HAL
open science

# Jardibiodiv, un outil de sciences participatives sur la biodiversité des sols urbains

A. Auclerc, Anne Blanchart, Quentin Vincent

## To cite this version:

A. Auclerc, Anne Blanchart, Quentin Vincent. Jardibiodiv, un outil de sciences participatives sur la biodiversité des sols urbains. Étude et Gestion des Sols, 2019, 26. hal-02972200

**HAL Id: hal-02972200**

**https://hal.univ-lorraine.fr/hal-02972200v1**

Submitted on 20 Oct 2020

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

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

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

**Numéro spécial**
Communiquer et sensibiliser le grand public aux sols

# Jardibiodiv, un outil de sciences participatives sur la biodiversité des sols urbains

A. Auclerc(1*, **), A. Blanchart(2*) et Q. Vincent(2,3)

1) Laboratoire Sols et Environnement (UMR 1120), Université de Lorraine, Inra, 2 avenue de la forêt de Haye, BP 20163, 54505 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex - France
2) Entreprise Sol &co, Nancy - France
3) Laboratoire d'écologie végétale et microbienne, InBios, Université de Liège, Liège - Belgique

*Ces deux auteures ont contribué à niveau égal à l'écriture de cette publication.

** : Auteur correspondant : apolline.auclerc@univ-lorraine.fr

**RÉSUMÉ**

Dans un contexte d'érosion de la biodiversité (IPBES, 2019), un certain nombre de questionnements se posent sur la biodiversité des sols urbains. Alors que l'écosystème urbain intègre l'Homme et toutes les perturbations qu'il peut induire, il est important de réaliser un travail d'inventaire et de dénombrement des organismes vivant à la surface des sols urbains. De même apparaît la nécessité de transférer les connaissances scientifiques vers les citoyens pour les sensibiliser et les responsabiliser en leur permettant de mieux observer et connaître l'écosystème qui les entoure. Développer un outil numérique et autonome de sciences participatives autour de la biodiversité des sols urbains semble alors être une solution idéale pour mettre en lien les chercheurs et les acteurs du monde urbain en intégrant l'acquisition de données et la sensibilisation. Jardibiodiv est ainsi né en 2017, avec pour objectif d'inventorier et dénombrer de manière ludique et grâce à la participation du plus grand nombre, les invertébrés vivant en surface du sol. Cet outil est ainsi composé de : deux protocoles simples, une aide à l'identification des organismes, des fiches de description des organismes du sol, ainsi que des formulaires à remplir en ligne http://ephytia.inra.fr/fr/P/165/jardibiodiv. Il est ainsi proposé à l'utilisateur d'observer les organismes pouvant se cacher sous différents habitats (pierre, tas de bois) ou de placer un gobelet dans le sol pour les capturer. Toutes ces observations sont ensuite envoyées aux chercheurs pour qu'ils puissent évaluer l'impact des pressions sur la biodiversité des sols en milieu urbain et trouver des solutions pour conserver cette biodiversité. Cet outil

Comment citer cet article :
*Auclerc A., Blanchart A., et Vincent Q., 2019 - Jardibiodiv, un outil de sciences participatives sur la biodiversité des sols urbains, Etude et Gestion des Sols, 26, 195-209*

Comment télécharger cet article :
*https://www.afes.fr/publications/revue-etude-et-gestion-des-sols/volume-26/*

Comment consulter/télécharger tous les articles de la revue EGS :
*https://www.afes.fr/publications/revue-etude-et-gestion-des-sols/*

évolue constamment en lien avec le développement de nouvelles collaborations et en fonction des besoins et des demandes de chacun dans une véritable approche de co-construction.

**Mots clés**
Faune du sol, sol urbain, sciences participatives.

***SUMMARY***
***JARDIBIODIV, A CITIZEN SCIENCE TOOL ON URBAN SOIL BIODIVERSITY***

*In a context of biodiversity erosion (IPBES, 2019), a number of questions are currently being asked about soil biodiversity in urban areas. While the urban ecosystem integrates humans and all the disturbances they can induce, it is important to carry out a work of soil organisms' quantification and knowledge transfer to citizens in order to increase their awareness and make them more responsible by allowing them to better observe and understand the ecosystem around them. Developing a digital and autonomous citizen science tool on urban soil biodiversity seemed to be an ideal solution to connect researchers and urban soil users (e.g. citizens, gardeners, market gardeners, architects-urbanists, policy makers) by integrating data acquisition and awareness rising. Jardibiodiv was born in 2017, with the objective of quantifying the soil surface-dwellers invertebrates following a fun activity and with the participation of as many people as possible. Several elements are available in this tool: 2 simple protocols, a taxonomic identification assistance tool, several organism description forms, and forms to fill online to directly send observation to the scientist http://ephytia.inra.fr/en/P/165/JardiBiodiv. Each user has the choice to observe the organisms hidden under small habitats (stones, wood residues), or to install a cup buried into the soil to catch the organisms. Thanks to the users' observation, scientists can quantify the impact of pressures on soil biodiversity in urban areas and find solutions to conserve soil biodiversity. This tool is constantly evolving through new collaborations' development and depending of the users' needs following a process of co-construction.*

***Key-words***
*Soil fauna, urban soil, citizen science tool.*

***RESUMEN***
***JARDIBIODIV, UNA HERRAMIENTA DE CIENCIA PARTICIPATIVA SOBRE LA BIODIVERSIDAD DE LOS SUELOS URBANOS***

*En un contexto de erosión de la biodiversidad (IPBES, 2019), se plantea una serie de cuestionamientos sobre la biodiversidad de los suelos urbanos. Mientras que el ecosistema urbano integra el Hombre y todas las perturbaciones que puede inducir, es importante realizar un trabajo de inventario y de relevamiento de los organismos vivos a la superficie de los suelos urbanos. Igualmente aparece necesario transferir los conocimientos científicos a los ciudadanos para sensibilizarles y responsabilizarles permitiéndoles observar mejor y conocer el ecosistema que les rodea. Desarrollar una herramienta numérica y autónoma de ciencias participativas en torno a la biodiversidad de los suelos urbanos parece como una solución ideal para poner en relación los investigadores y los actores del mundo urbano integrando la adquisición de datos y la sensibilización. Jardibiodiv nació en 2017, con objetivos inventariar y contar de manera lúdica y gracias a la participación de muchos, los invertebrados vivos en superficie del suelo. Esta herramienta se compone de: dos protocolos simples, una ayuda a la identificación de los organismos, fichas de descripción de los organismos del suelo, así como formularios para rellenar en línea http://ephytia.inra.fr/fr/P/165/jardibiodiv. Se propone así al usuario observar organismos que pueden esconderse bajo diferentes hábitats (piedra, pila de leña) o poner un vasito en el suelo para capturar los organismos. Luego se mandan todas estas observaciones a investigadores para que puedan evaluar el impacto de las presiones sobre la biodiversidad de los suelos en medio urbano y buscar soluciones para conservar esta biodiversidad. Esta herramienta evoluciona contantemente en relación con el desarrollo de nuevas colaboraciones y en función de las necesidades y de las demandas de cada uno en un verdadero planteamiento de co-construcción.*

***Palabras clave***
*Fauna del suelo – suelos urbanos – ciencias participativas.*

Les projets de recherche soulignent que les sols, y compris ceux des milieux urbains, sont aptes à fournir un éventail de services aux sociétés humaines, dépendants de leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques (Morel *et al*., 2014 ; Levin *et al*., 2017). À titre d'exemple, les sols urbains sont capables d'infiltrer l'eau, de produire de la biomasse à vocation alimentaire ou non alimentaire, mais surtout, d'être le support de bâtiments et d'infrastructures (Adhikari et Hartemink, 2015). De plus, selon le récent rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), il s'avère que les sols, y compris ceux des milieux urbains, constituent une ressource essentielle pour faire face au changement climatique (GIEC, 2019). Les travaux en sciences du sol tendent également à montrer que les milieux urbains sont constitués non pas d'un sol mais de plusieurs sols, dont les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques peuvent fortement différer (Joimel *et al.,* 2017 ; Blanchart, 2018). Certains sols en milieu urbain sont, par exemple, qualifiés de Technosols car présentant dans leurs premiers horizons des traces d'activités humaines (WRB, 2014). D'autres, comme par exemple de nombreux sols de jardins privés ou de parcs urbains, admettent des propriétés agronomiques proches de celles des sols agricoles ou forestiers voisins (Joimel *et al*., 2016 ; Blanchart, 2018).

Au travers des nombreux usages donnés aux sols par les sociétés humaines au sein des villes, il pourrait être supposé que ces écosystèmes abritent une faible diversité d'organismes - rejoignant le concept d'érosion de la biodiversité comme démontré par l'IPBES (2019) - et/ou une biodiversité particulière, *via* son adaptation à des perturbations anthropiques récurrentes (*e.g.* chantiers, pollutions, érosion et imperméabilisation des sols, discontinuité de la trame brune par fragmentation des habitats). Il n'existe en fait que très peu de données scientifiques à ce jour pour répondre précisément à ces interrogations (Guilland *et al*., 2018). De plus, il s'avère que la biodiversité du sol semble peu prise en compte par les professionnels de l'aménagement du territoire (Blanchart, 2018). En effet, si depuis quelques années le développement de projets urbains intègre un diagnostic faune – flore (trame verte et bleue), il s'avère que ces diagnostics considèrent peu le compartiment « sol » (IAU IdF, 2014 ; FRB, 2018 ; Barot *et al*., 2019). Ceci pourrait s'expliquer en grande partie par une faible connaissance des organismes qu'ils abritent et du rôle de ces organismes dans le fonctionnement des sols et des sociétés humaines. Ce constat s'avère également vrai pour le « grand public » en général. En effet, même si certains citoyens s'intéressent à la biodiversité des sols, y sont sensibilisés et la considèrent dans leurs pratiques de jardinage par exemple (*e.g*. dans les pratiques de permaculture en plein essor), il semblerait que la majorité des urbains n'ait une connaissance que très partielle des sols et de leur biodiversité. Et pourtant, il est prouvé que les organismes des sols jouent des rôles fondamentaux dans le fonctionnement de ceux-ci et donc pour la viabilité des sociétés humaines. Ils permettent la décomposition de la matière organique (*e.g.* recyclage, fertilité des sols), la structuration du sol et la régulation des populations (*e.g.* prédation, activation des micro-organismes), offrant ainsi un nombre important de services à l'Homme (Wall *et al.*, 2015 ; Orgiazzi *et al*., 2016). Ainsi, certains scientifiques sont convaincus qu'il est nécessaire de co-construire des projets et des outils avec les acteurs de terrain, qu'ils soient citoyens, jardiniers, élus, ou urbanistes, afin d'aider à la sensibilisation et de pouvoir répondre à des questionnements d'intérêt. Une démarche de partage doit donc être mise en place pour que tous prennent conscience de l'importance de la biodiversité des sols, et ce même en ville.

C'est dans ce contexte qu'a été créé l'outil de sciences participatives Jardibiodiv, qui se focalise sur un type d'organismes du sol facilement accessibles, car visibles à l'œil nu : les invertébrés d'une taille supérieure à 2 mm (macrofaune) de surface, ainsi que les collemboles. En plus d'être un outil de sensibilisation, les questions scientifiques principales auxquelles cet outil voudrait répondre sont les suivantes : (i) y a-t-il une importante biodiversité des sols en ville ? (ii) subit-elle une érosion du fait des différentes perturbations anthropiques fortement présentes en ville ? (iii) jusqu'à quel point ? (iv) quelles seraient les mesures nécessaires à mettre en place par chacun d'entre nous (*e.g.* chercheur, citoyen, urbaniste, élu, jardinier, maraîcher, enseignant, enfant, adulte) pour la préserver ? Il s'agit alors de compiler des données d'occurrences sur les organismes et de récupérer des données sur le lieu d'échantillonnage pour mieux comprendre les pressions qui s'exercent sur la biodiversité ainsi étudiée. À la création de Jardibiodiv, l'écosystème du jardin a été privilégié dans un premier temps, car après quatre années d'enquête auprès du grand public en ville (>10 000 habitants) lors de stands d'animation, nous avons observé un parallèle souvent proposé par les citoyens : la biodiversité des sols et les techniques de jardinage. De plus, l'arrêt de l'autorisation d'utiliser des produits phytosanitaires en jardinage privé (Loi Labbé, 2019) implique aux jardiniers privés de mieux connaître les rôles fournis par la biodiversité des sols, afin d'en tirer profit pour leurs pratiques de jardinage. Le nom Jardibiodiv est ainsi né de ce choix d'écosystème (*i.e.* étude de la biodiversité des jardins). Il a maintenant vocation à s'étendre à d'autres écosystèmes urbains.

## JARDIBIODIV : UN OUTIL DE SCIENCES PARTICIPATIVES pour répondre aux besoins du grand public et acquérir davantage de données pour la recherche scientifique

En 2016, l'Inra a publié une charte relative aux sciences participatives. Elle a été attentivement étudiée pour créer l'outil Jardibiodiv. Dans cette charte, ces sciences sont définies comme « des formes de production de connaissances scientifiques auxquelles des acteurs non-scientifiques-professionnels — qu'il s'agisse d'individus ou de groupes — participent de façon active et délibérée » (charte INRA, 2016).

Plusieurs projets de sciences participatives autour de la biodiversité existent sur le territoire français (https://www.open-sciences-participatives.org/). Par exemple, Vigie Nature (MNHN) propose l'outil Spipoll pour le suivi photographique des insectes pollinisateurs ou encore l'observatoire « Sauvage de ma rue », permettant aux citadins de mieux connaître les plantes sauvages qui poussent dans les rues de leur quartier. Développé dans le cadre du Point-Info Biodiversité du Périgord-Limousin-Angoumois, le projet « Un carré pour la biodiversité » a pour but de garder un espace enherbé pendant toute une saison de végétation, sans intervenir, c'est-à-dire sans tondre et sans apporter d'engrais ni de pesticides. Le but est de favoriser la biodiversité et de récolter des données naturalistes à des fins scientifiques, notamment sur les papillons et les orchidées. À l'instar de Jardibiodiv, l'Observatoire participatif des vers de terre (OPVT) étudie la faune du sol mais se focalise uniquement sur les lombriciens. De même, par la pose de planches au sol, l'Observatoire agricole de la biodiversité (OAB) permet aux agriculteurs de compter certains représentants des organismes du sol (carabes et gastéropodes).

Il est à noter que certains projets, identifiés comme des sciences participatives, ne le sont pas selon la charte INRA, car la production de connaissances scientifiques n'est pas choisie comme le cœur du projet. Selon la charte, il y a plusieurs niveaux de participation des citoyens dans ces projets de sciences participatives : du citoyen comme capteur de données au citoyen-chercheur *(tableau 1).*

Lors de sa création, Jardibiodiv s'est placé au niveau 1 de la co-construction. Ensuite, lors des rencontres de différents acteurs un an après son lancement (*e.g.* enseignants dans le secondaire au sein de lycées généraux et agricoles, maraîchers Bio, animateurs du réseau des Petits Débrouillards), le niveau 3 a été atteint. Enfin, la mise en place d'une collaboration avec le réseau « Tous Chercheurs » a permis d'atteindre récemment le niveau 4 pour lequel la recherche est totalement collaborative dans ses différentes phases (voir paragraphe IV. Premiers résultats).

## JARDIBIODIV : L'OBSERVATOIRE PARTICIPATIF de la biodiversité des sols dans les jardins urbains

### La création de Jardibiodiv

#### Naissance de Jardibiodiv

L'outil Jardibiodiv a vu le jour au printemps 2017, en version papier dans un premier temps. L'approche à suivre pour rendre notre outil attractif a pu être développée grâce à une enquête réalisée pendant quatre ans auprès du grand public lors de stands d'animation tenus lors de manifestations bénévoles auprès des collectivités et associations locales.

Alors que beaucoup d'adultes perçoivent les invertébrés du sol (*e.g.* vers de terre, insectes, araignées) comme répugnants, gluants, sales, *etc.*, les enfants sont souvent curieux, prêts à en savoir plus, ou encore paraissent fascinés. Il s'agissait donc de créer un outil ludique afin de permettre une utilisation en famille par exemple, tout en le rendant autonome pour l'utilisateur (de la récolte des organismes à l'envoi de données) afin d'éviter que le chercheur ne reçoive les échantillons à traiter en laboratoire. Les adultes les plus curieux ont exprimé l'envie et le besoin de connaître le rôle de tous ces organismes. De même, certains enseignants exprimaient un besoin d'aide pour développer des ateliers scientifiques en classe avec leurs élèves. A cette étape d'enquête préliminaire,

**Tableau 1 -** Niveaux de participation des citoyens lors de projets de sciences participatives (issu de la charte INRA, 2016).
***Table 1 -*** *Existing levels in citizen science projects (from INRA charter, 2016).*

| Niveau de participation | Terme associé | Rôle des citoyens |
|---|---|---|
| Niveau 1 | *Crowdsourcing* | les citoyens contribuent comme capteurs de données (*sensors*) |
| Niveau 2 | Intelligence distribuée | les citoyens contribuent à l'interprétation de données |
| Niveau 3 | Science participative | les citoyens contribuent à la définition du problème et à la collecte de données |
| Niveau 4 | Collaboration complète | la recherche est collaborative dans les différentes phases (définition des problèmes, collecte de données, analyse) |

plusieurs éléments nécessaires au bon fonctionnement de l'outil étaient alors définis : (i) l'écosystème qui paraissait le plus attractif à étudier par un plus grand nombre de personnes (*i.e.* jardin), (ii) le choix des informations à transmettre aux citoyens pour qu'ils soient sensibilisés à la diversité et aux rôles des organismes visibles du sol, (iii) quels organismes pourront être facilement observables sans matériel particulier (macrofaune et parfois collemboles) ? (iv) comment le protocole habituellement utilisé en recherche (piège Barber) pouvait devenir accessible à tous (démarche de « do it yourself ») ?

## La phase de test pour valider l'outil

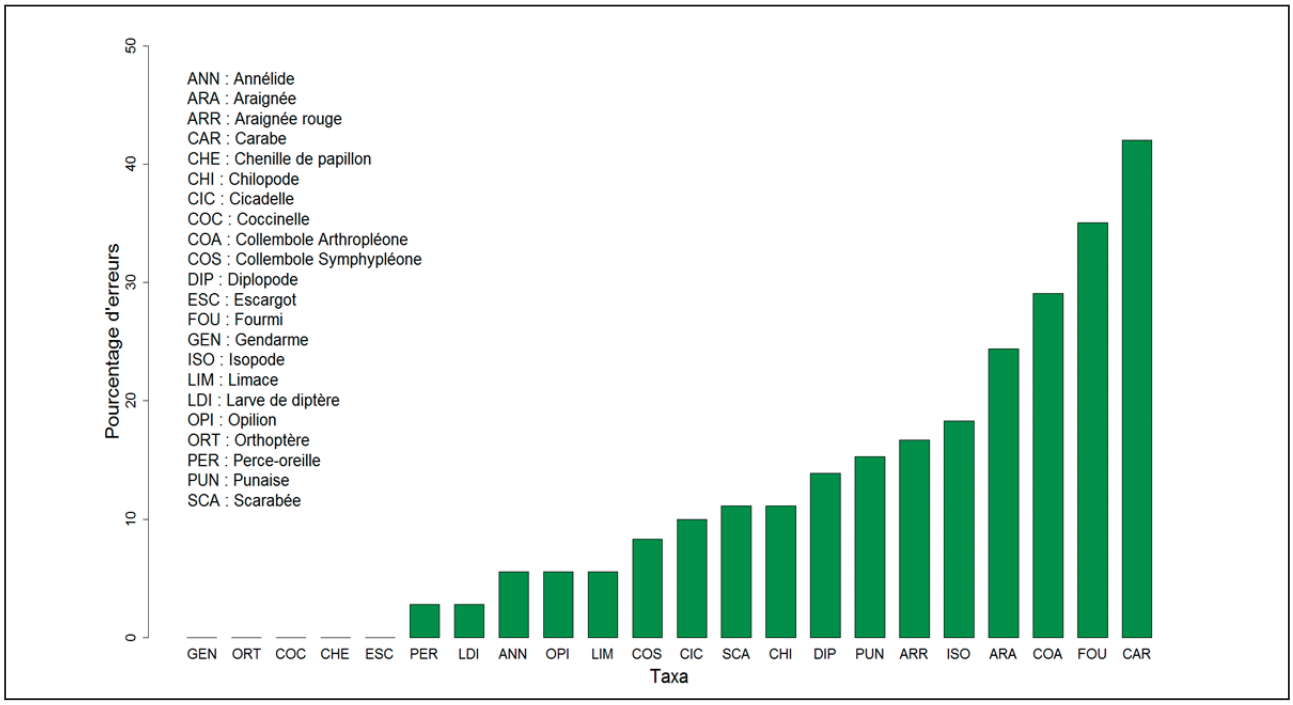
La première version écrite contenait (i) le protocole d'échantillonnage *(qualifié de scientifique par la suite)* (ii) l'aide ludique à l'identification et (iii) les formulaires à remplir (abondance de chaque groupe d'organismes, description du jardin). Une phase de test de terrain a ensuite été réalisée avec 30 personnes contactées *via* un réseau associatif local et des collègues. Il s'agissait dans cette phase de test d'évaluer la compréhension du protocole et des formulaires pour les faire évoluer et les valider, et également de quantifier le taux d'erreur réalisé par l'utilisateur lors de la phase d'identification et le comptage. Les organismes étaient ainsi récoltés par un citoyen (en famille ou non) dans un jardin donné, identifiés et comptés par l'utilisateur dans un premier temps. Après récupération des contenus des verres introduits dans le sol, les mêmes étapes ont été réalisées de notre côté en laboratoire. Il a ainsi été possible de calculer un taux d'erreur sur chaque groupe *(figure 1)*. Il a été constaté que, par exemple, lorsque beaucoup de fourmis sont présentes dans le verre posé dans un jardin, l'usager les compte rarement une à une, il y a donc potentiellement une sous-estimation de l'abondance finale des fourmis. De même si les organismes sont trop petits (certains carabes par exemple), il peut y avoir une erreur d'identification et de comptage.

## Du papier au format numérique

À l'été 2017, l'outil a pu être développé en format numérique grâce à une collaboration avec une équipe INRA à Bordeaux ayant mis en place le site Ephytia http://ephytia.inra.fr/. Cette collaboration a été facilement mise en place entre nos deux laboratoires placés sous tutelle INRA (UMR 1065 Santé et Agroécologie du VignoblE, Bordeaux et UMR 1120 Laboratoire Sols et Environnement, Nancy). Comme différents outils existaient déjà sur leur interface web, ceci a permis d'intégrer rapidement Jardibiodiv et permettre la récupération directe d'une cartographie des données et la création instantanée d'une base de données sur les occurrences des organismes dès qu'un utilisateur remplit un formulaire en ligne. Cette base de données est alors directement utilisable par les chercheurs après export grâce à un accès particulier sur le site.

**Figure 1 -** Taux d'erreur moyen recensé dans le comptage des différents groupes d'organismes (mesuré pour 30 utilisateurs et 30 pièges pendant la phase de test de Jardibiodiv).

***Figure 1****- Mean error rate in quantification for each group of organisms (measured for 30 users and 30 traps during the test period).*



## Présentation des protocoles de Jardibiodiv et de leur mode de réalisation concrète

La description des protocoles proposés par Jardibiodiv

L'objectif des protocoles proposés *via* Jardibiodiv est d'étudier l'abondance et la diversité des organismes visibles vivant en surface des sols de jardins. Les usagers sont cependant libres d'utiliser ces protocoles pour d'autres écosystèmes. Deux protocoles peuvent être suivis sur le lien internet (http://ephytia.inra.fr/fr/P/165/jardibiodiv) : un protocole nommé « jardinier amateur » et un protocole pour « jardinier scientifique ».

Le protocole « jardinier amateur » a été développé avec le souci de demander peu de temps et d'effort à l'usager pour observer la biodiversité (http://ephytia.inra.fr/fr/C/25121/jardibiodiv-Procedure-d-observation-du-Jardinier-Amateur). Il s'agit de soulever des pierres et bois morts, d'utiliser un aspirateur à insectes (que l'on peut fabriquer soi-même) ou d'attraper délicatement, d'identifier et prendre en photo l(es) organisme(s). C'est un protocole simple qui permet d'avoir des données de présence/absence de certains organismes. Il est possible, par récupération de son adresse mail, de contacter l'utilisateur pour l'accompagner dans l'utilisation du protocole présenté ensuite qui permet une meilleure représentativité du milieu étudié.

Le protocole appelé « jardinier scientifique » correspond au protocole testé dans la phase test présentée précédemment ; il s'inspire d'un protocole utilisé en recherche (le piège Barber – *figure 2*). Il s'agit d'étudier les invertébrés vivant en surface du sol pendant sept jours (http://ephytia.inra.fr/fr/C/25128/jardibiodiv-Procedure-d-observation-du-Jardinier-Scientifique). Le protocole est constitué de différentes étapes :

(i) caractérisation du jardin/milieu (taille, paysages environnants, usages, niches potentielles d'organismes au sein du jardin, *etc.*) - à chaque case à remplir par l'utilisateur, une question scientifique se rattache : par exemple, par rapport à la présence de murs autour du jardin (réponses possibles pour l'utilisateur « oui-non »), se pose la question : est-ce qu'un mur est une barrière pour la dispersion des organismes ?

(ii) le choix libre du nombre de pièges à installer et des lieux d'échantillonnage ;

(iii) la fabrication, l'installation des pièges (à réaliser avec du matériel facilement présent à la maison – et réalisable par des enfants), puis la récolte des organismes du sol au bout de sept jours (http://ephytia.inra.fr/fr/C/25129/jardibiodiv-Protocole-d-echantillonnage) ;

(iv) l'identification des organismes grâce à deux outils d'aide à l'identification (http://ephytia.inra.fr/fr/D/9851) ;

(v) l'envoi des données aux chercheurs par remplissage de formulaires en ligne *(figure 3) (annexe I).*

L'envoi des données peut se faire après inscription sur le site Ephytia en précisant le code d'activation : 456789 ; cette inscription est nécessaire pour faciliter la mise en place de la base de données en aval du remplissage des formulaires.

**Figure 2 -** Les différentes étapes de la construction du piège Barber utilisé dans le protocole « jardinier scientifique » de Jardibiodiv.

***Figure 2 -*** *The different steps for construction of trap used in the protocol "scientific gardener" from Jardibiodiv.*

**1.** Matériel nécessaire: gobelet, carton type brique de lait, 4 bâtonnets en bois, du vinaigre blanc, plantoir ou petite pelle

**2.** Planter les 4 bâtonnets dans le carton = Toit (protection contre la pluie)

**3.** Remplir le gobelet avec un tiers de vinaigre blanc (il conserve les organismes)

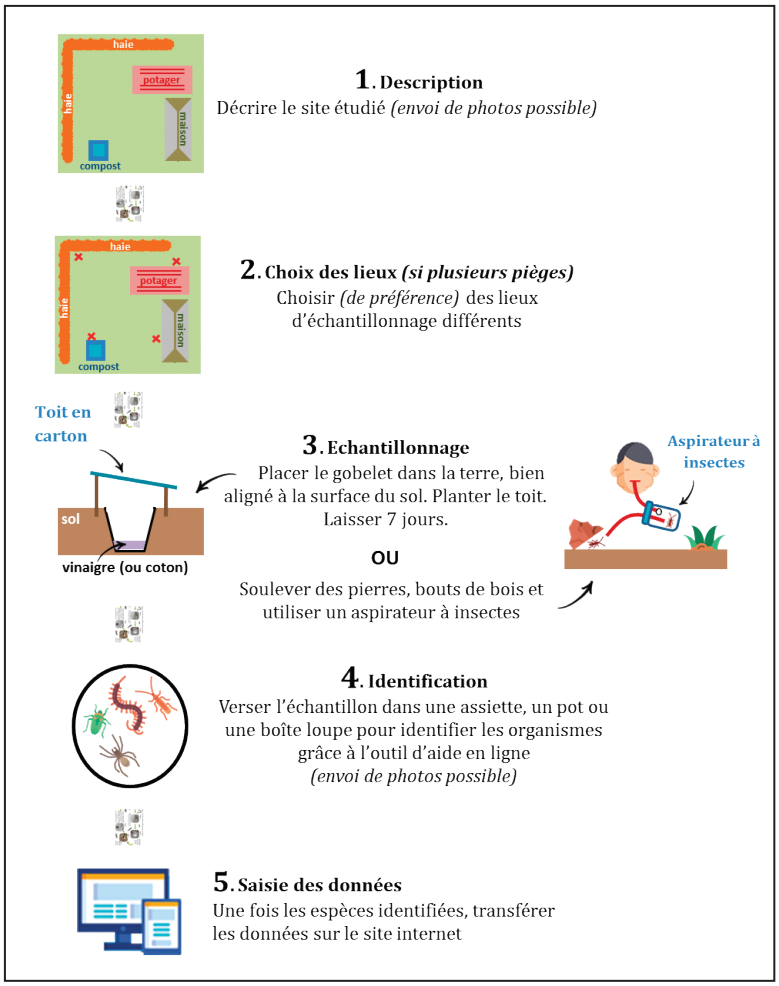
**4.** Placer le gobelet dans la terre, bien aligné à la surface du sol. Planter le toit.

L'ensemble du protocole a été repris en vidéos : réalisées en version ludique avec l'équipe chargée de communication de l'INRA Grand Est (https://www.youtube.com/watch?v=CBwhVJJAyEI), et par l'équipe de France 3 Lorraine (https://www.youtube.com/watch?v=opzTQP3M45k).

### Le retour aux utilisateurs

Le but de cet outil étant de sensibiliser les utilisateurs, plusieurs éléments d'informations leur sont proposés sur le site internet de Jardibiodiv, sur chaque groupe d'organismes potentiellement présents dans leur jardin (http://ephytia.inra.fr/fr/C/25124/jardibiodiv-Description-des-organismes-de-Jardibiodiv) ; des fiches sont disponibles pour en apprendre plus sur la classification, la morphologie, le cycle de vie, le régime alimentaire, les rôles, les habitats des invertébrés du sol et quelques anecdotes ludiques sont également présentées. De même, une section propose des conseils de gestion des jardins en faveur de la biodiversité des sols (http://ephytia.inra.fr/fr/C/25197/jardibiodiv-Conseils-de-gestion-des-jardins). Enfin, les utilisateurs peuvent nous contacter pour poser des questions et nous pouvons également formuler des recommandations adaptées à la gestion de ses sols, en plaçant

**Figure 3 -** Les différentes étapes de mise en œuvre de Jardibiodiv.
***Figure 3 -*** *The different steps to follow in Jardibiodiv.*




ses données par rapport à l'ensemble de la base de données, qui est en constante évolution. C'est le pendant du « donnant–donnant » de la recherche participative.

# LES DIFFÉRENTES UTILISATIONS DE JARDIBIODIV AUJOURD'HUI

## La communication autour de l'outil Jardibiodiv

Pour faire connaître l'outil Jardibiodiv, une phase de communication a eu lieu dès sa création au niveau local (territoire du Grand Nancy), grâce aux réseaux personnels des créateurs de l'outil *via* des mails et envoi de flyers en format numérique ou lors de tenue de stands ; les cibles étaient les collègues, des enseignants en primaire et secondaire et des associations environnementales actives en Lorraine. Le format numérique a également permis de faire suivre l'information *via* des réseaux nationaux de jardiniers par envoi de mails et inscriptions au portail OPEN qui regroupe un ensemble d'observatoires participatifs (https://www.open-sciences-participatives.org/home/). Un article de médiation scientifique a été publié en ligne fin 2018 (https://theconversation.com/il-y-a-de-la-vie-dans-nos-sols-urbains-104649) et un article dans le journal local (Est Républicain) est paru en décembre 2017. Un reportage vidéo réalisé par France 3 Grand Est (https://www.youtube.com/watch?v=opzTQP3M45k) a également permis un développement vers d'autres usagers potentiels que nos réseaux personnels. Deux autres reportages numériques réalisés et partagés par le réseau Agriville (https://www.youtube.com/watch?v=EYQGEYVMFI8) et le service communication de l'INRA Grand Est (https://www.youtube.com/watch?v=CBwhVJJAyEI) ont également permis et permettent encore aujourd'hui la transmission plus didactique de l'outil au niveau national.

## Comment et par qui est utilisé l'outil Jardibiodiv ?

Le *tableau* 2 présente les différents formats utilisés pour sensibiliser à la biodiversité des sols et à l'outil Jardibiodiv de l'échelle locale à nationale. Lors de la présentation de Jardibiodiv face aux citoyens en présentiel (format stand, conférence, journées de formation, animations, interventions avec enseignants), Jardibiodiv est toujours intégré dans une approche plus globale qui consiste à sensibiliser les « apprenants » sur (i) les éléments chimiques et physiques du sol, (ii) l'impact des pratiques de chacun d'entre nous sur les sols et leur biodiversité, (iii) des méthodes d'étude des paramètres bio-physico-chimiques de sols et (iv) le partage de conseils pour conserver cette biodiversité et les sols à une échelle spatiale parlant à chacun en fonction de ses affinités.

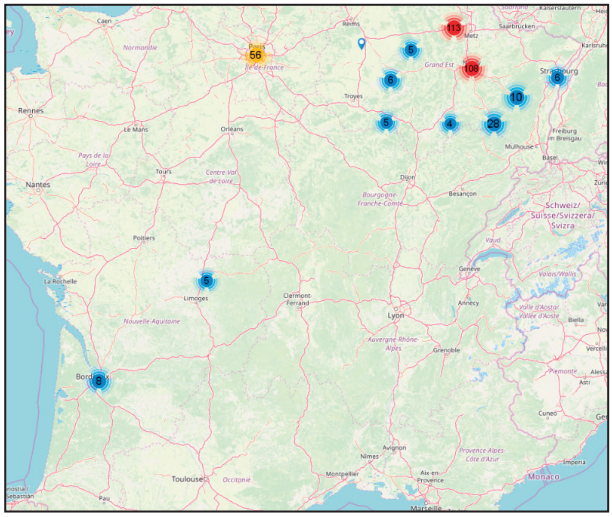
À travers Jardibiodiv, nous nous rendons disponibles, de préférence *de visu,* ou à distance par mail ou téléphone si une contrainte géographique est présente, pour répondre au mieux aux attentes des usagers. Cette étape permet à nouveau un réel partage entre chercheurs et public puisque certaines questions/idées venant de leur part font naître de nou-

**Tableau 2 -** Moyens de diffusion et public visé par l'outil Jardibiodiv.
***Table 2 -*** *The communication resources and the target audience of Jardibiodiv.*

| contact | type d'évènement | public visé | partenaires | accompagnement du public pendant et après l'évènement |
|---|---|---|---|---|
| présentiel | stands | familial | MJC, associations environnementales & collectivités locales | par mail si sollicitation |
| | conférences grand public | adultes, jardiniers amateurs ou professionnels, associations, élus, enfants | associations & collectivités locales | réponse aux questions pendant la conférence puis après par mail principalement |
| | ateliers de formation | entrepreneurs, personnels chambres agricultures, étudiants en agronomie | Universités (Lorraine & Limousin) | pendant la/les séance(s) / échanges par mail si demande |
| | projets de recherche | jardiniers, maraichers urbains et peri-urbains | collègues universitaires/ laboratoires de recherche publics | en fonction du projet |
| | animations avec l'Université de Lorraine | enfants | Université de Lorraine | réponse aux questions en présentiel pendant l'animation |
| | intervention avec enseignant | enfants de CM1, jeunes sourds et malentendants dans un collège spécialisé (6ème) | école primaire - label Eco-école / institut spécialisé local | réponse aux questions en présentiel pendant l'intervention aux enfants, par mail et téléphone aux enseignants si besoin / développement nécessaire d'un protocole éthique où les organismes ne sont plus tués |
| | formation dans le cadre de Tous chercheurs | élèves de lycées puis collèges | INRA Grand Est | réponse aux questions en présentiel pendant l'intervention aux élèves, prise de contact avec enseignants si demande particulière |
| à distance | utilisation libre de Jardibiodiv | par les enseignants pour des élèves au lycée | lycées d'enseignements général et agricole | par mail et téléphone, et présentiel avec le lycée agricole pour ajuster les protocoles |
| | | par des animateurs pour des enfants, adultes | Petits débrouillards | par mail, téléphone et présentiel / développement nécessaire d'un protocole éthique où les organismes ne sont plus tués |
| | | par des stagiaires dans associations | Flore 54 | par mail, téléphone et présentiel si en local |
| | | par des stagiaires dans des Universités | Université de Strasbourg | par mail et téléphone, développement de partenariat sur le long terme |
| | | par jardiniers | citoyens | par mail et téléphone |

veaux questionnements de recherche ; de même les photos parfois envoyées par les utilisateurs nous permettent d'aller plus loin dans nos analyses en écologie des sols urbains. Les démarches de sciences participatives développées avec des partenaires comme Les Petits Débrouillards, et *via* le réseau Tous Chercheurs permettent de développer des relais locaux et nationaux. Dans ces approches, des outils de sciences participatives, évaluant (i) la perception de chacun vis-à-vis des sols et de leur biodiversité (approche de psychologie sociale), et (ii) les paramètres physico-chimiques du sol, ont été également intégrés afin de récolter le plus d'informations possible sur les usagers des sols et l'environnement dans lequel la biodiversité vit. Toutes ces données permettront de répondre au mieux à nos questionnements scientifiques de départ.

**Figure 4 -** Cartographie des pièges Jardibiodiv posés et relevés par les citoyens en France.
***Figure 4 -*** *Cartography of the data obtained with the "scientific gardener" protocol of Jardibiodiv.*




## PREMIERS RÉSULTATS

### Nombre d'utilisateurs et retours d'expérience des utilisateurs

Le protocole « jardinier scientifique » a été le plus suivi à l'heure actuelle par rapport au protocole « jardinier amateur ». Il y a 364 formulaires scientifiques (abondance des organismes dans un piège) remplis dans la base de données. Ce sont des données de pièges relevés en Région Parisienne et Bordeaux, mais principalement dans le Grand Est *(figure 4)*. Ces formulaires ont été complétés en ligne par 13 personnes partenaires (pour une moyenne de 17 par personne) alors que nous avons rempli les autres en ligne suite à la récupération des formulaires papier par exemple ou directement envoyés par mail. Une cinquantaine d'adultes ont utilisé le protocole de Jardibiodiv en deux ans, mais tous n'ont pas rempli les formulaires en ligne car ce sont des personnes relais (intermédiaires) qui ont parfois rempli en ligne pour eux. Le nombre d'élèves utilisant Jardibiodiv ne cesse d'augmenter *via* les partenariats qui se sont développés depuis l'an dernier au sein des lycées principalement (au moins une vingtaine de classes touchées à ce jour *via* une dizaine d'enseignants du Grand Est). Par exemple, le retour d'une enseignante en lycée agricole permet de chiffrer précisément, *via* son bilan de printemps 2019 :

« *- sensibilisation, pose de pièges et utilisation du site auprès de 10 stagiaires adultes en BPREA polyculture élevage ; 14 étudiants en BTS Agronomie productions végétales ; 9 élèves en CAPA aménagements paysagers et 21 élèves en secondes générales ;*
*- sensibilisation (présentation du site et du protocole) auprès de 25 apprentis en seconde aménagements paysagers et 31 élèves en seconde aménagements paysagers.* »

Par rapport à la motivation des utilisateurs et aux retours obtenus, c'est principalement le côté pédagogique de Jardibiodiv, plus que la curiosité de chacun, qui incite les personnes à utiliser notre outil. En effet, beaucoup d'enseignants cherchent à intégrer une approche scientifique poussée dans leurs séances de travaux pratiques. Ils semblent alors intéressés par le fait de trouver un outil, tout prêt, facile d'utilisation et réalisé par des experts du sujet, à mettre en place pendant les séances. Le protocole a été utilisé soit dans le jardin de l'école soit dans les jardins des élèves qui reviennent avec leur piège pour l'étudier en TP (par exemple 32 pièges placés dans un lycée et une quinzaine dans les jardins personnels des élèves). Il est également intéressant de pouvoir développer de telles collaborations car, si les enseignants font des relevés de biodiversité chaque année, ou même tous les deux ans, nous pourrons avoir une quantification dynamique des communautés d'organismes du sol dans des parcelles pilotes, et ainsi évaluer l'évolution des communautés au cours du temps (évaluation de l'impact du changement climatique par exemple).

Quelques retours d'utilisateurs de Jardibiodiv sont déjà parvenus et certains d'entre eux sont cités ci-dessous :

Témoignage d'une enseignante en classe de seconde, qui partage avec nous quelques commentaires écrits par les élèves à la question : « qu'avez-vous appris sur le sol ? » :

« *Grâce à ce TP nous avons appris que le sol est peuplé d'animaux même dans la ville.*
*On a appris qu'il y avait de très petits insectes dans le sol.*
*Nous avons découvert la diversité des espèces dans le sol. Selon les endroits dans lesquels les pièges ont été posés, les organismes trouvés dans les pièges seront différents.*
*Il est difficile de se rendre compte de la multitude d'êtres vivants qui vivent dans le sol. Grâce à cette expérience, on a eu la preuve que de nombreux animaux le peuplent ; de plus, en parcourant la base de données du Laboratoire, on a pu voir qu'il existe énormément d'espèces différentes, avec des caractéristiques différentes. Il est parfois difficile de les différencier, si bien que nous avons parfois peiné à reconnaître les espèces présentes dans notre piège.*
*En comparant avec les autres groupes, on a pu constater que les animaux présents dans le sol peuvent différer d'un endroit à l'autre alors même que ces endroits ne sont pas éloignés. Cependant, nous nous attendions à avoir une quantité plus élevée d'individus. Cette expérience nous a donc fait comprendre que l'environnement urbain et les passages fréquents des élèves pas loin des pièges que nous avons posés influencent certainement la quantité d'animaux présents dans le sol, ce qui est un problème pour la diversité des individus et des espèces si cela s'avère effectivement véridique.* »

Témoignage d'une enseignant de 6e : « *Je voulais vous remercier :*

*le bonheur! Mes élèves ont adoré cette séance, ils étaient très impliqués à faire leur piège, à prendre les mesures, ils étaient hyper motivés. Lorsque je leur ai montré la vidéo d'accroche et expliqué que nous allions participer à votre travail, ils m'ont dit : « C'est vrai, nous allons vraiment aider la chercheuse ? » »*

Témoignage d'une élève de seconde : « Je suis *très satisfaite de la facilité à utiliser ce site internet. Bravo à vous et aux créateurs. C'est très pratique étant élève. Merci, au-revoir. »*

Certains témoignages permettent également de faire évoluer l'outil : « Dans les faits même si j›essaye d›être vigilante les pièges *ne sont pas toujours posés au « meilleur endroit », mais j'essaye de trouver le juste milieu : les aiguiller face aux objectifs sans pour autant faire à leur place. La partie reconnaissance pose parfois un peu problème, les élèves ont du mal à être rigoureux dans la détermination des animaux récoltés et il faut souvent revoir avec eux ! Bilan néanmoins positif et élèves réceptifs ! »*

Enfin, certains usagers ont également souhaité savoir s'ils pouvaient remplir des données de biodiversité pour leurs jardins à la campagne et pour des parcelles de maraîchage ou parcelles agricoles. C'est ainsi qu'un onglet « type de lieu échantillonné » a été intégré il y a quelques mois dans le formulaire d'abondance du protocole « jardinier scientifique ».

## Zoom sur le partenariat avec le laboratoire Tous Chercheurs

Le laboratoire Tous Chercheurs de Nancy, avec qui nous avons mis en place un partenariat, fait parti du Centre Tous Chercheurs lorrain créé en 2015 par Constance Hammond et Pascale Frey-Klett (https://www.touschercheurs.fr/). Les trois laboratoires sont constitués d'espaces de travail et de laboratoires conçus pour être ouverts au public, équipés avec un matériel scientifique de pointe et dotés de ressources pédagogiques uniques. Les collégiens et lycéens y vivent la démarche scientifique comme des chercheurs, guidés par des professionnels de la recherche. L'objectif est de leur faire comprendre et pratiquer les méthodes de raisonnement, d'argumentation et d'expérimentation issus de la recherche, afin de leur permettre de devenir de futurs citoyens éclairés et responsables (Hammond *et al.*, 2010). Les laboratoires Tous Chercheurs ne sont pas réservés au public scolaire, mais ont vocation à accueillir également d'autres publics, du citoyen au professionnel, invités à participer aux différentes étapes de projets de recherche en cours, encadrés par des scientifiques : construction des questions de recherche et des protocoles, expérimentation, analyse et interprétation des résultats. Dans ces laboratoires, l'opportunité est ainsi donnée à chaque acteur de la société, en particulier aux élèves, de contribuer au processus de production de connaissances scientifiques nouvelles sur des questions d'importance sociétale, notamment dans les domaines de l'environnement et de la santé.

Dans le cadre de ce partenariat avec le laboratoire Tous Chercheurs de Nancy, Jardibiodiv a été testé au cours de quatre stages de recherche proposés à des classes de collégiens et lycéens, sur le thème « Usage des sols et Biodiversité » durant l'année scolaire 2018-2019. Il s'agissait de 27 collégiens en classe de 4e, 103 lycéens dont 65 élèves en 2e générale et 38 élèves en 1re S. Dans le cadre de ces stages, les élèves se questionnent sur l'usage des sols et l'impact de cet usage sur les propriétés des sols, c'est-à-dire sur le fonctionnement. Au cours de ces quatre stages, les élèves ont posé des pièges à insectes sur trois sites d'usages différents, un site forestier, un site prairial et un site agricole, à raison de trois pièges par site. Ils ont récolté 2 016 individus qu'ils ont identifiés selon le protocole scientifique nécessitant l'usage de la clé de détermination. Ils ont pu mettre en évidence une diversité moins importante et un déséquilibre dans la représentativité des différents groupes trophiques dans les sols agricoles comparés aux sols forestiers et prairiaux. L'outil permet donc de répondre à des questions de recherche concernant les sols. Les élèves et les enseignants ont apprécié la facilité d'utilisation de Jardibiodiv, les outils qui y sont proposés. Les enseignants ont fait part de leur intérêt pour intégrer cet outil dans leurs futurs projets de sciences.

## Quelques résultats scientifiques sur la biodiversité des sols grâce à Jardibiodiv

Les premiers retours valident le fait que cet outil permet de répondre à des questions scientifiques comme « y a-t-il de la biodiversité dans les sols urbains ? ». Par exemple en moyenne, un total de 5 050 collemboles et 9 107 macro-invertébrés sont trouvés dans les 364 pièges recensés par des citoyens en deux ans, soit une moyenne et écart-type, de 25 ± 36 individus par piège (sans compter les collemboles). Les résultats acquis jusqu'à présent l'ont été sur la base de 207 pièges placés dans des jardins en ville, 83 en maraîchage urbain ou péri-urbain et le reste dans des milieux agricoles sous différentes cultures (57) (collaboration avec lycée agricole) et dans des forêts en milieu rural (17) du fait des interventions réalisées et collaborations développées. L'exploitation des résultats permet de mettre en exergue que les individus les plus rencontrés (tous habitats confondus) sont les fourmis puis les araignées et enfin cloportes et carabes *(figure 5)*.

Les premiers résultats permettent également de montrer que les échantillonnages ont lieu à différents moments de l'année et ce, sans effet notable de la saison sur le nombre d'organismes total retrouvé dans un piège *(figure 6)*.

Les résultats traduisent des différences du nombre total d'organismes dans chaque type de site *(figure 7)*. Les valeurs aberrantes sont plus abondantes dans les jardins, ceci montre une plus grande variabilité d'abondance par piège d'un jardin à l'autre et montre la nécessité de connaître plus précisément les

jardins en termes d'habitats pour mieux évaluer les différences d'un point à l'autre. Enfin, il semble exister une différence du type d'organismes trouvés dans chacun de ces milieux. Par exemple, d'après une analyse multivariée (Analyse Factorielle des Correspondances, AFC), les cloportes sont plus abondants dans les jardins, ainsi que les fourmis, en comparaison avec les autres milieux *(figure 8)*. Une étude réalisée dans 168 jardins à Zurich montre que les cloportes sont également les plus abondants dans la communauté en suivant le même protocole (piège Barber sur sept jours), et notre étude rapporte des abondances d'organismes plus faibles que celles obtenues lors d'échantillonnages de mai à août 2015 (Tresch *et al*., 2019). Il est difficile de trouver d'autres études se plaçant en Europe utilisant la même méthode d'échantillonnage pour permettre de comparer plus finement nos valeurs obtenues.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION DE L'OUTIL

L'utilisation de Jardibiodiv nécessite pour la plupart des usagers un accompagnement, qui peut passer par une étape de formation plus poussée que la simple présentation de la technique d'échantillonnage. La création de la société Sol &co (https://sol-et-co.com/) à l'été 2019, ainsi qu'un projet de recherche financé par l'ANR de 2019 à 2021 (ANR BISES *Biodiversité des sols urbains et villes durables : état des lieux, interactions entre les systèmes productifs et non productifs et importance pour la fourniture de services écosystémiques* porté par Alan Vergnes, UMR CEFE, Montpellier) qui nous rapprochera de l'équipe de Vigie Nature du MNHN, va certainement permettre de faire un

**Figure 5 -** Répartition des organismes sur le total des 364 pièges récoltés et analysés.

Les collemboles ne sont pas inclus dans ce graphique

- La catégorie « autres » réunit des organismes < 1,5% de la communauté (< 150 individus dans l'étude) : Elatéridés (taupins) / Larves de tipules (cousins) / Escargots / Vers de terre épigés / Opilions / Gendarmes / Perce-oreilles / Scarabées / Coccinelles / Charançons / Larves de Lépidoptères /Orthoptères /Araignées rouges (acariens) / Punaises / Myriapodes diplopodes / Limaces

***Figure 5 -*** *Distribution of organisms sampled in the 364 traps from the « scientific gardener » protocol of Jardibiodiv.*

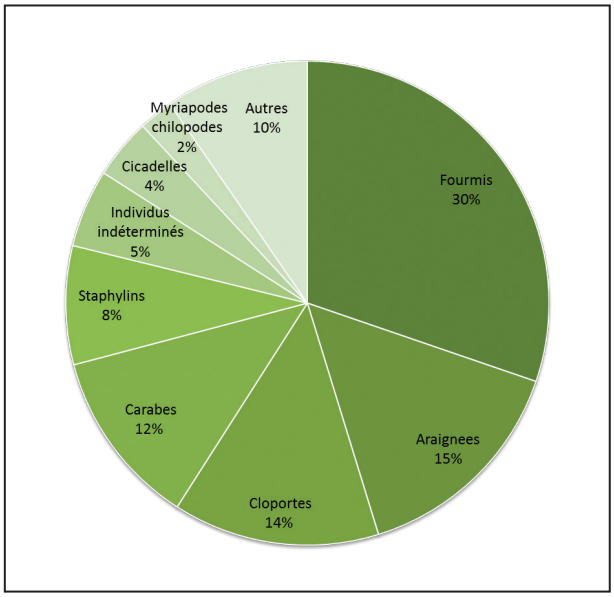



**Figure 6 -** Nombre d'organismes par piège en fonction de la période de l'année de la récolte

***Figure 6 -*** *number of organisms per trap over time.*

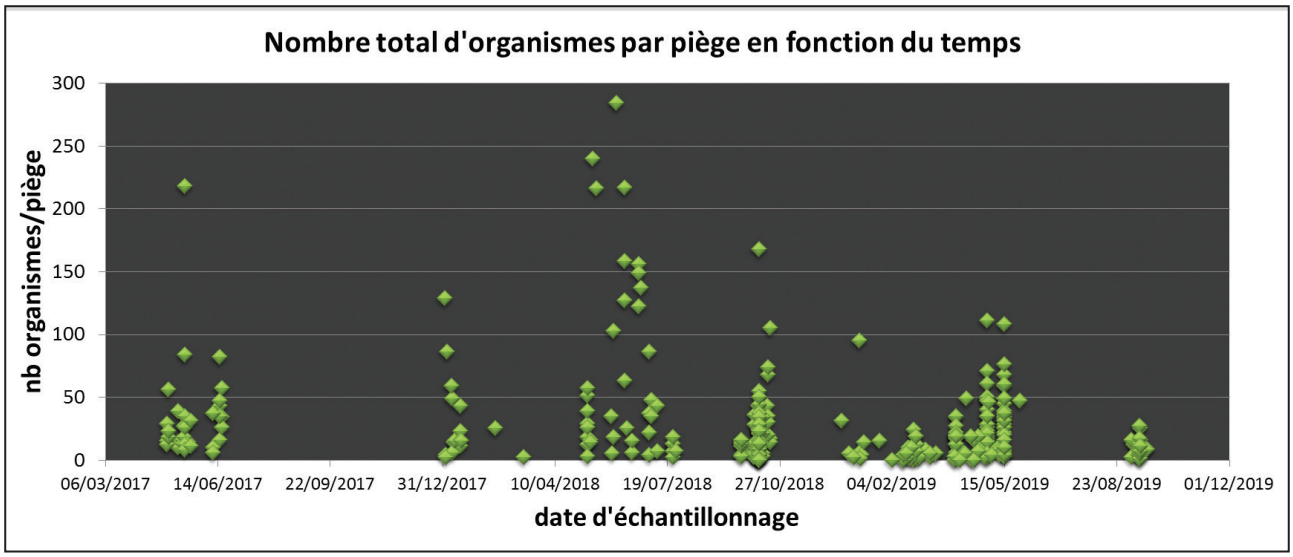
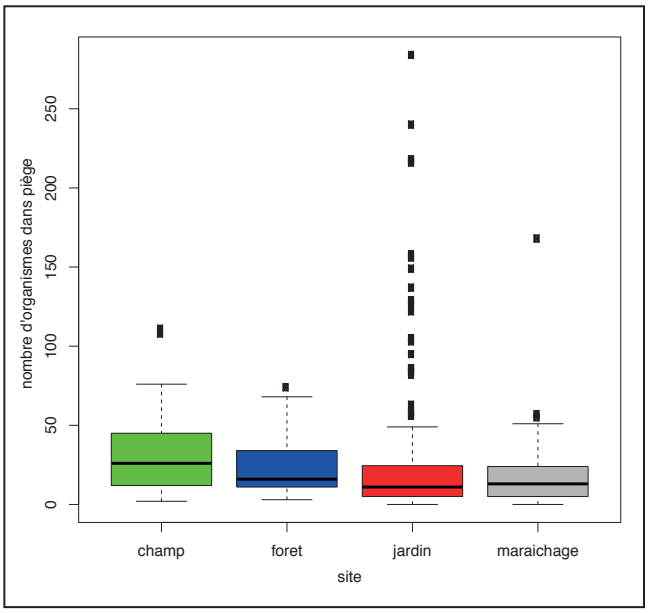


**Figure 7 -** *Nombre d'organismes dans un piège en fonction du type d'usage de sols sur lequel il a été placé. ANOVA après transformation log x+1 : p=0.001. Les lettres expriment les différences significatives.*

***Figure 7 -*** *Number of organisms per trap for each land use.*




bond en avant pour accompagner au mieux le public. Certains enseignants ont également besoin de rencontres, il faudra alors réussir à répondre à leurs besoins pour mobiliser plus d'utilisateurs. Il sera alors certainement possible d'assurer un meilleur échantillonnage et peut-être de mieux guider vis-à-vis des lieux d'échantillonnage intéressants pour répondre à des questions et hypothèses plus précises (comme l'importance d'un composteur, le problème des murs autour d'un jardin entrainant une barrière dans la trame brune, *etc.*). Il serait également intéressant de réfléchir à la constitution d'une équipe de personnes relais, qui pourraient dynamiser l'outil à l'échelle nationale. L'échelle internationale va également être développée ; la traduction de l'outil en anglais est en cours.

De plus, au même titre que la biodiversité des sols en milieu urbain paraît peu connue par le grand public, il s'avère que la composition et le fonctionnement des sols urbains sont également peu connus des citoyens. Compte tenu de la diversité des sols en milieu urbain, les données sur les caractéristiques physiques et chimiques des sols sont également précieuses à obtenir. À ce titre, une évolution de Jardibiodiv, qui est actuellement en train d'être mise en place, est d'associer au protocole « biodiversité » des protocoles de recherche adaptés au grand public afin de caractériser certaines propriétés physiques des sols urbains (*e.g.* test du « boudin » ; test du « bocal »). Ceci permettra de i) sensibiliser les citoyens au fonctionnement des sols urbains ; ii) produire davantage de données sur la qualité agronomique des sols urbains et iii) préciser les résultats obtenus par le protocole « biodiversité » en obtenant des données sur l'environnement / l'habitat des organismes étudiés. L'objectif serait le même que pour l'outil Jardibiodiv : proposer aux citoyens des protocoles adaptés avec des phases bien expliquées ; un choix laissé aux utilisateurs pour la réalisation de certains protocoles, en fonction de leurs questions préalables et de leurs besoins/envies ; des résultats obtenus par les utilisateurs pouvant être saisis sur internet afin d'être transférés aux chercheurs.

Ensuite, dans une démarche de co-construction plus poussée, une meilleure compréhension de la perception de la biodiversité par les citoyens pourrait aider à l'amélioration des outils existants pour mieux répondre à leurs attentes. Une approche en sciences sociales aboutie est en cours pour permettre une meilleure implication des acteurs du monde urbain dans la préservation et la conservation de la biodiversité des sols. Des collaborations transdisciplinaires se mettent en place en ce sens avec des chercheurs en psychologie sociale environnementale.

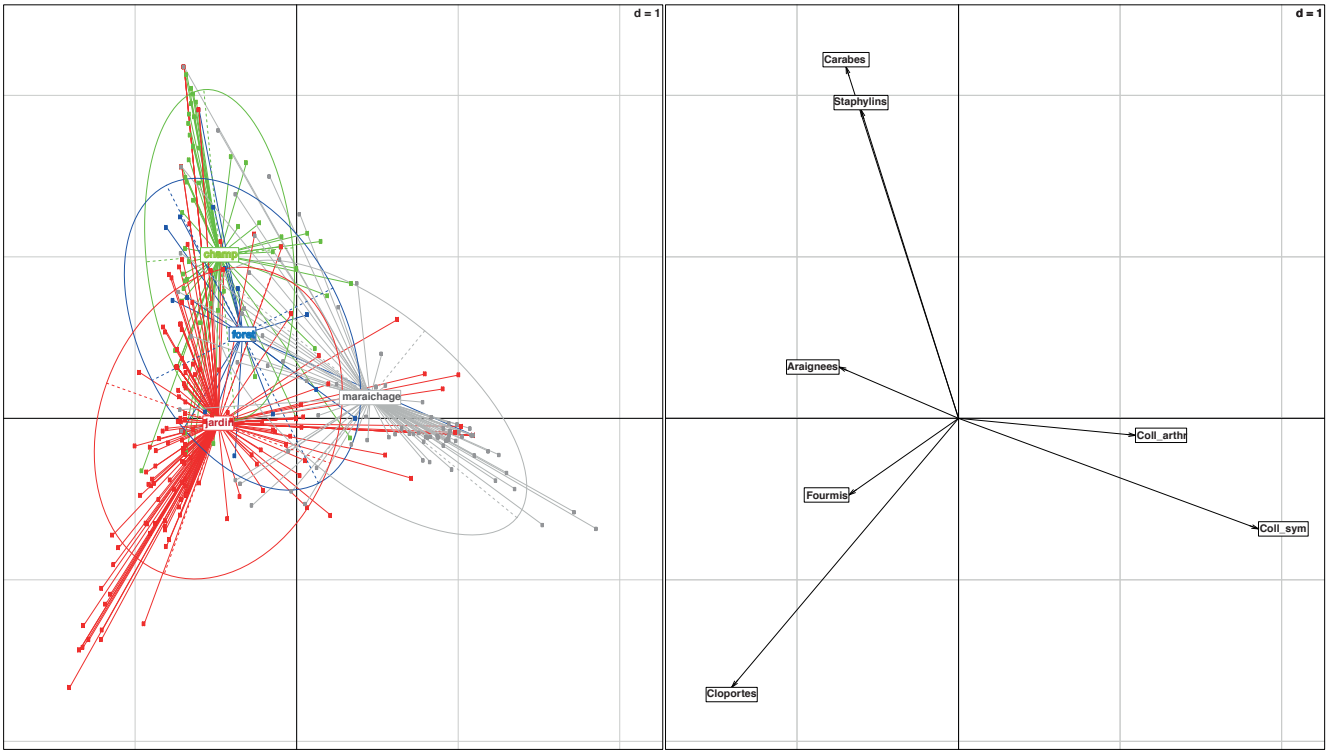
Enfin, une approche éthique (*i.e.* observer sans tuer les organismes) plus approfondie que le protocole « jardinier amateur » de Jardibiodiv est également en cours de développement avec l'Association des Petits Débrouillards et l'association Carabes (Montpellier). Il s'agit d'obtenir une bonne représentativité spatio-temporelle du milieu étudié en plus de données exploitables, tout en conservant la biodiversité étudiée. Cette action est basée sur la création d'une base de données photographiques en suivant une démarche du type ©PlantNet, où une application sur smartphone pourrait permettre de reconnaître l'organisme directement.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent en premier lieu à remercier les citoyens et les enseignants qui ont su apprivoiser l'outil Jardibiodiv, le faire évoluer avec leurs retours post-utilisation et enrichir les bases de données de la recherche. La Fédération d'Associations Flore 54 est chaleureusement remerciée pour son aide à la communication de l'outil, ainsi que l'Association des Petits Débrouillards et plus particulièrement Manuelle Rovillé. Les remerciements vont également à Vincent Ducasse qui a permis lors de son stage de Master 1 d'aider à concrétiser les idées d'Apolline Auclerc pour la mise en place de cet outil. Ensuite, un grand remerciement à l'équipe de l'UMR 1065 Santé et Agroécologie du VignoblE, Bordeaux, Jean-Marc Armand qui ont aidé au développement du format numérique de Jardibiodiv et l'hébergent aujourd'hui. Enfin, un grand merci aux collègues de Tous Chercheurs, Annick Brun Jacob, Pascale Frey-Klett et Jonas Durand pour leur implication dans l'utilisation de l'outil au cours de leurs stages « sol » et pour leur contribution à l'écriture de quelques lignes de cet article.

**Figure 8 -** *Localisation des organismes selon les types de milieux. AFC (N=364, axe 1 : 28 %, axe 2 : 22%) Coll_arthr : collemboles arthropléones et Coll_sym : collemboles symphypléones.*

***Figure 8 -*** *Localisation of organisms according the land use.*




## BIBLIOGRAPHIE


Adhikari K. et Hartemink A.E., 2015 – Linking soils to ecosystem services, a global review. Geoderma, 262, pp. 101-111.

Barot S., Abbadie L., Auclerc A., Barthélémy C., Bérille E., Billet P., Clergeau P., Consales J.-N., Deschamp-Cottin M., David A., Devigne C., Dham V., Dusza Y., Gaillard A., Gonzalez E., Hédont M., Labarraque D., Le Bastard A.-M., Morel J.-L., Petit-Berghem Y., Rémy E., Rochelle-Newall E., Veyrières M., 2019 – Urban ecology, stakeholders and the future of ecology. Sci. Total Environ, 667, pp. 475–484.

Blanchart A., 2018 – Vers une prise en compte des potentialités des sols dans la planification territoriale et l'urbanisme opérationnel. Thèse de doctorat, 380 pages.

FRB, Groupe de travail Écologie et sociétés urbaines, 2018 – BiodiverCité, richesse et enjeux de la recherche sur la biodiversité en ville. Paris, France: FRB, 56.

GIEC, 2019 – Le réchauffement climatique. Communiqué de Presse 25/09/2019 consulté sur https://www.ipcc.ch/

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, 25, pp. 59-77.

Hammond C., Karlin D., Thimonier J., 2010 – Creative research science experiences for high school students. PLoS Biol, 8(9): e1000447.

IAU Ile de France, 2014 – La nature en ville - base pour un carnet pratique- consulté sur https://www.institutparisregion.fr/nos-travaux/publications/la-nature-en-ville.html

INRA, 2016 – Les sciences participatives en France : état des lieux, bonnes pratiques & recommandations.

IPBES, 2019 – Le dangereux déclin de la nature. Un taux d'extinction des espèces « sans précédent » et qui s'accélère. Communiqué de Presse 06/05/2019 consulté sur https://www.unenvironment.org/fr/actualites-et-recits/communique-de-presse/le-dangereux-declin-de-la-nature-un-taux-dextinction-des

Joimel S., Cortet J., Jolivet C.C., Saby N.P.A., Chenot E.D., Branchu P., Consalès J.N., Lefort C., Morel J.L., Schwartz C., 2016 – Physico-chemical characteristics of topsoil for contrasted forest, agricultural, urban and industrial land uses in France. Sci. Total Environ., pp. 40–47.

Joimel S., Schwartz C., Hedde M., Kiyota S., Krogh P.H., Nahmani J., Pérès G., Vergnes A., Cortet J., 2017 – Urban and industrial land uses have a higher soil biological quality than expected from physicochemical quality. Sci. Total Environ., pp. 614–621.

Levin M. J., Kim K.-H.J., Morel J.L., Burghardt W., Charzynski P., Shaw R.K.; 2017 – SUITMA: soils whithin cities. Catena. Schweizerbart, Stuttgart

Morel J.L., Chenu C., Lorenz K., 2014 – Ecosystem services provided by soils of urban, industrial, traffic, mining and military areas (SUITMAs). Journal of soils and sediments, 15, 8, p. 1-8.

Orgiazzi A., Bardgett R.D., Barrios E., Behan-Pelletier V., Briones M.J.I., Chotte J.-L., De Deyn G.B., Eggleton P., Fierer N., Fraser T., Hedlund K., Jeffery S., Johnson N.C., Jones A., Kandeler E., Kaneko N., Lavelle P., Lemanceau P., M D.H., 2016 – Global soil biodiversity atlas, Global soil biodiversity atlas. European Commission.

Tresch S., Frey D., Le Bayon R.-C., Zanetta A., Rasche F., Fliessbach A., Moretti M., 2019 – Litter decomposition driven by soil fauna, plant diversity and soil management in urban gardens. Sci. Total Environ, 658, pp. 1614-1629.

Wall D.H., Nielsen U.N., Six J., 2015 – Soil biodiversity and human health. Nature, pp. 528, 569.

IUSS Working Group WRB, 2014 – World reference base for soil resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106.

## Annexe 1 : Extrait du formulaire à remplir pour retours des données Jardibiodiv à la recherche

04/09/2019 Forms

(/) / Gérer, surveiller (/fr/CP/40/Gerer-surveiller) / jardibiodiv (/fr/P/165/jardibiodiv) / Ajouter une observation (/fr/Forms/choose/165) / Enregistrer une fiche piège (/fr/Forms/add/139)

# Enregistrer une fiche piège

**Procédure d'observation du Jardinier Scientifique**

Procédure d'observation du Jardinier Scientifique

**Groupe spécifique au sol : Insectes : Carabes ?**

**Staphylins ?**

**Elatérides (taupins) ?**

**Larves de tipules (cousins) ?**

**Fourmis ?**

**Larves de coléoptère scarabée (hanneton) ?**

**Larves de coléoptère scarabée (cétoine dorée) ?**

ephytia.inra.fr/fr/Forms/add/139 1/5