paysagers ont été calculés à l'aide de Fragstats (Mcgarigal, Ene 2014).

IV. Résultats

Une AFC a été réalisée sur les relevés taxonomiques, celle-ci a été couplée à une classification ascendante hiérarchique. Cette dernière semble pertinente à 2 niveaux de classification qui ont été conservés et représentés en figure 3.

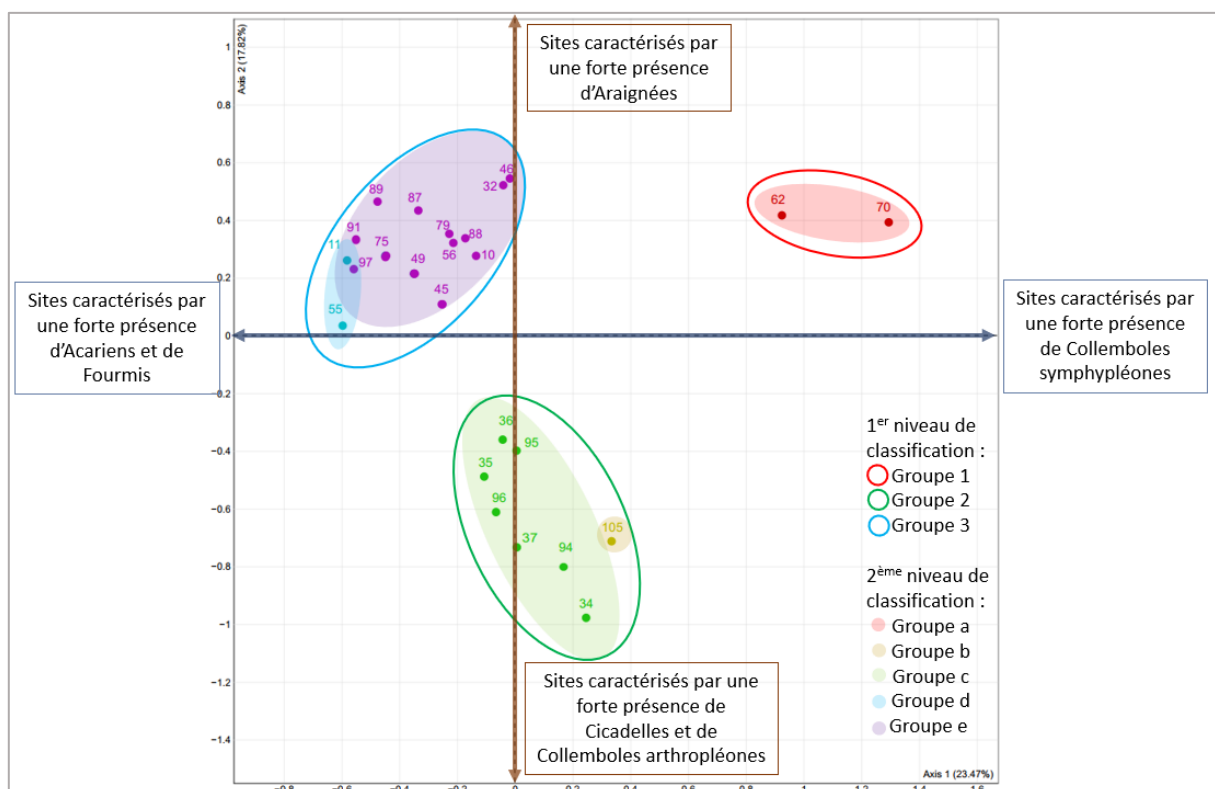
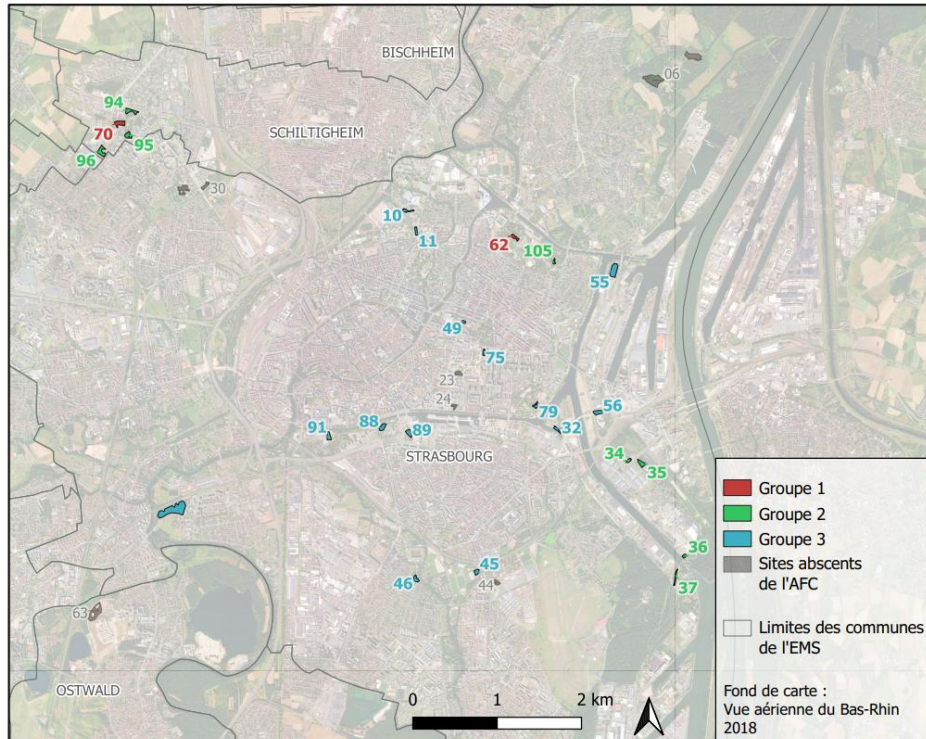


Figure 3 : plan factoriel des sites Evolville de l'AFC réalisé sur les échantillons de pédofaune, avec représentation des groupes obtenus par CAH.

Cette AFC permet de mettre en évidence 3 groupes. Un premier groupe se caractérise par la forte présence de collemboles symphypléones. Un second groupe par la forte présence de cicadelles et de collemboles arthropléones, et enfin un 3^{ème} groupe serait caractérisé par la présence d'acadiens et de fourmis, mais la proximité de ce groupe à l'origine ne permet pas de déduire ses caractéristiques avec certitudes (fig. 4).

a



b

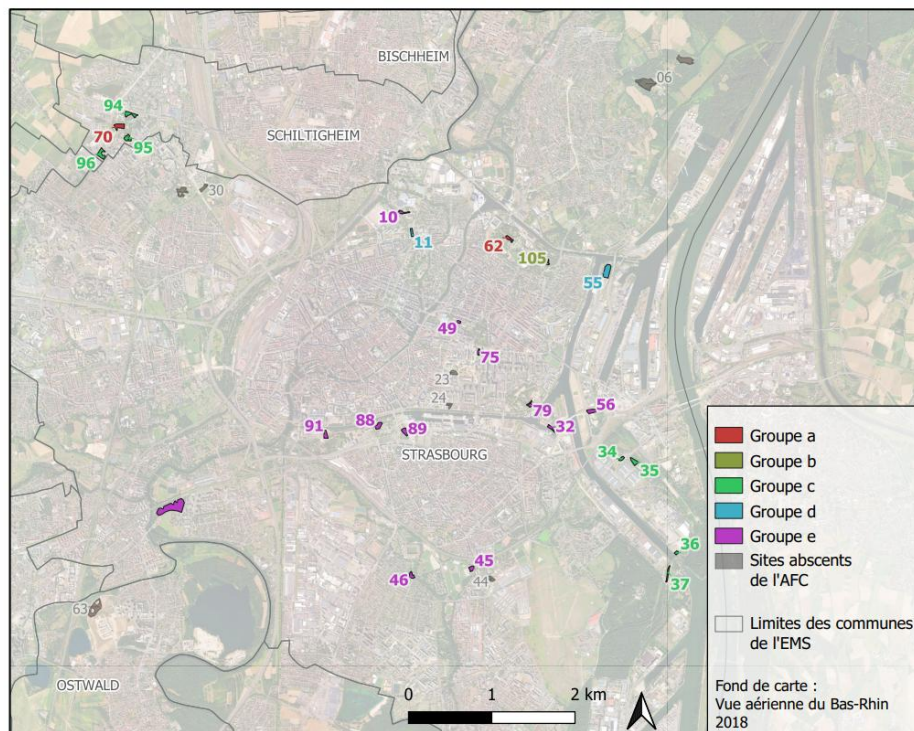


Figure 4 : représentation cartographique des groupes obtenus par CAH au 1^{er} (a) et 2^{ème} (b) niveau de classification.

Il est difficile de percevoir au premier abord une logique spatiale dans la répartition des communautés.

Les données concernant les sites étant lacunaire, seul un questionnement autour de la fréquence de fauche a pu être développé. Dans le cadre de cette AFC, le même plan factoriel a été réalisé en y représentant la valeur de fréquence de fauche (figure 5).

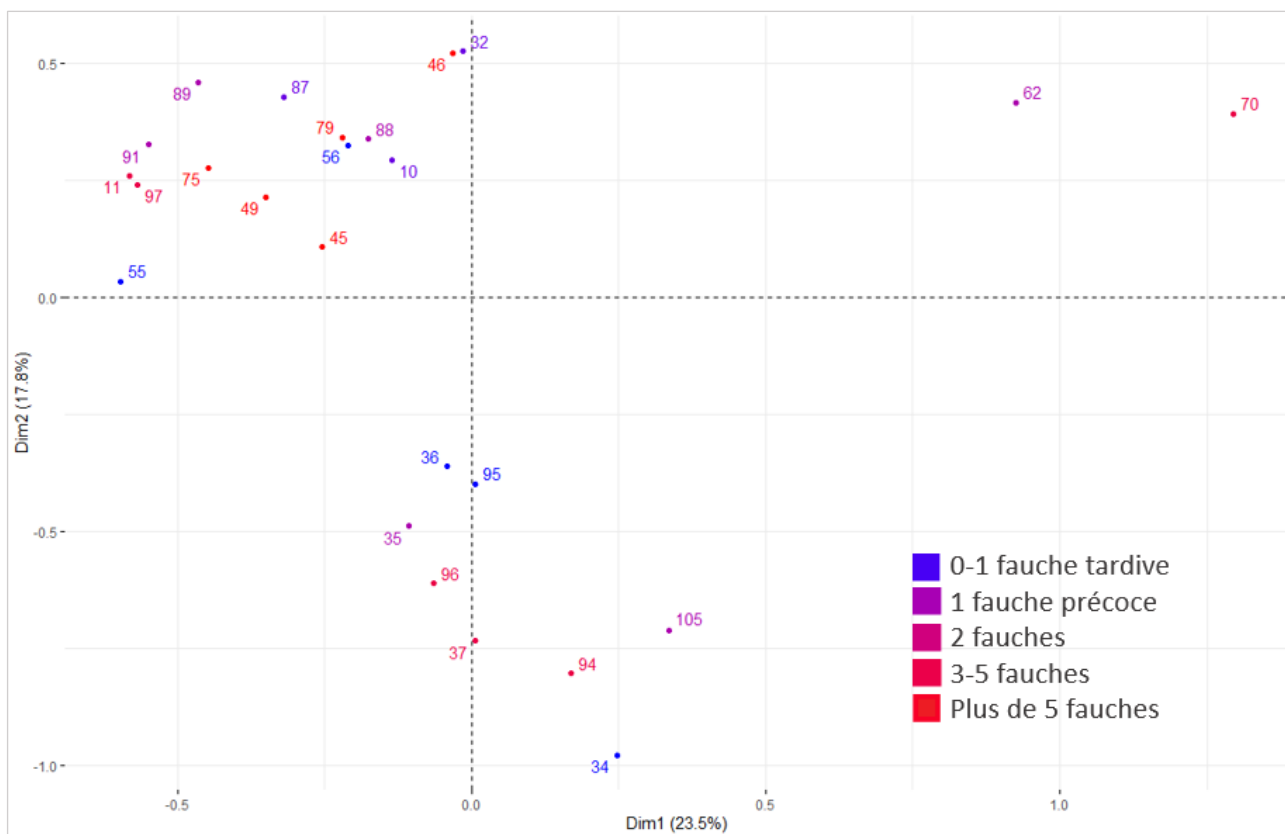


Figure 5 : Plan factoriel des sites avec représentation du nombre de fauches

Aussi, l'impact de la fréquence de fauche ainsi que d'autres paramètres ont été évalué par le concours de différentes analyses statistiques, dont les résultats sont résumés dans le tableau II.

Tableau II : récapitulatif des tests statistiques réalisés

Tests réalisés	Variabiles expliquées	Variabiles explicatives	Statistiques du test	P valeurs
Test de comparaison de moyenne	Richesse taxonomique en pédofaune	Nombre de fauche par an	$\text{Chi}^2 = 3,36$	$P = 0,49$
Test de comparaison de moyenne	Diversité taxonomique de Simpson en pédofaune	Nombre de fauche par an	$\text{Chi}^2 = 2,4$	$P = 0,36$
Test de comparaison de moyenne	Richesse taxonomique en pédofaune	Ph estimé avec les indices d'Ellenberg	$W = 27,5$	$P = 0,33$
Test de comparaison de moyenne	Diversité taxonomique de Simpson en pédofaune	Ph estimé avec les indices d'Ellenberg	$W = 25$	$P = 0,31$
Régression linéaire	Richesse taxonomique en pédofaune	Richesse spécifique en espèces végétales	$F = 0,45$	$P = 0,51$
Régression linéaire	Diversité taxonomique de Simpson en pédofaune	Richesse spécifique en espèces végétales	$F = 0,6$	$P = 0,62$
Régression linéaire	Richesse taxonomique en pédofaune	Diversité spécifique de Shannon en espèces végétales	$F = 0,51$	$P = 0,48$
Régression linéaire	Diversité taxonomique de Simpson en pédofaune	Diversité spécifique de Shannon en espèces végétales	$F = 0,53$	$P = 0,49$
Régression linéaire	Richesse taxonomique en pédofaune	Diversité spécifique de Simpson en espèces végétales	$F = 0,85$	$P = 0,36$
Régression linéaire	Diversité taxonomique de Simpson en pédofaune	Diversité spécifique de Simpson en espèces végétales	$F = 0,72$	$P = 0,58$

Les variables explicatives sont issues des données obtenues par l'équipe d'Evolville (Muratet, Hardion, Baubon 2021). L'humidité et l'exposition n'ont pas été testé par manque de variabilité entre les sites concernés.

Aucune relation significative n'est mise en lumière.

V. Discussion

Les groupes de L'AFC ne peuvent pas, avec les données actuellement récoltées, être réellement expliqués. En effet aucune logique ne semble émaner de la fréquence de fauche, ni de la richesse et de la diversité en pédofaune. De même une fois représenté spatialement, on ne peut pas affirmer de manière certaine l'influence du contexte paysager, même si on peut constater que les groupes 1 et 2 se retrouvent plus en périphérie, là où le groupe 3 semble plus « urbain ». Cette observation n'a pu être testée car les données cartographiques disponibles manquaient de précision mais il serait intéressant d'approfondir ces notions. Cependant, à noter que certaines zones viennent contrebalancer ces observations : Dans le secteur de Cronenbourg, les sites 94, 95, 96 sont dans le groupes 2, mais, au centre de ces sites, le site 70 fait partie du groupe 1, avec donc une communauté qui diffère sans explications apparentes dans notre jeu de donnée. De même pour les sites 56 (Groupe 3), 34, 35, 36, 37 (Groupe 2).

Aussi, les taxons présentés dans l'AFC (Araignée, Acariens, Fourmis, Cicadelles, Collemboles) ne permettent pas de déduire de réelle différences d'environnements, si on n'a pas d'informations concernant les espèces considérées. Il s'agit là d'une critique générale pouvant être soumise au protocole JardiBiodiv (Auclerc, Blanchart, Vincent 2019).

Enfin toutes les relations testées sont non-significatives. Ainsi il faut se questionner sur la justesse des variables choisies qui ne sont peut-être pas les meilleurs pour expliquer les communautés de la faune du sol. Par exemple des données plus précises concernant les caractéristiques physicochimiques du sol pourraient être une piste d'amélioration, avec des données sur le Ph, d'exposition, d'humidité plus précise que celles obtenues par les indices d'Ellenberg. Aussi, les données lacunaires n'ont pas permis de tester toutes les relations qui auraient dû l'être et à demander de tester certaines sur un échantillon restreint.

De plus, le protocole choisi n'est pas le plus adéquat pour mesurer correctement la communauté en pédofaune d'une prairie. Il aurait été plus adapté de réaliser une série de transect (Hohbein, Conway 2018) qui permettent de mieux caractériser la communauté totale et éviter les biais locaux. Par exemple si les pièges se trouvent à proximité d'une fourmilière ou qu'un individu a pondu à proximité cela va influencer le contenant du pot. Ici les pièges étant placés dans un secteur très restreint si on compare à la surface des prairies concernées, on se retrouve avec des influences locales et un manque de représentativité de l'ensemble de la prairie. Ces biais peuvent expliquer les difficultés à percevoir des différences à l'échelle de l'ensemble des sites.

Enfin, certains sites ont été échantillonné/partiellement échantillonné par des étudiants au cours de travaux pratiques en avril 2022, la ou les prélèvements réalisés dans le cadre de cette étude ont été effectués en Juin/Juillet 2022. Les changements saisonniers constituent là un biais.

Pour conclure, le nombre de biais et surtout leurs influences supposées fortes sur les résultats, ne permettent pas d'obtenir des conclusions solides. Il faudrait alors refaire une étude similaire avec un nouveau protocole d'échantillonnage et ce sur une période moins longue pour éviter des effets saisonniers. Il faut aussi compléter les données manquantes concernant les prairies pour bien caractériser l'ensemble des sites échantillonnées. Enfin, un des objectifs initiaux était de caractériser l'effet des pollutions du sol aux métaux lourds sur la pédofaune, mais le manque de données a poussé à l'abandon de cet aspect, qui serait intéressant de venir compléter dans une étude prochaine.

BIBLIOGRAPHIE

ADHIKARI, Kabindra et HARTEMINK, Alfred E., 2016. Linking soils to ecosystem services — A global review. *Geoderma*. janvier 2016. Vol. 262, pp. 101-111. DOI 10.1016/j.geoderma.2015.08.009.

AFES et BAIZE, Denis, 2009. *Référentiel pédologique 2008*. [en ligne]. Editions Quae. [Consulté le 13 avril 2022]. ISBN 978-2-7592-0185-3. Disponible à l'adresse: <https://univ-scholarvox-com.passerelle.univ-rennes1.fr/book/41001066>

AUCLERC, A, BLANCHART, Anne et VINCENT, Quentin, 2019. Jardibiodiv, un outil de sciences participatives sur la biodiversité des sols urbains. *Etude et Gestion des Sols*. 2019. pp. 17.

AUCLERC, Apolline, 2021. *Découvrir les invertébrés vivant à la surface du sol Ed. 1*. [en ligne]. Editions Quae. [Consulté le 7 avril 2022]. ISBN 978-2-7592-3267-3. Disponible à l'adresse: <https://univ-scholarvox-com.passerelle.univ-rennes1.fr/book/88908884>

BARNIER, Julien, 2021. *explor: Interactive Interfaces for Results Exploration*. [en ligne]. version 0.3.9. Disponible à l'adresse: <https://CRAN.R-project.org/package=explor>

BLANCHART, Anne, 2018. *Vers une prise en compte des potentialités des sols dans la planification territoriale et l'urbanisme opérationnel*. [en ligne]. Université de Lorraine. Disponible à l'adresse: <https://hal.univ-lorraine.fr/tel-02075744/document>

BLANCHART, Anne, SERE, Geoffroy, CHEREL, Johan, WAROT, Gilles, STAS, Marie, CONSALES, Jean Noël et SCHWARTZ, Christophe, 2017. Contribution des sols à la production de services écosystémiques en milieu urbain – une revue. *Environnement Urbain / Urban Environment*. [en ligne]. 2 mars 2017. No. Volume 11. [Consulté le 11 avril 2022]. Disponible à l'adresse: <http://journals.openedition.org/eue/1809>

CHEREL, Johan, SERE, Geoffroy, BOITHIAS, Laetitia, WAROT, Gilles, SCHWARTZ, Christophe et MORANDAS, Patrice, 2017. *Destisol : Les sols, une opportunité pour un aménagement durable*. 2017. ADEME.

COOK, Edward A, 2002. Landscape structure indices for assessing urban ecological networks. *Landscape and Urban Planning*. 15 février 2002. Vol. 58, no. 2, pp. 269-280. DOI 10.1016/S0169-2046(01)00226-2.

DIERL, Wolfgang et RING, Werner, 2014. *Insectes de France et d'Europe*. Nouvelle éd. Paris: Delachaux et Niestlé. ISBN 978-2-603-02033-3. 595.709 4

GUILLAND, C, MARON, P-A, DAMAS, O et RANJARD, L, 2018. La biodiversité des sols urbains au service des villes durables. *Etude et Gestion des Sols*. 2018. pp. 20.

jardibiodiv - Protocole d'échantillonnage, 2022. [en ligne]. [Consulté le 4 juin 2022]. Disponible à l'adresse: <http://ephytia.inra.fr/fr/C/25129/jardibiodiv-Protocole-d-echantillonnage>

jardibiodiv, 2022. [en ligne]. [Consulté le 4 juin 2022]. Disponible à l'adresse: <http://ephytia.inra.fr/fr/D/9851>

JOIMEL, Sophie, CORTET, Jerome, JOLIVET, Claudy C., SABY, Nicolas, CHENOT, Elodie-Denise, BRANCHU, Philippe, CONSALES, Jean-Noël, LEFORT, Clémence, MOREL, Jean-Louis et SCHWARTZ, Christophe, 2016. Physico-chemical characteristics of topsoil for contrasted forest, agricultural, urban and industrial land uses in France. *Science of the Total Environment*. 2016. Vol. 545, pp. np. DOI 10.1016/j.scitotenv.2015.12.035.

JOIMEL, Sophie, SCHWARTZ, Christophe, HEDDE, Mickaël, KIYOTA, Sayuri, KROGH, Paul Henning, NAHMANI, Johanne, PÉRÈS, Guénola, VERGNES, Alan et CORTET, Jérôme, 2017. Urban and industrial land uses have a higher soil biological quality than expected from physicochemical quality. *Science of The Total Environment*. 15 avril 2017. Vol. 584-585, pp. 614-621. DOI 10.1016/j.scitotenv.2017.01.086.

KASSAMBARA, Alboukadel et MUNDT, Fabian, 2020. *factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses*. [en ligne]. version 1.0.7. Disponible à l'adresse: <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>

LE, Sébastien, JOSSE, Julie et HUSSON, François, 2008. *FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis*. [en ligne]. Disponible à l'adresse: 10.18637/jss.v025.i01

LECORNU-BAERT, Nathalie, 2021. Caen. D'ici deux ans, le bitume va reculer de 4 hectares en ville. *Ouest-France.fr*. [en ligne]. 22 mars 2021. [Consulté le 23 mai 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.ouest-france.fr/normandie/caen-14000/caen-d-ici-deux-ans-le-bitume-va-reculer-de-4-hectares-en-ville-c4697ce6-8b19-11eb-8ed5-8eddbb5539e5>

LONG, Nathalie et LEVEILLER, Thomas, 2016. Comment les politiques d'urbanisation se traduisent-elles dans le paysage urbain : une approche par les métriques spatiales. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*. [en ligne]. 19 septembre 2016. No. Volume 16 numéro 2. [Consulté le 31 mai 2022]. DOI 10.4000/vertigo.17666.

MAXIME, Hervé, 2011. *Grapher: a multiplatform GUI for drawing customizable graphs in R*.

MAZOYER, Annabelle, 2018. Analyse sociologique de l'émergence du phénomène des ruelles vertes sur l'Île de Montréal. . 2018. pp. 133.

MCGARIGAL, Kevin et ENE, Eduard, 2014. *Fragstats : a spatial pattern analysis program for categorical maps*. version 4.2.598.

MEA, 2005. *Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-being 5*. Island Press Washington. Washington, DC.

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE, 2022. Artificialisation des sols. *Ministère de la Transition écologique*. [en ligne]. 2022. [Consulté le 21 mai 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.ecologie.gouv.fr/artificialisation-des-sols>

OKSANEN, Jari, BLANCHET, Guillaume, FRIENDLY, Michael, KINDT, Roeland, LEGENDRE, Pierre, MCGLIN, Dan, MINCHIN, Peter, SIMPSON, Gavin, SOLYMOS, Peter, STEVENS, Henry, SZOECs, Eduard et WAGNER, Helene, 2020. *vegan: Community Ecology Package*. [en ligne]. version 2.5.7. Disponible à l'adresse: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

QGIS ASSOCIATION, 2022. *QGIS.org*. [en ligne]. Disponible à l'adresse: <http://www.qgis.org>

R CORE TEAM, 2021. *R: A language and environment for statistical computing*. [en ligne]. Vienne, Autriche: R Foundation for Statistical Computing. Disponible à l'adresse: <https://www.R-project.org/>

RENNES METROPÔLE, 2022. Jardiner en ville. [en ligne]. 2022. [Consulté le 5 juin 2022]. Disponible à l'adresse: <https://metropole.rennes.fr/jardiner-en-ville>

ROUEN.FR, 2022. Renaturation - Déminéralisation des espaces publics | Rouen.fr. [en ligne]. 2022. [Consulté le 23 mai 2022]. Disponible à l'adresse: <https://rouen.fr/renaturation-demineralisation>

SAINT-LAURENT, Diane, 2005. Approches biogéographiques de la nature en ville : parcs, espaces verts et friches. *Cahiers de géographie du Québec*. 12 avril 2005. Vol. 44, no. 122, pp. 147-166. DOI 10.7202/022900ar.

SCHWARTZ, Christophe, SÉRÉ, Geoffroy, STAS, Marie, BLANCHART, Anne, MOREL, Jean-Louis et CONSALÈS, Jean-Noël, 2015. Quelle ressource Sol dans les villes pour quels services et quels aménagements ? *Innovations Agronomiques*. 2015. Vol. 45, pp. 1-11. DOI 10.15454/1.4622645463078948E12.

STRENGER, Carlo, 2003. The Bobo Dilemma: Psychotherapeutic Reflections on a Contemporary Myth. *American Journal of Psychotherapy*. avril 2003. Vol. 57, no. 2, pp. 252-269. DOI 10.1176/appi.psychotherapy.2003.57.2.252.

TRAN, Dong-Binh, PIOMBINI, Arnaud, IGNATOWICZ, Michal, MORENO, Diego, FRIGUI, Rassil, AGUILÉRA, Anne et BADARIOTTI, Dominique, 2014. Morphologie urbaine et mobilité dans la Communauté Urbaine de Strasbourg. *Cybergeo: European Journal of Geography*. [en ligne]. 23 décembre 2014. [Consulté le 31 mai 2022]. DOI 10.4000/cybergeo.26665.

Résumé

La ville de Strasbourg, comme la majorité des villes, voit son urbanisation croître et s'intensifier. Ce qui pose de nombreuses questions environnementales. Les sols, étant la surface où se développent à la fois les activités humaines et un bon nombre d'écosystèmes, sont particulièrement touchés par de telles problématiques, et sa capacité à répondre et supporter les services écosystémiques se voit dangereusement diminué. Par la pose de piège barber cette étude montre que les communautés des espaces SçP dépendent de la surface des parcelles et du contexte paysager local. Après une étude sur les sites Strasbourg ça pousse (une initiative de descellement des sols urbains), les sites de l'observatoire des prairies urbaines ont été explorés. Il a manqué divers facteurs explicatifs pour pousser l'étude au bout après échantillonnage.

Mots-clés : Sol, Urbain, végétalisation, observatoire prairies urbaines