TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR

Réf. : **GE1074 V1**

Date de publication :
10 octobre 2020

Sciences participatives au service de la qualité écologique des sols

Cet article est issu de : **Environnement - Sécurité | Environnement**

par **Lionel RANJARD**

Mots-clés
biodiversité | Ecologie | agriculture | sol | sciences participatives | écosystème urbain

Résumé Le sol est un écosystème complexe et en interface avec les écosystèmes aquatiques et l'atmosphère. Il héberge un patrimoine biologique riche à même de fournir des services très importants pour nos sociétés. Sa meilleure connaissance scientifique est une étape indispensable vers une gestion plus durable de la production agricole et de l'urbanisation. Cet article décrit la mise en place d'un nouveau processus de recherche-action faisant appel aux approches participatives impliquant les citoyens, afin d'améliorer significativement les connaissances sur la qualité biologique des sols et l'impact des modes d'usage. Ces avancées dues aux interactions chercheurs-citoyens usagers des sols permettent aujourd'hui d'identifier des pistes stratégiques, réalistes et concrètes pour changer notre façon de concevoir l'agriculture et l'urbanisation.

Keywords
biodiversity | ecology | agriculture | soil | citizen science | urban ecosystem

Abstract Soil is a complex and central ecosystem, hosting a huge biological diversity and providing very important ecosystem services. His better understanding should lead to more sustainable management of our agricultural production and our urbanization. This article describes the implementation of a new action research process using participatory approaches, involving citizens, in order to greatly improve knowledge on the biological quality of soils and the impact of land use. These interactions between researchers and citizens allow us today to identify strategic, realistic and concrete ways to enhance the sustainability of agriculture and urbanization.

Pour toute question :
Service Relation clientèle
Techniques de l'Ingénieur
Immeuble Pleyad 1
39, boulevard Ornano
93288 Saint-Denis Cedex

Par mail :
infos.clients@teching.com
Par téléphone :
00 33 (0)1 53 35 20 20

Document téléchargé le : **10/10/2020**
Pour le compte : **7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28**

© Techniques de l'Ingénieur | tous droits réservés

Sciences participatives au service de la qualité écologique des sols

par **Lionel RANJARD**
Directeur de recherches INRAE
UMR Agro écologie, Centre INRAE Dijon, France

1. Sciences participatives ..... GE 1 074 – 2
1.1 Définition ..... — 2
1.2 Différents niveaux d'implication des citoyens dans les projets de sciences participatives ..... — 3
1.3 Prérequis pour mener à bien un projet de sciences participatives ..... — 3

2. Grands projets naturalistes avec des approches participatives ..... — 6
2.1 Vigie-Nature ..... — 6
2.2 Observatoire agricole de la biodiversité ..... — 6
2.3 Projet CiTIQUE ..... — 8

3. Premiers projets de sciences participatives sur la biodiversité des sols ..... — 9
3.1 Projets sur la qualité biologique des sols agricoles ..... — 11
3.1.1 Projet AgrInnov ..... — 11
3.1.2 REVA (Réseau d'expérimentation et de veille à l'innovation agricole) ..... — 12
3.1.3 EcoVitiSol ..... — 12
3.1.4 Projet Clé de Sol ..... — 13
3.1.5 Vers de terre : « stars » de la faune du sol pour les approches participatives ..... — 15
3.2 Projets sur la qualité biologique des sols urbains ..... — 17
3.2.1 Projet BISES ..... — 18
3.2.2 Dijon Métropole, un territoire d'innovation sur les sols ..... — 20
3.2.3 Jardibiodiv ..... — 21

4. Conclusions et perspectives ..... — 22

5. Glossaire ..... — 23

Pour en savoir plus ..... Doc. GE 1 074

L'intensification de l'agriculture ainsi que l'urbanisation grandissante observées au cours du siècle dernier ont été accompagnées de nombreuses externalités négatives : pollution, déforestation, imperméabilisation des sols, érosion, perte de biodiversité, émissions de gaz à effet de serre. Les sols ont été particulièrement dégradés par l'agriculture intensive et l'urbanisation, tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif. Ces constats imposent des changements des méthodes de conception, de production et de gestion de ces écosystèmes, notamment en utilisant des solutions basées sur la nature afin de réduire l'empreinte environnementale de l'agriculture et de nos villes.

Depuis 2010, le monde agricole a initié la transition « agroécologique » qui a pour fondement de préserver la biodiversité des écosystèmes agricoles afin de mieux l'utiliser et avec pour objectif principal de réduire significativement la dépendance aux intrants chimiques (pesticides, fertilisation) et à la mécanisation (labour). Dans les écosystèmes urbains, la même volonté est apparue avec

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

le déploiement d'une politique de « retour de la nature en ville ». Cette dynamique passe par une re-végétalisation des villes et des pratiques d'aménagements aptes à préserver les sols et la pleine terre et héberger de la biodiversité à toutes les échelles, de la ville jusqu'au bâti : trames vertes, bleues, brunes et noires, espaces verts conçus et gérés écologiquement, agriculture urbaine, toits et façades végétalisés, etc. (références [GE 1 015] [GE 1 017] [P 4 260]). Dans chacun de ces systèmes, le sol constitue le support des activités humaines (production végétale, matériaux de construction, ressources), et aussi le principal habitat pour une grande quantité et diversité d'organismes vivants (environ 25 % de la biodiversité terrestre) (réf [GE 1 051], Qualité écologique des sols, PA. Maron et L. Ranjard) aptes à rendre des services écosystémiques. Le sol est donc une matrice centrale avec de forts enjeux écologiques liés à sa meilleure connaissance et gestion [GE 1 051]. Grâce aux progrès de la recherche, de nouveaux outils permettent aujourd'hui d'étudier finement la biodiversité des sols, ses fonctions, les services qu'elle peut rendre et l'impact des pratiques agricoles et d'aménagements urbains [GE 1 052] [GE 1 058]. Nous sommes capables d'identifier les bonnes et les mauvaises pratiques, ce qui doit nous permettre de développer des systèmes agricoles et urbains plus vertueux. Toutefois, ces transitions écologiques et leurs réussites dépendent non seulement de notre capacité à capter de nouvelles connaissances, les plus réalistes et les plus représentatives possibles de ce qui est fait ou produit, mais aussi de notre capacité à sensibiliser et à impliquer les citoyens utilisateurs des sols qui vont être les acteurs du déploiement de ces transitions.

Historiquement, la recherche sur la biodiversité des sols agricoles ou urbains s'est focalisée sur l'étude de sites expérimentaux ou sur des réseaux de surveillance. L'information obtenue n'était que partielle et peu représentative de la grande diversité des usages du sol et de leurs impacts. Face à ce constat, les sciences participatives, développant les interactions entre les chercheurs et les citoyens usagers des sols (agriculteurs, aménageurs urbains, jardiniers, gestionnaire de sites…), ont été développées depuis les années 2010. Ceci afin d'améliorer les capacités de la recherche à capter de l'information la plus concrète et la plus exhaustive possible. Ce type d'approche révolutionne profondément les processus de recherche sur les sols, qui ne sont plus réservés aux seuls experts du domaine.

Cet article a pour objectif de décrire les méthodologies de mise en place des approches participatives dans un processus de recherche-action et de donner des exemples de projets qui ont amené une réelle plus-value dans l'amélioration de nos connaissances et de nos modes de gestion de la qualité biologique des sols agricoles et urbains.

1. Sciences participatives

1.1 Définition

Les **sciences participatives**, aussi appelées « sciences citoyennes », correspondent à un processus de recherche qui associe experts scientifiques et le grand public. En d'autres termes, c'est un processus de recherche qui relie les citoyens et les chercheurs, chacun amenant un niveau de connaissance ou d'implication utile à l'autre. D'ailleurs, il faut plutôt parler de « projets de recherche avec des approches participatives qui amènent à des projets de recherche-action ».

Dans le contexte de la recherche moderne, les sciences participatives sont apparues dans les années 1980 dans le domaine de la santé et dans les pays anglo-saxons. Le but était d'associer les malades aux développements de nouveaux traitements et d'étudier leur ressenti pour l'amélioration des nouveaux médicaments (bien-être, effets secondaires, efficacité du traitement…). Ce n'est que dans les années 2000 que les sciences participatives sont apparues dans le domaine des sciences environnementales et de la biodiversité [4].

Les projets classiques de recherche mobilisent principalement des fonds publics et sont basés sur un partenariat entre des experts de différents domaines avec une approche *top-down* très descendante sur la société et n'impliquent qu'une obligation de moyen. À l'inverse, les projets intégrant des approches participatives impliquent des non-experts avec à la clé une co-création des questions de recherche dans une approche *bottom-up*. Les fonds sont publics ou privés et contraignent à une obligation de résultats.

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

Les approches participatives offrent la possibilité d'intégrer une diversité de savoirs, dont ceux des utilisateurs, gestionnaires des sols. Elles offrent également l'avantage d'associer tout au long du processus, les acteurs qui bénéficieront de l'innovation, assurant ainsi une meilleure appropriation et favorisant l'engagement dans une dynamique de changement. L'implication d'autres acteurs que le chercheur aux activités de recherche ou au processus d'innovation constitue un changement culturel pour les instituts de recherche et les instituts techniques. Mais, cette approche est une source précieuse d'innovations dans une perspective de développement de l'agroécologie et du retour de la nature en ville.

C'est quoi un Living Lab ?

Un Living Lab est un laboratoire d'innovation ouverte où les citoyens et les usagers sont considérés comme des acteurs clés du processus de recherche et d'innovation. Les Living Labs sont nés au MIT (Massachussets Institute of Technology) en 1990 et se popularisent en France dans les années 2010. L'utilisateur ou le citoyen est au centre du processus de recherche afin de développer et de créer des connaissances et/ou des outils qui seront directement opérables par eux et au plus proche de leurs besoins. C'est un nouveau processus d'innovation dans lequel les personnes ne sont plus de simples utilisateurs mais des acteurs collaborateurs. Au sein de l'Union européenne les Living Labs sont référencés et même labellisés ENoLL (*European Network of Living Labs* [5]). Même si leur but est commun, l'innovation collective, leur forme peut être assez diverse (lieux physiques ou virtuels, portés par des instituts, des collectivités, des associations, des ONG…).

Historique des sciences participatives

Les sciences participatives sont à la base de la science moderne académique puisque la plupart des savants historiques étaient des autodidactes qui ont appris de façon empirique. Dès le 18e siècle, de grandes disciplines se sont construites sur la base de contributions d'amateurs comme l'astronomie, la météorologie, la géologie… Pour les sciences naturalistes, les grandes expéditions du 19e siècle ont permis à des amateurs de parcourir le monde en décrivant ce qu'ils voyaient et en essayant de comprendre les fondamentaux de la nature. Ils ont ainsi jeté les bases de l'**écologie participative**. Dans le monde de la médecine, de la chimie de la physique, les mêmes dynamiques sont initiées. Pour exemple Lavoisier, père de la chimie moderne, était un chimiste amateur non issu du monde académique. Cela ne veut pas dire que toutes les grandes découvertes ne viennent pas d'une recherche académique, mais que souvent lorsque la recherche traditionnelle atteint ses limites, des visions nouvelles, extérieures viennent oxygéner les écoles de pensée et amènent vers de nouvelles directions ou objectifs de recherche. Toutefois, dès le milieu du 19e siècle, la science devient académique et la scission entre expert et profane se creuse de façon significative avec une professionnalisation de la recherche. Il en résulte la création d'instituts de recherche qui se renforcent peu à peu, avec un accès de plus en plus restreint au nom d'une élite académique. La science s'éloigne donc progressivement du grand public jusqu'à la fin du 20e siècle. Pour pallier ce manque, le monde des amateurs éclairés se restructure et développe des sociétés savantes, des académies de province, des associations et même des fondations, dont certaines sont assez puissantes aujourd'hui sous la forme d'ONG. Les instituts de recherche créent leurs revues scientifiques académiques assez inaccessibles au grand public. En parallèle, les structures des amateurs développent toute une littérature et des modes de communication vulgarisés à destination du grand public (mais non reconnus par les experts académiques). Il en résulte une forte scission entre le monde la recherche académique et les amateurs du grand public jusque dans les années 1990, époque à laquelle les sciences participatives font leur apparition et prennent des « parts du marché scientifique » de plus en plus importantes. Les chercheurs experts s'ouvrent de plus en plus à ce type d'approche et on passe peu à peu du *top-down* où les chercheurs inventent et diffusent aux utilisateurs à du *bottom-up*, impliquant les non-experts dans les processus de recherche. Les sciences ou approches participatives sont de plus en plus présentes dans les revues internationales scientifiques, avec une croissance exponentielle des articles correspondants depuis le début des années 2000 [6].

1.2 Différents niveaux d'implication des citoyens dans les projets de sciences participatives

Il existe quatre niveaux d'implication croissante des citoyens dans les processus de recherche participative (figure **1**). Chaque niveau supérieur accumule les actions des niveaux inférieurs :

– le premier niveau est appelé « ***crowd sourcing*** » et consiste uniquement à capter par les citoyens de l'information qui serait utile à la recherche. Les participants sont invités à recueillir des données qu'ils fournissent à la recherche sans autre contrepartie que celle de participer à un projet de recherche d'intérêt public. De nombreuses initiatives à l'échelle nationale sont basées sur ce premier niveau, comme les observatoires participatifs qui permettent de référencer certains animaux ou végétaux. Le plus connu en France est « Vigie-Nature » porté par le Muséum national d'histoire naturelle, qui permet à tout citoyen d'observer, de communiquer et de référencer différentes espèces animales afin de participer à des inventaires nationaux sur l'évolution de la biodiversité (*cf.* chapitre 2.1) ;

– le deuxième niveau consiste à impliquer les citoyens dans la **co-interprétation** des résultats obtenus par le projet avec les chercheurs. Le citoyen fournit des données qui lui sont propres et en retour la recherche produit des résultats qu'elle leur restitue par différents moyens. Vient enfin un processus de co-interprétation des résultats impliquant les chercheurs et les citoyens. À partir de ce deuxième niveau, les chercheurs sont plus fortement et directement impliqués dans ces projets et soumis à une obligation de résultats, résultats qu'ils doivent argumenter avec pédagogie devant des non-experts ;

– le troisième niveau implique les citoyens dans la **co-construction** du projet en amont. Ce niveau nécessite que les citoyens soient déjà familiers avec les domaines étudiés et prêts à investir plus de temps passé. Ces projets, au-delà d'un intérêt général, présentent aussi des intérêts plus ciblés et en adéquation forte avec les attentes des citoyens sur un domaine considéré (par exemple impact et durabilité d'une pratique agricole ou d'un type d'aménagement urbain…) ;

– enfin, le quatrième niveau consiste en une **co-responsabilisation** des citoyens, notamment par un portage du projet pouvant aller jusqu'à son cofinancement. Cela nécessite qu'il y ait une confiance très élevée entre les chercheurs et les citoyens. Ce niveau est assez rare pour les sciences naturalistes et encore plus pour les projets sur la qualité biologique du sol, même si certaines initiatives commencent à voir le jour. Elles sont souvent associées à des questions sociétales et environnementales très prégnantes et portées par des collectifs de citoyens très investis. Citons en exemple les initiatives sur l'impact de certaines pratiques agricoles (utilisation de pesticides) portées par des collectifs de riverains ou de consommateurs qui s'inquiètent pour leur santé ou celle de leur environnement proche.

1.3 Prérequis pour mener à bien un projet de sciences participatives

Un projet participatif doit avoir certains prérequis logistiques, techniques, scientifiques et sociologiques pour être développé et mené à bien.

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

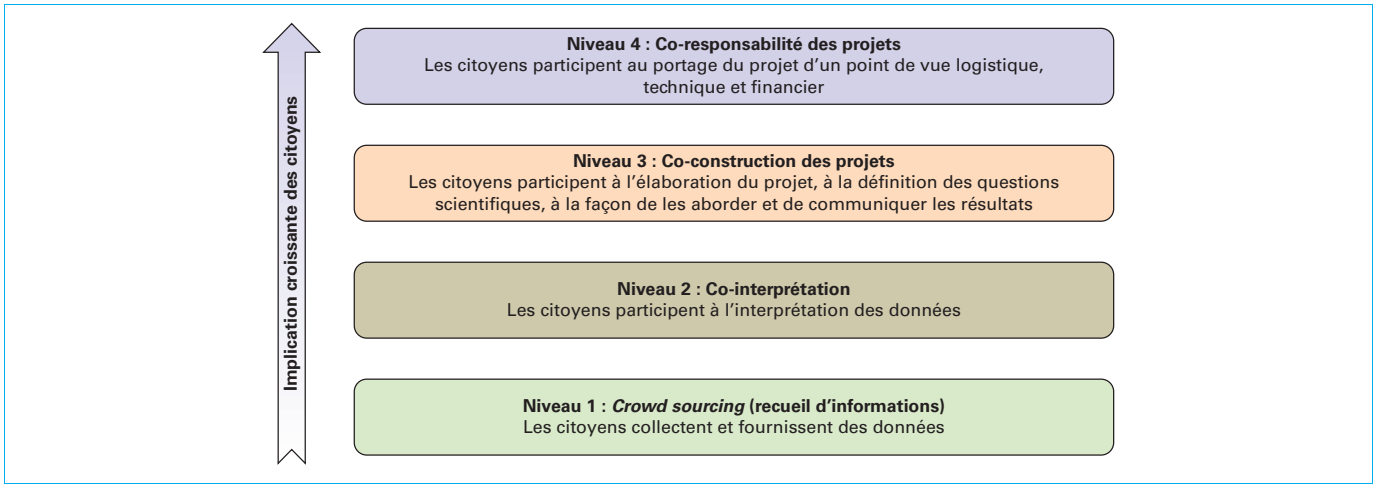


Figure 1 – Différents niveaux d'implication des citoyens ou usagers

Bien définir le besoin et la question de recherche

C'est à ce niveau que l'interaction entre les chercheurs experts et les citoyens est la plus forte et la plus stratégique. Les deux parties doivent co-définir le besoin, le transformer en question de recherche et surtout en recherche-action pour que la finalité du projet soit opérationnelle pour les citoyens. Il faut aussi définir les rôles de chacun, c'est-à-dire le niveau d'implication des citoyens (figure **1**) et des chercheurs. Ces derniers ont généralement pour mission de faire le point sur les connaissances existantes afin d'orienter le projet vers des pistes originales encore non explorées et à même de répondre au besoin identifié par les usagers au départ. Ils doivent s'assurer que la méthode scientifique est rigoureusement définie et appliquée pour la partie recherche du projet et ensuite fournir des outils adaptés et opérables par les citoyens usagers. Ils doivent aussi s'impliquer dans un processus de formation/sensibilisation des usagers sur la thématique abordée. Les usagers du sol doivent ouvrir leurs champs ou sites pour expérimenter ou mesurer les paramètres importants et doivent fournir les données nécessaires (type et historique des pratiques d'usage du sol, cadastre…) pour l'interprétation finale des résultats obtenus.

Mettre en place un réseau d'acteurs

Une fois la question de recherche déterminée, un réseau d'acteurs doit être mis en place. Par exemple, pour les projets sur la qualité biologique des sols, les acteurs prioritaires peuvent être les agriculteurs, les gestionnaires de sites, les aménageurs urbains, les jardiniers amateurs ou professionnels…, tous les usagers des sols intéressés par la question de recherche posée en somme.

La mise en place du réseau nécessite un fort investissement ; c'est une étape clé pour la réussite du projet de recherche-action. Sans réseau d'acteurs, ou sans appropriation par les usagers, le projet ne pourra pas voir le jour. Ce réseau peut être déployé à différentes échelles spatiales en fonction de la spécificité du besoin et de la question posée. Cela peut être à l'échelle relativement réduite d'un territoire, ou à celle plus large d'un pays ou d'un continent. Plus le réseau sera grand, plus la question posée doit être générique et plus son déploiement sera important et aura de l'impact. Toutefois, toutes les thématiques ne sont pas adaptées à toutes les échelles. Par exemple, l'impact d'aménagements urbains sur la qualité biologique des sols peut se limiter à l'échelle d'une ville alors que l'impact de certaines pratiques ou modes de production agricole peut se traiter à l'échelle d'un territoire agricole ou à une échelle nationale : le projet AgrInnov, qui étudie l'impact des pratiques agricoles sur la qualité biologique des sols s'appuie sur un réseau national français de plus de 250 parcelles en grande culture céréalières et en viticulture (figure **2**).

Il n'est pas toujours nécessaire de mettre en place un réseau d'acteurs *de novo* et certains projets peuvent utiliser des réseaux déjà existants. Dans le monde agricole il existe des réseaux de tailles différentes. Le réseau de fermes « Dephy » regroupe plus de 3 000 exploitations à l'échelle nationale qui sont toutes dans une logique de réduction des pesticides. À une échelle départementale, il existe les réseaux des chambres d'agriculture et à une échelle encore plus petite celui des GIEE (groupement d'intérêt environnemental et économique).

En France, l'appel à projets de recherche « Durabilité des systèmes de productions agricoles alternatifs évitant ou limitant l'utilisation des produits phytopharmaceutiques » piloté par le comité scientifique EcoPhyto-II+ ambitionne de faire évoluer les méthodes et outils existants et d'intégrer des dimensions nouvelles. Il paraît aussi essentiel dans cet appel à projets de recherche que ces outils et démarches d'évaluation et de gouvernance de la durabilité servent dans le cadre d'un dialogue et d'une co-construction entre des partenaires variés afin de balayer un panel d'expériences dans leur complexité (https://ecophytopic.fr/appel-projets-durabilite-des-systemes-de-productions-agricoles-alternatifs).

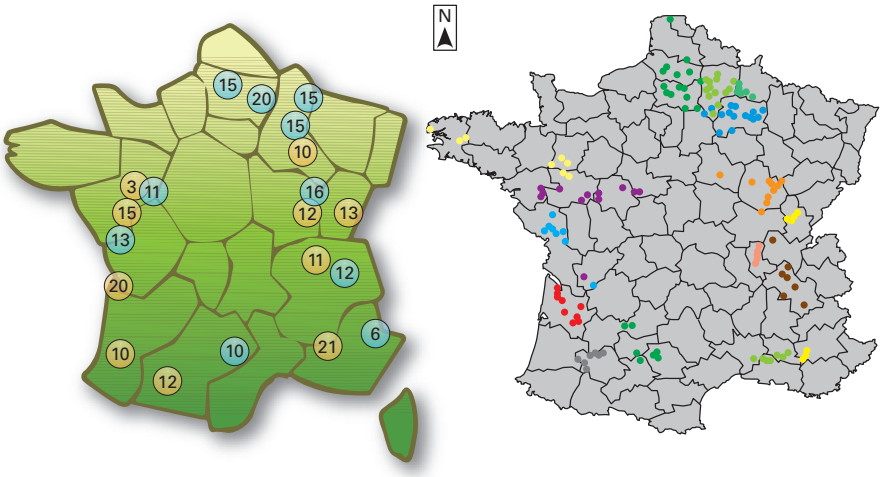
Toutefois, il faut bien faire attention à ce que le besoin identifié et la question de recherche abordée correspondent bien aux aspirations des acteurs d'un réseau déjà existant. Si ce n'est pas le cas, les acteurs ne seront pas motivés et n'iront pas au bout du processus de recherche-action qui leur demande un investissement non négligeable. De leur côté, les chercheurs découvriront trop tard que le réseau n'est pas adapté à la question de recherche et que les résultats obtenus ne sont pas robustes, génériques et/ou représentatifs et donc de faible qualité scientifique, ce qui peut entraîner une baisse de leur motivation et de leur implication. Pour ces différentes raisons, si la question de départ est vraiment originale, il est souvent nécessaire d'élaborer un nouveau réseau d'acteurs ou d'usagers en parfaite adéquation avec elle.

Sensibiliser et former les acteurs

Un réseau ne peut être mis en place *de novo* sans qu'il n'y ait auparavant un processus de sensibilisation des acteurs pour les « recruter » au sein de ce réseau. Cette sensibilisation est d'autant plus efficace lorsqu'elle vient des chercheurs experts qui sont impliqués dans le projet. Rien de tel qu'un expert scientifique reconnu pour parler aux agriculteurs de la biodiversité des sols et de l'intérêt de cette biodiversité pour les productions agricoles. À ce titre, les chercheurs issus d'instituts publics permettent d'ancrer le projet dans un processus de recherche objective et indépendante et ainsi rassurer les futurs acteurs du réseau sur les livrables du projet.

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28



Carte de gauche : les ronds bleus indiquent les groupes de parcelles en grande culture céréalières et les ronds orange en viticulture.
Le chiffre au sein de chaque cercle représente le nombre de parcelles différentes.
Carte de droite : positionnement précis de chaque parcelle étudiée.

Figure 2 – Réseau de parcelles agricoles du projet AgrInnov

Au-delà de la sensibilisation, des modules de formation doivent être proposés afin de mettre à niveau tous les acteurs du réseau sur les connaissances scientifiques, techniques et opérationnelles déjà référencées. Il conviendra de s'assurer que le projet missionne des experts scientifiques capables de développer ce processus de formation avec pédagogie. En retour, les usagers du réseau doivent être capables d'alimenter ces formations avec leurs connaissances propres (pratiques agricoles, observation des sols et des cultures…) afin de confronter les savoirs en amont du processus.

Adapter les outils de la recherche

Les projets de recherche avec des approches participatives doivent se baser sur des outils de mesure issus de la recherche et appropriables par les usagers des sols. Cela exclut les projets purement fondamentaux au profit d'un processus de recherche-action très opérationnel. Pour exemple, certains projets proposent d'étudier la biologie des sols avec des outils « dégradés » dans leur protocole pour les rendre plus abordables par les non-experts. Ainsi, les vers de terre sont étudiés avec un protocole plus pédagogique développé par l'Observatoire participatif des vers de terre (OPVT) de l'université de Rennes (*cf.* chapitre 3.1.5). L'objectif est de trouver le bon compromis entre des outils à la fois robustes et informatifs, mais opérables par les non-experts qui ont suivi une formation préalable. À l'inverse, certains organismes vivants du sol ne peuvent être caractérisés par simple observation. C'est notamment le cas des micro-organismes qui ne peuvent être étudiés que par des outils moléculaires disponibles dans des laboratoires spécialisés. Ceci limite l'implication des non-experts dans l'échantillonnage des sols, mais n'est pas rédhibitoire pour des approches participatives. L'important, c'est que les résultats obtenus soient facilement interprétables, ce qui est le cas pour les indicateurs d'abondance et de diversité microbienne. Pour illustrer ces propos, il est possible de faire le parallèle avec une analyse de sang. Personne ne connaît les méthodologies employées pour faire un bilan sanguin, mais presque tout le monde sait *a minima* identifier et interpréter une baisse de globules rouges par rapport à son mode de vie puisque le résultat de l'analyse est encadré par des valeurs de référence pour une population ciblée (pays, sexe, âge) : trop basses, normales ou excessives.

Outils numériques

La gestion d'un réseau d'usagers, la production de données techniques et d'observations de la part des acteurs nécessitent des outils puissants relevant du numérique, que ce soit pour la collecte, la gestion et la restitution des résultats. Il faut être conscient que les approches participatives doivent bénéficier de tels outils. Sans cela, certaines étapes sont retardées lorsque des livrables opérationnels nécessitent le développement de ces outils numériques qui peut être long et coûteux. L'idéal est de pouvoir bénéficier d'un partenaire impliqué dans le développement de tels outils dès le début du projet.

Élaborer des outils de co-interprétation des résultats

La force des approches participatives est de pouvoir faire échanger les savoirs entre les experts scientifiques et les usagers des sols. Ce processus d'échanges atteint généralement son apogée au moment de la co-interprétation des résultats. La plupart du temps, les usagers non experts se rendent compte de l'intérêt de ce type de projet au moment de cette étape. Toutefois, ce processus de co-interprétation doit bien se préparer en amont afin de ne pas fragiliser cette étape cruciale du projet qui renforce la confiance des experts et des usagers les uns vis-à-vis des autres. Des règles simples peuvent être appliquées, comme :

– des supports de présentation pédagogiques avec des résultats intelligibles pour les non-experts ;
– de l'humilité et de la bienveillance dans les échanges, notamment de la part des experts ;
– une honnêteté importante sur les conclusions scientifiques à même d'être rendues aux usagers acteurs du projet.

Bien choisir la structure porteuse du projet

Enfin, un point à ne pas négliger dans le montage d'un projet de recherche-action avec des approches participatives est le choix de la structure porteuse. Ce choix dépend généralement de la question posée et de la légitimité d'une structure à la porter. Pour des questions plus scientifiques, ce sont généralement des instituts de recherche ou techniques qui portent les projets. Pour des problématiques plus finalisées et avec une forte attente opérationnelle, des structures du type chambre d'agriculture, groupement d'agriculteurs ou des associations agroenvironnementales voire même des collectivités territoriales peuvent être porteuses du projet. Dans le domaine de la qualité des sols, il est encore assez rare de voir des structures privées industrielles porter des projets alors que ceci est courant dans le monde de la santé où les industries pharmaceutiques portent de nombreux projets de ce type.

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

À retenir

– Le sol est un écosystème riche et indispensable pour la durabilité de nos sociétés.

– Les sciences participatives associent des experts scientifiques en écologie du sol et des citoyens usagers des sols (agriculteurs, gestionnaires de site, aménageurs urbains).

– L'implication des citoyens peut aller de la simple demande d'information jusqu'à la co-construction des projets de recherche, voire le cofinancement.

– Les projets participatifs améliorent fortement la sensibilisation et l'éducation des citoyens ainsi que le transfert des connaissances et des outils de la recherche.

2. Grands projets naturalistes avec des approches participatives

L'intérêt des approches participatives pour les sciences naturalistes est réapparu depuis une dizaine d'années en France avec différentes initiatives institutionnelles. Il reste toutefois à déplorer que la plupart de ces projets ne concernent pas ou peu le sol et sa biodiversité. Ceci s'explique en particulier par le manque d'outils d'observations des organismes du sol qui sont petits, peu accessibles et dont l'intérêt culturel ou patrimonial n'est pas encore reconnu par le grand public. Parmi les grands projets d'observation et de référencement de la biodiversité en France, il y a ceux portés par le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN), mais aussi ceux de l'INRAE dont l'objectif est de combattre certaines maladies parasitaires avec l'aide du grand public.

2.1 Vigie-Nature

Vigie-Nature (coordinatrice scientifique A. Dozières, Muséum national d'histoire naturelle, Paris http://vigienature.mnhn.fr) est un programme de sciences participatives visant à étudier le devenir de la biodiversité face aux changements globaux à l'échelle française. Vigie-Nature regroupe plusieurs observatoires de la biodiversité. Ces observatoires proposent à chacun, selon ses connaissances, ses disponibilités et son intérêt, de collecter des informations standardisées sur la biodiversité. Visant initialement un public de naturalistes amateurs – avec l'objectif d'augmenter les couvertures spatiale et temporelle des données disponibles pour la recherche en écologie – Vigie-Nature s'est progressivement ouvert à d'autres publics : citoyens non experts, professionnels de la nature et scolaires.

Tous les observatoires reposent sur des partenariats avec des associations d'étude et de protection de la nature. Ces partenariats prennent des formes variées en fonction des observatoires, mais d'une façon générale, les chercheurs du muséum sont chargés d'analyser et de valoriser les données issues des observations par la production de publications scientifiques, d'indicateurs d'état de la biodiversité et par un retour des résultats aux observateurs ; les associations sont en charge de l'animation des réseaux d'observateurs et d'apporter une expertise naturaliste aux projets.

Vigie-Nature poursuit trois objectifs principaux :

(i) un objectif scientifique avec la collecte d'une grande quantité de données standardisées permettant aux scientifiques de surveiller l'état de la biodiversité ;

(ii) un objectif éducatif, la sensibilisation à la biodiversité par l'observation de la nature ;

(iii) un objectif politique, en définissant des indicateurs de biodiversité et en construisant des scénarios pour évaluer les conséquences plausibles de différentes politiques.

Aujourd'hui, 15 programmes différents ont été développés, chacun visant à répondre à une question spécifique et basée sur des protocoles standardisés (figure **3**). Les programmes sont adaptés à différents types de publics : naturalistes qualifiés, agriculteurs, enseignants dans leurs écoles, gestionnaires d'espaces verts, et pour la moitié d'entre eux, le grand public. Chaque année, plus de 15 000 bénévoles participent à la collecte des données sur les espèces communes. Chaque programme se concentre sur un groupe particulier d'espèces : oiseaux, papillons, chauves-souris, escargots, insectes pollinisateurs, libellules, plantes sauvages des villes…

Au cours des 10 dernières années, plus de 100 publications scientifiques internationales ont été produites à partir de ces données. Elles permettent en particulier d'étudier les réponses du vivant face aux changements globaux comme les changements climatiques ou les changements d'usage des terres. Par exemple, en 2017, grâce aux comptages réguliers des naturalistes amateurs du STOC (suivi temporel des oiseaux communs), les chercheurs ont pu déterminer qu'1/3 des oiseaux agricoles avaient disparu dans les campagnes françaises en 20 ans. Une étude a montré l'impact de l'intensification de l'agriculture sur les comportements des oiseaux qui viennent se nourrir dans les jardins [7]. Grâce aux participants à l'Opération papillons, il a été établi que l'usage ne serait-ce que d'un pesticide diminue en moyenne de moitié le nombre d'espèces de papillons observées dans les jardins, démontrant ainsi l'impact des pratiques individuelles sur la biodiversité [8].

Une telle participation a également des conséquences importantes sur les participants eux-mêmes : amélioration des connaissances sur la biodiversité, évolution des pratiques avec une meilleure prise en compte de la biodiversité. Ainsi le Spipoll est un projet de sciences participatives ouvert à toutes les personnes intéressées par les insectes (https://www.spipoll.org/). Les « Spipolliens » ont vu leur niveau en entomologie progresser au fur et à mesure de leurs observations [9], et la participation à l'Opération papillons a entraîné une modification des pratiques de jardinage, avec notamment une diminution de l'utilisation de pesticides [10]. Ces résultats démontrent la valeur transformatrice des sciences participatives.

2.2 Observatoire agricole de la biodiversité

Lancé à l'initiative du ministère en charge de l'agriculture en 2009, l'Observatoire agricole de la biodiversité (OAB) est le volet de Vigie-Nature dédié aux agriculteurs. Coordonné par le MNHN, il s'appuie sur différents partenaires (http://observatoire-agricole-biodiversite.fr).

L'ensemble des données récoltées dans le cadre de l'OAB fournit des éléments pour approfondir les connaissances sur la biodiversité des milieux agricoles, pour mieux comprendre son évolution au cours du temps et les relations qu'elle peut avoir avec les pratiques agricoles. Les résultats issus de la mise en commun de ces observations permettent d'établir des références et des tendances à une échelle nationale.

Près de 2 500 parcelles ont été suivies au niveau national depuis 2011 (tous types d'agriculture confondus : grandes cultures, viticulture, maraîchage, prairie…), ce qui permet de dégager des orientations générales communes, ou au contraire de mettre en avant certaines spécificités liées au territoire ou au type de culture. Les données de l'OAB apportent ainsi une preuve de concept sur les possibilités de mesurer les liens entre pratiques agricoles et biodiversité, en s'appuyant sur des observations réalisées par des agriculteurs. Par ailleurs, l'OAB répond à un objectif de sensibilisation des agriculteurs et de l'ensemble des parties prenantes à la préservation de la biodiversité. Cette expérience montre l'importance de l'observation directe pour faciliter la compréhension et l'appropriation des enjeux liés à la biodiversité.

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

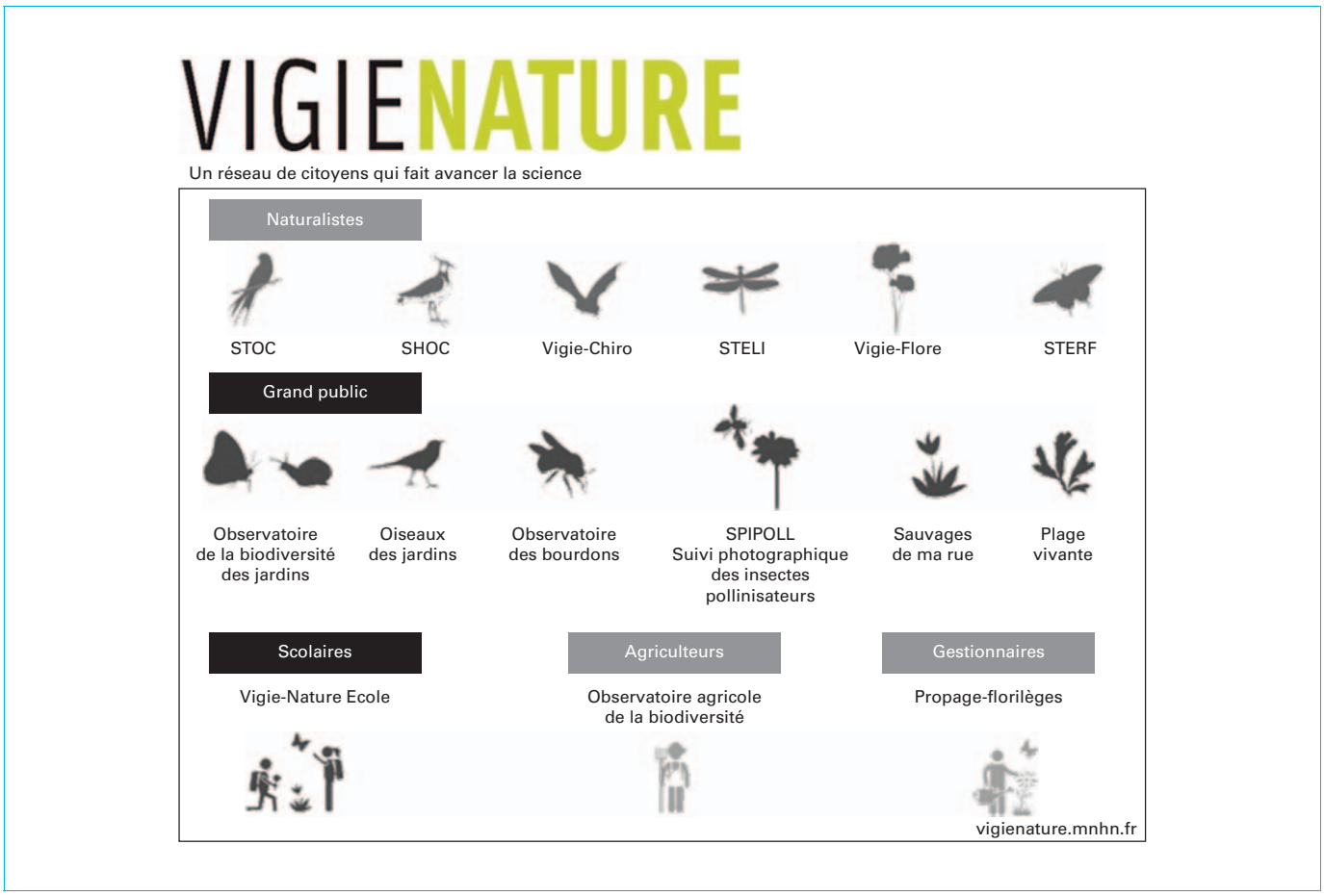


Figure 3 – Projets et cibles de Vigie-Nature

L'Observatoire agricole de la biodiversité est proposé dans les établissements d'enseignement agricole. L'enjeu est alors de sensibiliser les futurs agriculteurs à la relation entre agriculture et biodiversité, thématiques encore souvent cloisonnées chez les apprenants, que ce soit dans leurs disciplines ou leurs représentations.

Ce dispositif a montré que la participation, même à ce niveau relativement modeste, pouvait accompagner les exploitants dans des démarches de changements de pratiques pour une meilleure prise en compte de la biodiversité. Une étude réalisée en 2015 [11] a mis en évidence l'utilisation de l'OAB pour évaluer l'impact de la mise en place de nouveaux aménagements ou infrastructures sur la biodiversité. Elle a également montré le rôle de l'OAB en tant que « médiateur de l'apprentissage collectif au sein d'un groupe de pairs ». Enfin, cette étude a montré que l'OAB permettait un repositionnement professionnel des agriculteurs, en devenant acteurs de l'étude de la biodiversité, quittant ainsi le statut trop souvent attribué d'accusé.

L'OAB s'inscrit dans le cadre de la stratégie nationale pour la biodiversité 2011-2020, et vise à mesurer des indicateurs de biodiversité pertinents dans le cadre de la mise en œuvre d'une agriculture durable. Il permet de caractériser la biodiversité en milieu agricole dans la perspective d'identifier les éléments de paysage et de pratiques favorables à la biodiversité au niveau local et donc aux services écosystémiques.

Il propose quatre protocoles d'observation de la biodiversité ordinaire aux agriculteurs intéressés et volontaires, concernant des taxons choisis pour leur lien avec l'agriculture (http://observatoire-agricole-biodiversite.fr/sites/observatoire-agricole-biodiversite.fr/files/upload/attached/flyeroaboctobre2015.pdf).

Ces groupes d'espèces rendent des services écosystémiques et leur présence et diversité donnent des indications sur le paysage agricole, la pollinisation ou encore la qualité des sols :

– protocole « nichoirs » pour le suivi des abeilles solitaires : environ 80 % des variétés cultivées en Europe dépendent des insectes pour la production, en termes de rendement et de qualité. Le rôle que joue la pollinisation est donc inestimable. Les abeilles solitaires interviennent de manière complémentaire aux abeilles domestiques. Leur suivi permet de donner des indications sur la qualité des milieux favorables à leur cycle de vie ;

– protocole « placettes » pour le suivi des vers de terre : les vers de terre constituent la plus grande biomasse terrestre. Ils participent activement à la fertilité et à la structuration des sols : dégradation, fractionnement et brassage de la matière organique, ils favorisent également l'aération du sol et l'infiltration de l'eau et des racines. Leur présence et leur activité sont donc liées aux propriétés physiques et chimiques du sol ; ils sont ainsi de véritables révélateurs de la qualité des sols ;

– protocole « planches » pour le suivi des invertébrés terrestres : les carabes sont d'importants prédateurs de ravageurs, ils sont considérés comme auxiliaires de cultures. Liés à la présence de haies et à la couverture du sol, ils donnent également des indications sur les éléments du paysage. Les mollusques, quant à eux, contribuent à la fabrication de l'humus et au maintien de la qualité

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

des sols. Sensibles aux perturbations, ils donnent des informations complémentaires à celles liées aux insectes. L'assemblage d'invertébrés phytophages et prédateurs permet de mettre en évidence l'équilibre de l'écosystème au sein d'une exploitation ;

– protocole de suivi des papillons de jour par « transects » : les papillons font également partie des pollinisateurs au stade adulte tandis que certains sont ravageurs au stade larvaire. La gestion de la végétation influence directement les populations de papillon. Sensibles aux habitats, leur présence et leur diversité dépendent des aménagements présents sur le territoire. La diversité de leur besoin écologique nous permet donc d'avoir des indications sur l'état des milieux à l'échelle du paysage.

2.3 Projet CiTIQUE

Le programme de recherche participative CiTIQUE (coord. P. Frey Klett, INRAE Nancy) vise à mieux connaître l'écologie des tiques et des maladies associées, dont la maladie de Lyme, afin d'améliorer la prévention des risques liés aux piqûres de tique [12]. Ce programme a été mis en place suite au constat que le risque infectieux associé aux piqûres de tiques est une question sanitaire très largement débattue actuellement en France et dans le monde. D'un côté, les citoyens inquiets pour leur santé interrogent les pouvoirs publics et les chercheurs sur le risque potentiel. De l'autre, les chercheurs manquent cruellement de données écologiques et d'échantillons pour apporter des réponses argumentées sur une problématique complexe. Il a donc été décidé que la meilleure stratégie opérationnelle pour répondre à ces questionnements était de mettre en place un projet de recherche participative associant chercheurs et citoyens.

L'objectif de ce programme est triple :

(i) procéder à une collecte massive de données sur la répartition géographique des piqûres de tiques et des agents pathogènes qu'elles transportent, en fonction des milieux, de la météorologie et des saisons, afin de pouvoir cartographier le risque sanitaire que représentent les tiques en France ;

(ii) sensibiliser tous les citoyens au risque et former aux bonnes pratiques de prévention les professionnels soumis à ce risque, et ;

(iii) créer de véritables moments de dialogues des savoirs, d'écoute et de partage entre chercheurs et citoyens, sur une problématique sanitaire très controversée.

Le programme CiTIQUE (figure **4**) associe les citoyens de tous âges à toutes les étapes de la démarche scientifique, depuis la formulation des questions de recherche jusqu'à l'analyse et l'interprétation des résultats, en passant par la collecte de données et l'expérimentation dans un vrai laboratoire de recherche ouvert au public [13]. Il s'appuie sur un large réseau de partenaires impliquant des scientifiques, des professionnels de différents secteurs, des acteurs publics et de l'éducation, et des associations. Un

Figure 4 – Architecture du projet Citique

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

réseau de bénévoles s'est également organisé pour appuyer et faire rayonner ce programme.

Les citoyens (élèves, professionnels, associations, grand public) peuvent s'impliquer à différents niveaux :

(i) en faisant connaître le programme autour d'eux à l'aide de documents de communication mis à leur disposition (flyers, affiches, kits de collecte de tique…) ;

(ii) en signalant une piqûre de tique grâce à l'application gratuite web et mobile « Signalement Tique » qui permet de collecter des données écologiques sur les piqûres et de les géoréférencer ;

(iii) en envoyant la/les tiques ayant piqué une personne ou un animal au laboratoire « Tous chercheurs » d'INRAE Grand Est-Nancy où elles sont ensuite répertoriées et stockées dans la première tiquothèque française de tiques piqueuses, ouverte à la communauté scientifique nationale et internationale ;

(iv) en participant à des stages de recherche gratuits et ouverts au public au cours desquels les citoyens encadrés par des scientifiques découvrent et comprennent la démarche scientifique tout en contribuant, comme des chercheurs, à l'analyse des tiques envoyées par d'autres citoyens participant au programme ;

(v) en participant à des formations visant à co-construire un discours et des pratiques de prévention partagées, basées sur des connaissances scientifiques et les résultats du programme CiTIQUE.

Depuis le lancement du projet en juillet 2017, ce sont :

– 12 130 citoyens qui ont utilisé l'application « Signalement Tique » ;
– 17 730 signalements de piqûres sur les humains et 5 862 sur les animaux ;
– une tiquothèque de plus de 30 000 tiques piqueuses ;
– près de 200 citoyens-chercheurs de 10 à 73 ans ayant participé aux stages de recherche ;
– 1 000 tiques piqueuses identifiées ;
– 1 530 tiques analysées pour la présence d'agents pathogènes ;
– plus de 100 professionnels formés.

Grâce à une forte mobilisation citoyenne, CiTIQUE a pu dresser une première cartographie régionale des signalements de piqûre de tiques, qui va continuer à s'enrichir grâce aux futurs signalements. Le programme a également révélé qu'une part importante des piqûres (28 %) est signalée dans des jardins privés (3 % dans les parcs publics) contre 49 % en forêt, ce qui nécessite de repenser la prévention dans ces espaces familiers où les gens sont peu enclins à suivre strictement les mesures de prévention individuelle préconisées pour les sorties en forêt. L'analyse des tiques piqueuses envoyées à CiTIQUE a par ailleurs permis d'établir une première cartographie nationale de la distribution des agents pathogènes transmissibles par les tiques, notamment la bactérie responsable de la maladie de Lyme (*Borrelia burgdorferi*) dont la distribution s'avère bien plus étendue que ce qui est rapporté dans la littérature scientifique. Enfin, des questions de recherche originales sur le risque sanitaire que représentent les tiques qui piquent les animaux de compagnie [13], proposées par les citoyens eux-mêmes lors des stages de recherche ouverts au public, ont permis d'obtenir des résultats encourageants sur la diversité des espèces de tiques piqueuses de chiens et de chats et sur la prévalence de l'agent responsable de la maladie de Lyme dans ces tiques.

Si de plus en plus de projets de recherche participative se mettent en place en France et à l'étranger, cela reste une première d'accueillir les citoyens dans un laboratoire de recherche ouvert au public, pour participer à toutes les étapes de la démarche expérimentale dans le cadre de recherches en cours. C'est aussi la première fois que des résultats d'identification morphologique de tiques et d'analyses d'agents infectieux par biologie moléculaire sont générés par des citoyens. Le programme CiTIQUE démontre ainsi qu'il est possible de pratiquer une recherche expérimentale de pointe autrement, avec et pour les citoyens, grâce au dispositif « Tous chercheurs ».

À retenir

– Depuis 20 ans, les premiers projets de sciences participatives sur la biodiversité se sont intéressés aux approches naturalistes.
– Ces projets ont amélioré le recensement de certaines espèces d'animaux ou végétaux à l'échelle nationale et sont d'intérêts publics.
– Certains de ces projets combinent des objectifs de production de connaissances et de santé publique (projet CiTIQUE).
– Le sol est encore peu considéré dans ces projets.

3. Premiers projets de sciences participatives sur la biodiversité des sols

Depuis une trentaine d'années la recherche a beaucoup investi sur le développement d'outils modernes permettant de mieux caractériser la biodiversité des sols. Ceci a permis une forte production de connaissances dans ce domaine. En parallèle, les outils de la recherche sont devenus plus opérationnels et certains ont même été labellisés comme des bioindicateurs puissants et robustes (projet Bioindicateurs ADEME [14]). Dans le contexte sociétal actuel d'un rapprochement des sciences et du citoyen, ceci a permis de voir apparaître des projets avec des approches participatives dédiés à améliorer le référencement de la biodiversité des sols et à mieux évaluer l'impact des activités humaines sur cette biodiversité et les services qu'elle rend. Toutefois, si les sciences participatives sont réapparues significativement dans les processus de recherche à la fin du 20e siècle, il a fallu attendre les années 2010 pour commencer à voir apparaître des projets portant sur le sol et plus particulièrement sur la qualité biologique des sols.

La qualité biologique d'un sol correspond à sa capacité à héberger une grande quantité et diversité d'organismes vivants (figure **5**). Cette vision opérationnelle de la biodiversité d'un sol est reliée au fait que plus il y a de biodiversité dans un sol, plus il est capable de remplir des grandes fonctions biologiques qui peuvent être traduites en fonctions agronomiques qui elles-mêmes sont à la base des grandes problématiques agricoles ou d'aménagements urbains (figure **6**). Cette qualité biologique doit pouvoir être mesurée par des indicateurs afin de rendre un diagnostic sur la bonne ou mauvaise qualité biologique d'un sol et sur l'impact des activités humaines associées (agricoles, urbaines, industrielles…). Pour plus de détails sur cette notion et sur les indicateurs opérationnels disponibles à ce jour voir les articles [GE 1 051] [GE 1 052] et [GE 1 058].

Parmi la grande diversité d'organismes présents dans le sol, tous ne sont pas encore suffisamment connus et étudiés pour faire partie de projets avec des approches participatives. L'analyse des différents projets de recherche participative montre un paradoxe sur les organismes les plus investigués. Logiquement les organismes de la macrofaune dont la taille est supérieure à quelques millimètres sont assez fréquemment abordés. Ceci est dû au fait qu'ils sont visibles à l'œil nu et donc facilement repérables et indentifiables par des non-experts. Le paradoxe vient des micro-organismes qui sont de plus en plus abordés dans les projets et ceci malgré le fait qu'ils soient de très petites tailles, très abondants (plusieurs milliards par gramme de sol) et très diversifiés (plusieurs millions d'espèces par gramme de sol). Ceci s'explique par le fait qu'ils sont à la base de toutes les fonctions biologiques du sol et que les outils moléculaires de caractérisation de ces organismes, bien que complexes techniquement, donnent des résultats assez simples d'interprétation et donc assez abordables par les non-experts.

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

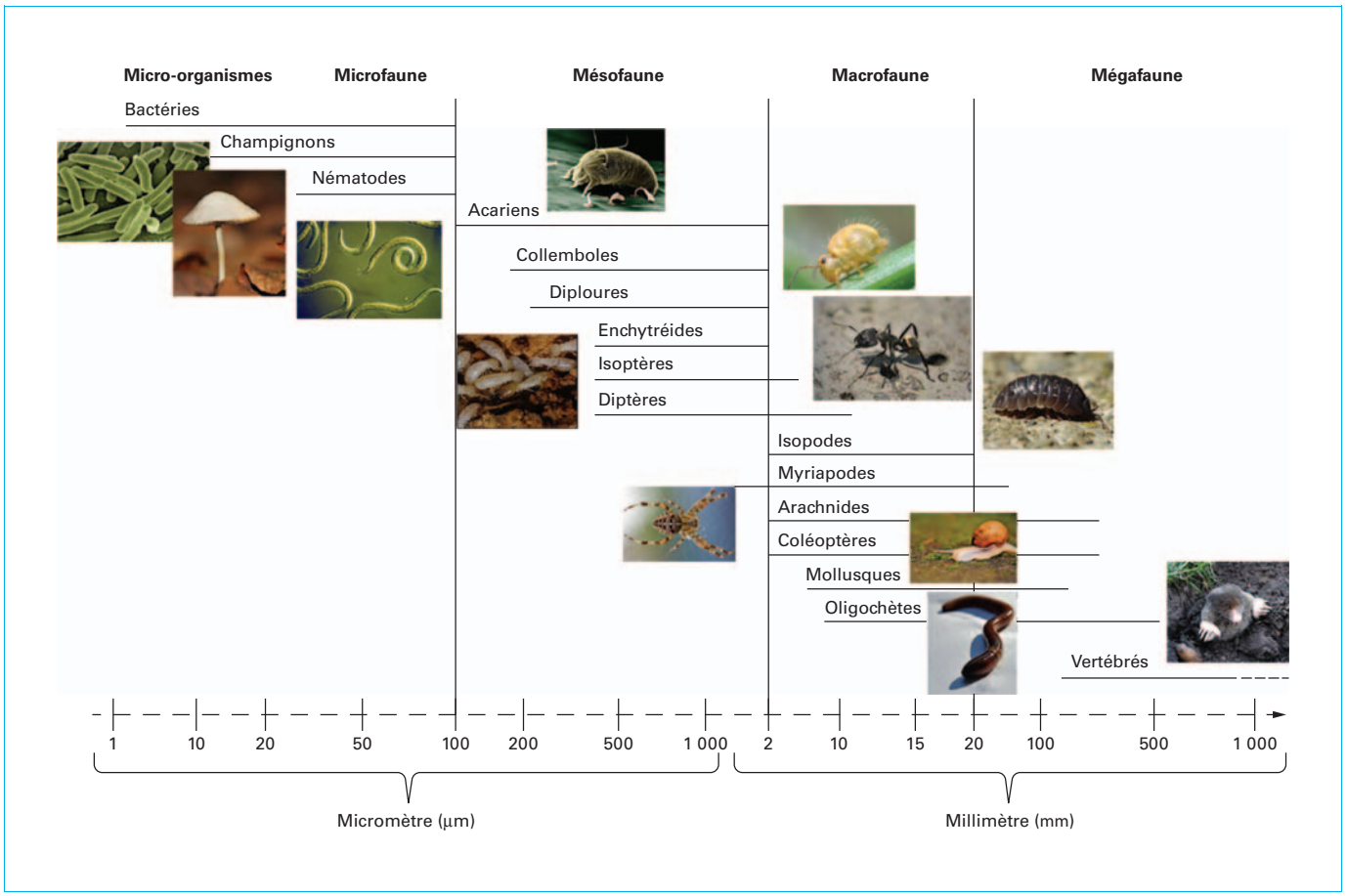


Figure 5 – Organismes hébergés par le sol (modifié d'après [GE 1 051])

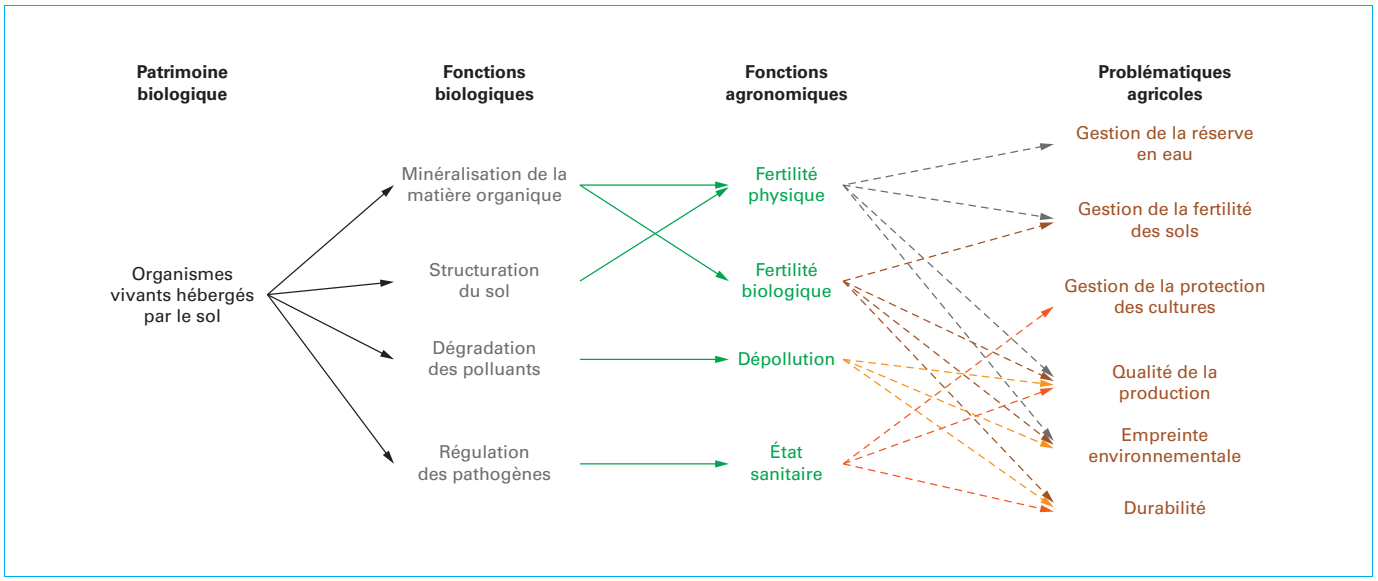


Figure 6 – La biodiversité des sols au service des problématiques agricoles

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

L'idéal serait que d'autres projets se développent, qui ne soient pas restreints à un seul type d'organisme du sol mais plutôt à un ensemble relativement complet d'organismes vivants pour bien évaluer la qualité biologique d'un sol dans sa globalité.

3.1 Projets sur la qualité biologique des sols agricoles

3.1.1 Projet AgrInnov

Dans le domaine de la qualité biologique des sols agricoles, le premier projet développé avec une approche participative est le projet AgrInnov. Il a été financé par le ministère de l'agriculture (CASDAR 2011 et 2015), porté par une association (Observatoire français des sols vivants http://www.ofsv.org, E. D'oiron) et coordonné par l'INRAE (coord. scientifique L. Ranjard, INRAE Dijon). Ce projet a permis de faire travailler directement les agriculteurs et les chercheurs en écologie du sol, en établissant un contexte d'échange de savoirs dans lequel chacun apportait son expertise, soit sur l'agriculture, soit en science [15]. Ensemble ils ont développé, validé et appliqué un tableau de bord d'indicateurs biologiques de la qualité des sols (comprenant des indicateurs de faune du sol, de microbiologie et agronomiques) sur un réseau de 250 parcelles en grande culture et en viticulture dans toute la France.

Les indicateurs de faune prenaient en compte l'abondance et la diversité taxonomique des vers de terre, des nématodes et des micro-organismes. Les indicateurs agronomiques comprenaient les paramètres physico-chimiques des sols (pH, texture, carbone organique, azote total…) ainsi que les mesures de l'état structural du sol et de ses potentialités de dégradation de la matière organique. L'ensemble de ces indicateurs a ensuite été agrégé en deux indicateurs de synthèse : l'un caractérisant l'état du patrimoine biologique du sol et l'autre, plus fonctionnel, la fertilité biologique du sol.

En parallèle de ce tableau de bord, des formations sur la biologie des sols ont été élaborées ainsi qu'un mode opératoire de transfert des résultats obtenus dans le projet. Les agriculteurs ont rempli des enquêtes sur leurs pratiques et leur système de culture, ce qui a permis de dégager différents critères agronomiques pertinents pour faire le lien entre les pratiques et les indicateurs de qualité biologique des sols.

D'un point de vue technique et opérationnel, Agrinnov a permis de valider la séquence de diagnostic de la qualité des sols agricoles par les agriculteurs eux-mêmes. Les indicateurs de synthèse développés par les chercheurs ont apporté des réponses aux questionnements des agriculteurs sur le patrimoine biologique de leur sol et sur son implication dans la fertilité biologique.

D'un point de vue scientifique, il a été démontré que moins de 20 % des parcelles testées étaient dans un état critique en termes de patrimoine biologique du sol.

Ceci est plutôt encourageant quant à la qualité des sols agricoles en France, même s'il faudrait développer leur surveillance sur un plus grand nombre de fermes et de systèmes de production afin d'avoir un diagnostic plus exhaustif et représentatif.

Fait remarquable, plus de 97 % des agriculteurs ont suivi la démarche jusqu'au bout avec un fort investissement de leur part. AgrInnov prouve ainsi :

i) l'intérêt des agriculteurs pour la qualité de leur sol et ;

ii) les capacités de transferts techniques de la recherche vers les utilisateurs des sols. Une enquête effectuée à la fin du projet a montré que 60 % des agriculteurs et viticulteurs du réseau avaient commencé à modifier certaines de leurs pratiques sur la base du diagnostic et des réflexions initiées dans ce projet (figure **7**).

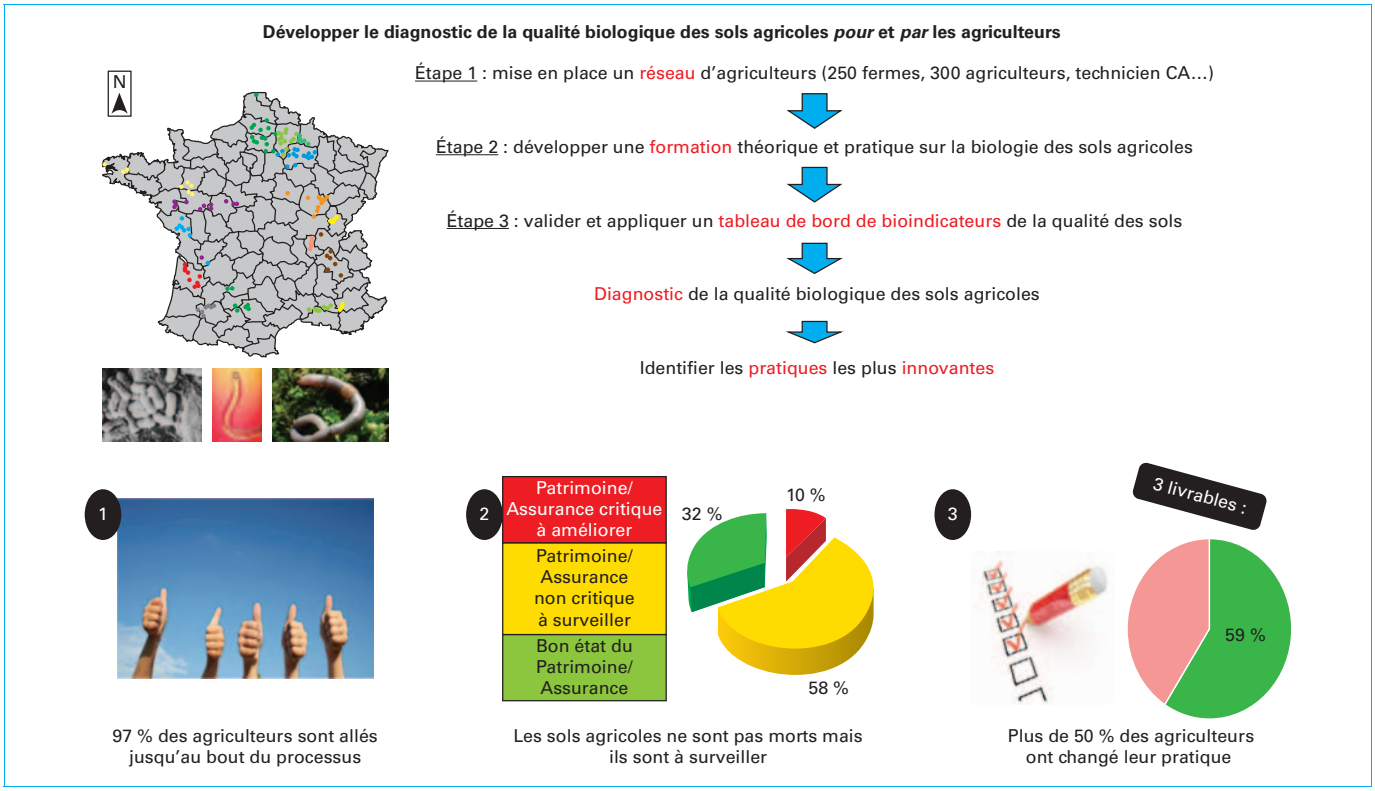


Figure 7 – Mise en place et livrables du projet AgrInnov

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

Dans ce contexte et à la suite d'AgrInnov, des structures de prestation ont été confortées dans leur position et d'autres ont vu le jour. La société ELISOL Environnement (https://www.elisol.fr) et l'OPVT (Observatoire participatif des vers de terre, https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT_accueil.php) ont pu, grâce au projet, consolider leur rôle d'experts sur la faune du sol en lien avec les pratiques agricoles. De son côté, l'ESA a développé une structure (LEVAbag MD) proposant une nouvelle prestation de service dans le monde agricole basée sur l'évaluation de la capacité de dégradation de la matière organique dans le sol. Grâce au projet AgrInnov, les filières de formation et de diffusion du tableau du bord analytique sur les indicateurs de la biologie des sols agricoles ont pu voir le jour et être consolidées. Fort de ces succès, d'autres projets sur les sols agricoles ont vu le jour, ainsi que sur d'autres écosystèmes, comme les écosystèmes urbains (*cf.* § 3.1.2).

3.1.2 REVA (Réseau d'expérimentation et de veille à l'innovation agricole)

Ce réseau de recherche participative, créé en 2016 par l'Observatoire français des sols vivants (coordination E. D'oiron, OFSV http://www.ofsv.org), travaille en partenariat avec l'ESA, l'ISARA, l'INRAE de Dijon, l'université de Rennes 1, l'OPVT et ELISOL Environnement. Issu du projet CASDAR AgrInnov, le REVA est un trait d'union permanent entre les agriculteurs et la recherche. Il porte l'objectif commun des deux communautés de rendre leur autonomie décisionnelle aux agriculteurs et d'identifier les pratiques favorisant la biologie des sols, la santé et la performance agroécologique des systèmes de culture.

À ce jour, plus de 500 domaines agricoles et viticoles sont référencés dans le REVA. L'approche participative reste d'actualité avec des agriculteurs de plus en plus impliqués au sein de ce réseau. Les analyses de qualité biologique ne sont plus suivies sur une seule année mais sur une période de cinq ans, afin de mettre en place un monitoring des sols en fonction des changements de pratiques et de déterminer notamment les modalités de résilience du sol suite à ces changements. Le REVA devient aussi pour la recherche un terrain de validation pour tester la robustesse, la sensibilité et l'opérationnalité de nouveaux indicateurs de la qualité des sols avant leur intégration dans le tableau de bord pour compléter ou remplacer d'autres indicateurs. De son côté, la recherche a accès aux données accumulées et met en place des stratégies d'analyses de données pour évaluer l'impact des pratiques agricoles sur la biodiversité des sols et les fonctions associées et ainsi déduire les pratiques les plus innovantes à-même de remplir les objectifs de la transition agroécologique.

La formation est le point d'entrée obligatoire du REVA : destinées aux agriculteurs et aux techniciens-animateurs des groupes, les sessions durent deux jours pour les premiers (un jour avant les prélèvements pour apprendre les outils et le protocole d'échantillonnage, un jour pour la restitution des résultats) et quatre pour les seconds (pour apprendre les outils et leurs fondements scientifiques, l'échantillonnage, l'ingénierie de projet, le rôle de l'animateur).

Le REVA fonctionne comme une plateforme d'expérimentation dans laquelle l'ingénierie de projet et les outils ont été validés dans le cadre de projets de recherche (CASDAR AgrInnov, QUESACTES) et sont robustes scientifiquement et techniquement. L'ensemble permet aux agriculteurs d'identifier les pratiques les plus intéressantes et les plus enviables à mettre en œuvre chez eux pour promouvoir la fertilité du sol, qu'ils cherchent à progresser sur un sujet spécifique (réduction des phytos, intérêt du couvert permanent, transition BIO en semis direct, etc.) ou qu'ils viennent simplement s'assurer que le processus de production est optimal.

L'ingénierie et l'accompagnement pédagogique mis en œuvre lèvent beaucoup de freins au changement : par le fait de ne donner en référence que des exemples « mesurés objectivement » et « en conditions réelles » (et visitables) ; aussi parce que les animateurs de groupes sont formés pour mettre les agriculteurs en situation de formuler eux-mêmes leur diagnostic et le choix des actions améliorations à mettre en œuvre, dans le respect de leurs contraintes d'entrepreneurs.

À court terme, un service de benchmark plus performant donnera accès à des possibilités de comparaison plus nombreuses et plus inspirantes encore. Les agriculteurs proches géographiquement sont actuellement regroupés par grands modes de production : grandes cultures, polyculture, élevage et viticulture. À terme, il sera possible de constituer des groupes dont le dénominateur commun sera la temporalité des productions : cultures pérennes ou cultures annuelles. Cette approche un peu différente permettra de s'appuyer sur les référentiels existants pour étudier par exemple l'arboriculture fruitière en même temps que la viticulture, ou le maraîchage en même temps que les grandes cultures. De la même manière, alors que les groupes REVA se déploient actuellement exclusivement sur des sols agricoles, il sera possible progressivement d'intégrer des surfaces forestières ou des parcs.

Depuis 2019, les outils de suivi de l'impact des pratiques sur la qualité biologique des sols ont été affinés pour que les agriculteurs puissent suivre « en routine », c'est-à-dire annuellement, l'impact sur leurs sols des changements et des améliorations qu'ils apportent à leur système de production. Dans cette optique, le tableau de bord de la première année est plus complet que celui des années suivantes : il correspond à un état des lieux sur la « qualité biologique des sols », tandis que les années suivantes permettent de suivre « l'évolution de la vie des sols » par rapport à la première année. Les indicateurs de la première année (physico-chimie, structure (test bêche), fractionnement de la matière organique, abondance et diversité biologique (lombriciens, nématodes et microorganismes) et activité biologique (LEVAbag^{MD})) s'agrègent en deux indicateurs de synthèse pour décrire la fertilité biologique (court terme) et le patrimoine biologique (durabilité).

Pour le suivi de routine, une sélection restreinte des indicateurs inclus dans l'état des lieux concoure à caractériser l'évolution de la vie des sols. Un second chapitre du tableau de bord agricole est identique chaque année, il porte sur la caractérisation du système de culture de l'agriculteur et permet de voir son évolution tout en intégrant son historique.

Depuis la naissance du REVA, l'OFSV a progressivement créé une base de données et des applications environnantes, aujourd'hui sans précédent, pour produire les tableaux de bord utilisables directement par les agriculteurs. En outre, elle permettra d'ouvrir un nouveau chapitre de collaboration avec les équipes de recherche partenaires de l'OFSV : tester des algorithmes prédictifs, identifier des tendances, ou tester d'autres indicateurs transférables aux agriculteurs. Il sera alors possible de produire des résultats synthétiques, scientifiques, spécialisés, ou vulgarisés, suivant les destinataires de l'information. Dans tous les cas, cela permettra de mettre en valeur et faire connaître les systèmes de culture respectueux de la qualité biologique des sols.

Depuis 2019 les fournisseurs de l'agriculture commencent à entrevoir la possibilité d'externaliser dans le REVA une partie de leur R&D. En constituant au sein du réseau des groupes d'agriculteurs avec lesquels ils travaillent déjà, ils bénéficient de l'ingénierie de projet et des outils du REVA, et garantissent la rigueur des protocoles-projets soumis à l'examen du comité de pilotage. Dans ce contexte, ils garantissent l'objectivité de leurs travaux visant à tester l'impact de leurs produits sur la qualité des sols et bénéficient de l'analyse experte des agriculteurs sur les points forts et les points faibles des *inputs* qu'ils sont invités à tester (figure **8**).

3.1.3 EcoVitiSol

Toujours sur la base de la démonstration faite par le projet AgrInnov, d'autres projets sur l'étude de la qualité biologique des sols agricoles se sont développés avec des approches participatives. Le projet EcoVitiSol (coordination L. Ranjard, INRAE Dijon, figure **9**), financé par l'Office français de la biodiversité (OFB) et le Bureau interprofessionnel des vins de Bourgogne (BIVB), a démarré en 2019 et a pour objectif d'évaluer l'impact des modes de production viticole (conventionnel, viticulture biologique, biodynamie) sur la qualité microbiologique du

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

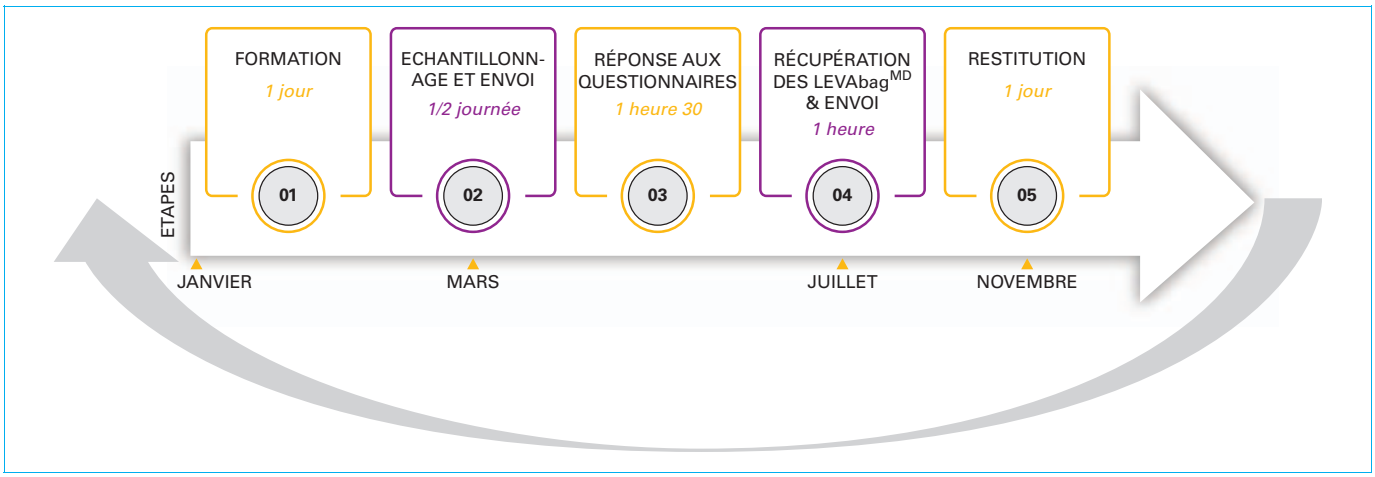


Figure 8 – Cycle annuel et déroulement d'un projet au sein d'un groupe REVA

sol. Piloté par l'INRAE de Dijon, ce projet va accumuler les résultats obtenus sur un réseau de plus de 150 parcelles localisées en Alsace et en Bourgogne. L'objectif est de combler le manque de connaissances sur l'impact de ces modes de production tout en associant les viticulteurs afin de les impliquer dans le référencement des pratiques, l'échantillonnage de leurs sols et la co-interprétation des résultats. Ce type de projet doit amener les viticulteurs à mieux considérer la qualité de leur sol, l'impact de leurs pratiques et la possibilité de migrer vers des modes de production plus vertueux tout en restant économiquement intéressants.

En parallèle, des outils de caractérisation fine de la matière organique des sols seront aussi appliqués pour identifier les possibilités de stockage de carbone des sols viticoles notamment dans le contexte de l'intiative du 4 pour 1 000 (https://www.4p1000.org/fr). L'équipe de recherche impliquée sur cette thématique est celle de Pierre Barré (laboratoire de Géologie de Paris, CNRS, ENS). Ce projet a donc aussi pour objectif d'identifier les pratiques viticoles les plus à même de participer à l'effort des sols agricoles pour réduire les changements climatiques. L'aspect participatif devra aussi permettre d'améliorer la prise de conscience des viticulteurs qui se sentent encore peu concernés par cette problématique environnementale et par la possibilité d'y contribuer.

Des journées d'animation scientifique et technique ont aussi été mises en place durant l'hiver 2019-2020 afin de former les viticulteurs à la qualité biologique des sols et aux différents indicateurs opérationnels dans ce domaine. Durant l'hiver 2020-2021 d'autres journées de formation seront organisées sur la thématique du stockage du carbone dans les sols viticoles avec les experts nationaux dans ce domaine.

Le projet EcoVitiSol et surtout le réseau de compétences et de viticulteurs ont pour ambition de devenir pérennes tout en faisant évoluer les questionnements de recherche au service des problématiques identifiées par les viticulteurs. Parmi les thématiques à venir, il est possible de citer :

– le lien entre qualité du sol, santé de la vigne et qualité du vin ;
– réactualiser les études sur l'impact du cuivre aux doses d'utilisation actuelles en viticulture biologique ;
– améliorer les pratiques d'enherbement des vignes grâce aux approches d'écologie végétale ;
– …

De plus, la stratégie développée par ce projet devra pouvoir s'exporter dans d'autres territoires viticoles en France et même à l'international pour intégrer d'autres types de sol, de climats, d'autres modes de production et objectifs agroéconomiques. Rendez-vous en 2022 pour juger ensemble de la réussite de ce projet et de sa possible exportation !

3.1.4 Projet Clé de Sol

La direction scientifique de l'INRAE (Chantal Gascuel, directrice scientifique adjointe environnement, et Christophe Roturier, délégué science en société) a mis en place un groupe de travail pour initier des projets de sciences participatives sur les sols. C'est ainsi que le projet « Clé de Sol » a vu le jour en 2016 (coordination : B. Lemercier, INRAE Rennes). Même s'il ne traite pas de qualité biologique des sols (mais plutôt de qualité physico-chimique), il nous a semblé important de le présenter dans cet article.

Le projet Clé de Sol est un projet de recherche participative co-porté par INRAE, l'Union nationale des CPIE, France nature environnement, ayant pour objectif l'amélioration de la connaissance des sols (figure **10**). Il vise deux objectifs :

– améliorer la cartographie des sols aux échelles territoriales en développant des méthodes participatives permettant d'enrichir les bases de données existantes, d'améliorer les cartes produites et de faciliter leurs usages ;
– contribuer à diffuser dans la société une meilleure connaissance des sols et des enjeux dont ils sont porteurs.

La question posée est la suivante : les données locales, issues de non-spécialistes peuvent-elles apporter une information pertinente, pour produire des bases de données et des cartes plus précises aux échelles territoriales, répondant mieux à éclairer des enjeux locaux ?

Un travail collectif préliminaire a permis de faire un benchmark des projets de sciences participatives sur les sols, de co-construire une première liste de variables et de protocoles expérimentaux. Un document de synthèse [16] rassemble ces éléments et dresse des propositions concrètes pour déployer cette recherche participative sur les sols.

En 2018, l'Union nationale des CPIE et l'INRAE ont répondu à l'appel à projet CO-COnstruction des Connaissances (CO_3), entre l'ADEME, la Fondation de France, Agropolis et la fondation Charles-Léopold Mayer pour le progrès de l'homme, en proposant un projet, associant la chambre régionale d'agriculture Grand Est (CRAGE), France nature environnement, Agrocampus Ouest, INRAE (UMR SAS, UMR LISAH, unité Tous chercheurs de Nancy), qui a visé la réalisation des premières phases du projet Clé de Sol, à savoir :

– tester la qualité des informations collectées par des non-experts ;
– stabiliser des protocoles participatifs sur des opérations pilotes ;
– créer les supports pédagogiques et le réseau nécessaires à leur mise en œuvre ;
– préparer la phase de déploiement du projet.

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

Figure 9 – Flyer de présentation aux viticulteurs du projet EcoVitiSol pour présenter le projet aux viticulteurs

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

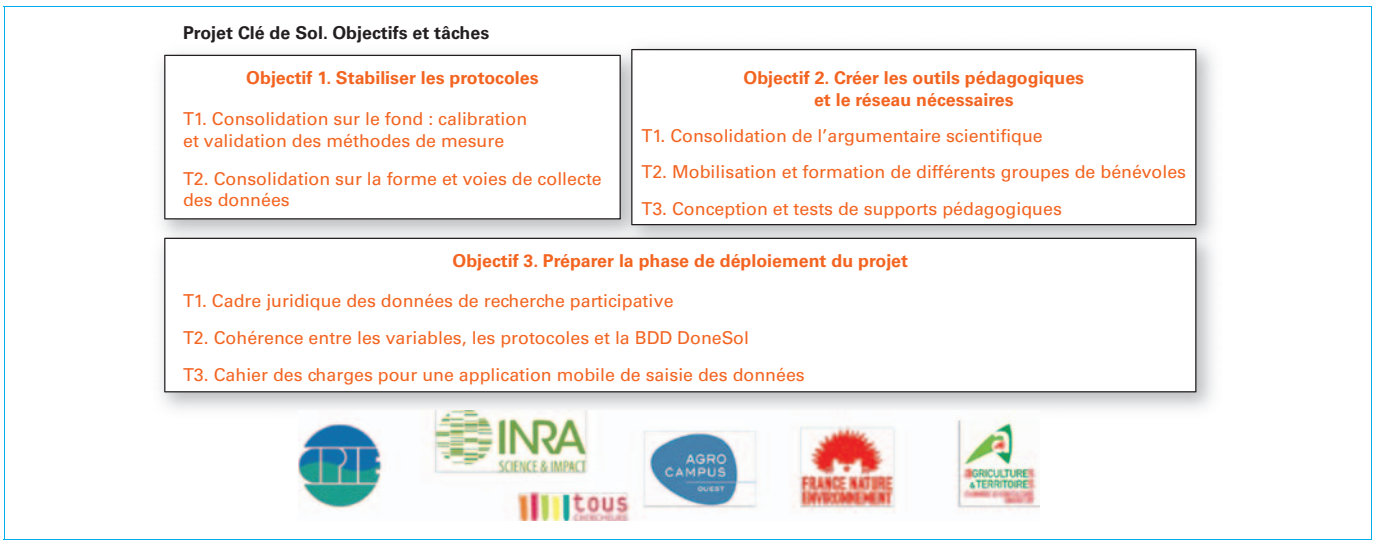


Figure 10 – Architecture du projet Clé de Sol

Ce projet est porté par des acteurs aux compétences complémentaires : chercheurs, réseaux associatifs, acteurs du développement agricole, permettant de couvrir les différents besoins du projet (connaissances scientifiques, animation de réseaux de bénévoles, public, structures et sols variés). Il a débuté en 2019 et s'achèvera en 2021.

En 2020, certains résultats ont été acquis :

– les protocoles ont été finalisés par l'INRAE, la CRAGE, Agrocampus Ouest et « Tous chercheurs ». Ils portent sur le pH du sol, la texture, les éléments grossiers, la couleur et les tâches d'hydromorphie (accumulation d'eau à la surface du sol). Douze fiches de mise en œuvre des protocoles ont été élaborées, et seront finalisées en 2020, suite aux mises en œuvre de terrain. Pour en savoir plus sur ces protocoles : https://ist.blogs.inrae.fr/sciencesparticipatives/wp-content/uploads/sites/22/2018/09/18_06_22_projet_clés_de_sol.pdf.

Ces fiches portent sur différents points : logistique, métadonnées, lecture du paysage, prélèvement d'échantillons, observation de la surface du sol, épaisseur du sol et/ou de l'humus, texture, pH et calcaire, couleurs, éléments grossiers, stabilité structurale, paramètres biologiques, remontée des données ;

– une formation a été organisée pour tester la mise en œuvre de ces protocoles de prélèvement et d'analyse simplifiée des sols, organisée à Nancy dans le laboratoire « Tous chercheurs » en octobre 2019 ; une première adaptation des protocoles et fiches a été effectuée ;

– des groupes de bénévoles ont été constitués pour tester les protocoles : BioGrandEst, chambre d'agriculture des Ardennes, CPIE Loire Anjou, CPIE des Pays Tarnais, CPIE Nancy-Champenoux, CREPAN, FRAPNA Savoie, Nature 18. Une campagne de prélèvement d'échantillons de sols a été effectuée dans les sites, les échantillons envoyés pour analyse à « Tous chercheurs » ;

– deux fiches ont été rédigées, l'une portant sur un argumentaire scientifique à la démarche, l'autre sur la réglementation au prélèvement et à l'observation des sols ;

– un espace partagé avec l'ensemble des partenaires du projet a permis de partager tous les travaux réalisés.

La fin d'année 2020 sera consacrée à l'analyse des résultats des tests, la finalisation des protocoles, la mise en place d'outils d'animation, de pédagogie sur les tests.

L'année 2021 préparera le déploiement du projet. La communauté de travail constituée a permis un démarrage du projet bien en phase avec ce qui avait été défini dans le projet.

3.1.5 Vers de terre : « stars » de la faune du sol pour les approches participatives

Les sols hébergent des millions d'individus appartenant à des milliers d'espèces d'invertébrés. Cette faune est distribuée selon des patrons biogéographiques liés au type de roche-mère ou au climat et, à l'échelle locale, du type de sol et de son usage. Elle est aussi fortement impactée par des perturbations découlant de l'action anthropique, comme les pollutions, l'artificialisation ou encore les pratiques agricoles [17] [18]. D'autre part, la faune du sol est impliquée dans le fonctionnement des écosystèmes par ses actions sur la fertilité physique et chimique des sols [3] [19]. L'émergence récente de sciences participatives autour de la faune des sols a ce double avantage :

(i) d'améliorer les connaissances scientifiques et ;

(ii) de sensibiliser et responsabiliser les citoyens et les utilisateurs du sol en leur permettant de mieux observer et connaître l'écosystème qui les entoure [20].

En France, on trouve de nombreuses initiatives sur le portail des observatoires participatifs des espèces et de la nature (https://www.open-sciences-participatives.org). Les observatoires « escargots » (https://www.open-sciences-participatives.org/fiche-observatoire/142), « macrofaune » (https://www.open-sciences-participatives.org/fiche-observatoire/185), « vers de terre » (https://www.open-sciences-participatives.org/fiche-observatoire/127) ou « bousiers » (https://scarab-obs.fr/) ont rencontré un franc succès. Elles sont toutefois restreintes aux animaux observables et manipulables sans équipement particulier, tels que les vers de terre, les escargots et limaces ou encore les macroarthropodes (cloportes, insectes, etc.).

À ce titre, les vers de terre sont généralement les plus étudiés en sciences participatives et ceci pour plusieurs raisons. Ils sont faciles à piéger, visibles à l'œil nu et la clé de leur détermination est assez abordable par des gens peu spécialistes avec un minimum de formation. Également appelés « lombriciens », ces organismes invertébrés sont considérés comme **ingénieurs du sol** par leurs rôles dans diverses fonctions (décomposition et brassage de la matière organique, agrégation et structuration, infiltration et rétention en eau, stimulation des activités microbienne…). Dans le monde agricole, ils sont reconnus pour leur capacité de bioturbation des sols. Ils sont généralement bien connus et appréciés par les usagers des sols (agriculteurs, jardiniers, gestionnaires de sites) et représentent donc un **indicateur robuste et pédagogique de la qualité biologique des sols**. Même si la qualité des sols ne peut se résumer aux seuls

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

vers de terre, de nombreuses initiatives ont vu le jour en France autour de leur écologie et sont détaillées ci-dessous.

Plateforme collaborative OPVT : un observatoire national de la biodiversité lombricienne (coordination scientifique : D. Cluzeau, univ. Rennes/CNRS, OSUR-EcoBio)

Les vers de terre sont des bioindicateurs d'effet en rendant compte de l'état et des usages de l'écosystème sol. En complément de Bouché [21], leur abondance, richesse et distribution selon différents habitats ainsi que leur contribution à des services écosystémiques, restent à préciser, de la parcelle locale aux territoires associés à différentes échelles (commune, intercom/EPCI, département, région, État, Europe).

En 2010, suite à divers programmes de recherche [14] [22] confirmant l'importance des lombriciens ainsi que l'érosion de leur biodiversité, les acteurs du développement agricole et les institutions nationales et européennes ont posé des questions, sans réponse disponible à ce jour :

– comment disposer de valeurs de référence pour les communautés lombriciennes dans les principaux sols agricoles sans disposer de moyens propres très importants ?

– comment accélérer la prise en compte des savoirs actuels pour intervenir en conseils de gestion avant que le dernier ver de terre soit disparu dans telle ou telle parcelle anthropisée (urbaine, agricole…) ?

– comment développer le référentiel national et européen tout en transférant à tous les utilisateurs de sols, un outil d'autoévaluation des pratiques et en leur proposant une aide (pour diagnostiquer et, à terme, conseiller) à la gestion de la biodiversité des sols ?

D'autres acteurs ont rejoint ces premiers en demandant d'étendre ces référencements aux habitats naturels (parcs nationaux, réserves naturelles régionales (RNR) et nationales (RNN), réseaux des espaces naturels sensibles (ENS), ONF/CNPF…) et à d'autres systèmes très anthropisés (urbains, industriels et infrastructures de réseaux de transport).

L'université de Rennes (UR1) a contribué à apporter des réponses à de telles demandes sociétales à l'aide de la plateforme OPVT qui est ouverte à tous les demandeurs et qui sert de support à de nombreux programmes de recherche collaboratifs ou participatifs.

Dans ce contexte et afin de répondre à ces demandes, l'OPVT (Observatoire participatif des vers de terre) a été créé en 2011. Il propose des outils collaboratifs d'évaluation de l'état de la biodiversité des sols à l'aide des vers de terre. Son objectif principal est d'acquérir des références nationales en termes d'abondance et richesse taxonomique lombriciennes, pour différents contextes pédoclimatiques et usages des sols. L'OPVT est ouvert à un large public tel que les agriculteurs, les scolaires, les jardiniers et les gestionnaires de milieux naturels ou anthropisés. À terme, ces observateurs pourront positionner leurs données par rapport aux références obtenues dans des contextes similaires, et orienter leurs usages pour une meilleure préservation de la biodiversité des sols (figure **11**).

Il existe plusieurs protocoles pour échantillonner les lombriciens qui répondent à différents niveaux d'accessibilité et de précision des résultats souhaités. Aujourd'hui, seul le test bêche est privilégié dans toutes les parcelles, excepté dans le cadre d'une approche pédagogique de sensibilisation des acteurs-publics, où là, l'aspect plus ludique d'un protocole basé sur l'utilisation de la moutarde pour piéger les vers de terre est mis à profit !

Une telle interaction des usagers du sol avec l'OPVT leur permettra, à terme, de positionner leurs données par rapport aux références en contextes similaires et d'orienter leurs pratiques de gestion pour une meilleure préservation de cette biodiversité patrimoniale qui travaille efficacement et discrètement au bénéfice de l'humanité. Ainsi, en construisant des diagnostics sur le fonctionnement écologique des sols, nous contribuons au développement de la gestion écologique de la ressource sol.

Développement de l'OPVT entre 2011 et 2019

Alors que nous réalisions avant 2010 entre 20 à 80 observations par an, nous avons dès la première année de test (2011), obtenu presque 200 observations puis le nombre d'observations oscille entre 700 et 900 entre 2012 et 2018 ; avec un pic en 2019 (+1100 dont 60 % avec le protocole test bêche), cela représente un total de 6 820 observations soit une moyenne de 850 observations par an (figure **12**).

La mise en œuvre de la démarche collaborative progresse en oscillant entre 30 % et 50 % des observations entre 2013 et 2017 ; en 2018 et 2019, elle atteint 60 % des observations effectuées à l'échelle nationale, dans différents contextes agricoles, urbains et semi-naturels et forestiers.

Les milieux artificialisés urbains (potagers, pelouses, parcs boisés, infrastructures routières, terrains sportifs extérieurs) ont commencé à être prospectés à partir de 2014, majoritairement avec le protocole test bêche VDT (en lien avec les faibles surfaces homogènes d'un seul tenant). Des résultats en termes d'abondance et de diversité spécifique des communautés lombriciennes dans ces différentes occupations de sol sur le site de Nature France (*cf.* liens utiles dans le « Pour en savoir plus »). Ces premiers travaux de l'OPVT ont permis de comprendre que les sols urbains sont des sols spécifiques très hétérogènes avec des zones à haute valeur écologique pour les communautés lombriciennes : le nombre total de taxons différents y est 2 à 3 fois supérieur à celui observé dans toutes les zones observées en grandes cultures et 1,5 à 2 fois celui pour les vignobles.

Ainsi les travaux réalisés depuis plus de 25 ans sur les interactions entre développement des bonnes pratiques agricoles et restauration des activités biologiques dans ces sols agricoles et les récents résultats alarmistes apportés par l'OPVT positionnent l'OPVT aujourd'hui comme référent national et européen auprès des acteurs impliqués dans la gestion des sols agricoles aussi bien qu'urbains (figure **13**).

#Vers2022 (coordination scientifique : M. Hedde, INRAE Montpellier)

Le programme #Vers2022 (https://www.open-sciences-participatives.org/fiche-observatoire/230) propose une action originale : participer à mieux comprendre la distribution des espèces de vers de terre et leur modification depuis 50 ans. En effet, en 1972, un inventaire des espèces de lombrics a été réalisé sur plus d'un millier de sites répartis en France métropolitaine (figure **14**). Plus d'une centaine d'espèces avaient alors été décrites, dont de nombreuses espèces endémiques [21]. Les scientifiques amateurs peuvent aujourd'hui retourner sur chacun de ces sites et à l'aide d'un protocole clair, y prélever les vers de terre et les envoyer au laboratoire porteur (Eco&Sols, INRAE Montpellier). Il est aussi proposé aux participants d'identifier par eux-mêmes les espèces ou les groupes fonctionnels de vers de terre avec des outils mis à leur disposition. En retour, l'équipe de #Vers2022 fournit à chaque participant une comparaison entre les données historiques et les données actuelles, ainsi que pour ceux qui le souhaitent un accompagnement sur les identifications. #Vers2022 est supporté par le réseau de recherche Tebis (http://www.reseau-tebis.fr/), et particulièrement les laboratoires Eco&Sols (INRAE Montpellier), CEFE (CNRS Montpellier) et EMMAH (INRAE Avignon).

Ainsi de nombreuses opérations ont vu le jour ces dernières années. Toutefois, le fait de devoir sacrifier les animaux collectés pour pouvoir les identifier spécifiquement est un frein éthique au déploiement des approches participatives individuelles ou à l'école. Les technologies d'intelligence artificielle adossées à des applications sur téléphone sont des voies innovantes qui ont fait leurs preuves, par exemple pour les suivis ©PlantNet. Des développements en ce sens sont en cours entre Jardibiodiv, l'association des Petits Débrouillards et l'association Carabes (Montpellier). L'optimisation de la qualité et précision des photos prises avec les téléphones portables permet d'améliorer la détermination des espèces grâce aux applications.

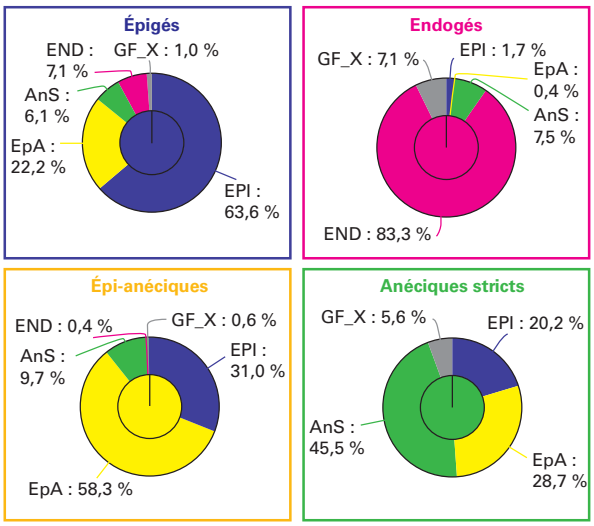
Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

Ces observations de sciences participatives peuvent être intégrées dans une démarche collaborative à condition d'envoyer vos échantillons à notre laboratoire OPVT-UR1. Cela nous permet d'avoir accès en nous donnant accès à des paramètres plus élaborés permettant une analyse détaillée des communautés lombriciennes à l'aide de paramètres plus nombreux et plus pertinents, en termes de biodiversité et structuration des communautés... (en surligné vert) ; sous le surligné jaune, le seul paramètre sans erreur, accessible en participatif.

Connaissances acquises sur les communautés lombriciennes

- **Abondance totale, par groupe fonctionnel et par espèce**
- **Structuration des communautés**
  - Abondance relative (%) par groupe fonctionnel et par espèce
  - Occurrence des espèces
- **Richesse taxonomique & Indices de diversité**
  - Richesse moyenne (par m^2)
  - Richesse totale (pour une parcelle, une région...)
- **Assurance écologique & redondance fonctionnelle**



Nous avons pu quantifier les erreurs effectuées par les observateurs lors du dénombrement des vers de terre selon quatre groupes écologiques à l'aide d'une clé fournie en ligne.
Ce diagramme présente la proportion d'erreur possible lors de la répartition de chaque individu capturé dans l'un des quatre groupes fonctionnels :
- 35 % d'erreur pour les épigés (qui sont majoritairement classés en anéciques) ;
- 41 % pour les épi-anéciques (qui sont majoritairement classés en épigés) ;
- 55 % pour les anéciques stricts (qui sont majoritairement confondus avec les épi-anéciques) ;
- que 17 % pour les endogés (qui sont majoritairement classés en anéciques).

À l'échelle de l'abondance fonctionnelle absolue, l'erreur cumulée est de 37 % ; l'erreur passe à 67 % en abondance fonctionnelle relative (structure).

Notre démarche est intégrative pour aboutir progressivement à une collaboration gagnant-gagnant.
Le site WEB permet d'informer tous les publics (les agriculteurs, les scolaires, les jardiniers et les gestionnaires de milieux naturels ou anthropisés...) et de les inciter à participer aux observations.

- À la demande de ces divers groupes, nous proposons une **1ère session d'information ou de conférence** grand public.
- Ensuite, auprès des groupes motivés, nous poursuivons par une **session de formation**, 2 à 4 semaines avant la période favorable aux observations (janvier-février) tout en distribuant des flacons aux groupes qui veulent collaborer.
- Après réception des échantillons prélevés par les participants, et selon le contexte budgétaire, ces échantillons sont analysés ou mis en conservatoire pendant 3 ans au moins.
- Les données recueillies sont implémentées dans la BDD EcoBioSoil, ce qui permet l'analyse des données en restituant les résultats sous forme de rapport individuel ou par groupe.
- Ce diagnostic peut être explicité à la demande sous forme d'une séance publique de restitution des résultats.

La collaboration nous permet donc une analyse plus fine des communautés lombriciennes en produisant des rapports sous forme de fiches de résultats :

(i) une première fiche destinée aux observateurs pour visualiser leurs erreurs d'identification ;
(ii) une deuxième destinée au gestionnaire de la parcelle et observateurs pour rendre compte des résultats de la parcelle en les replaçant dans notre référentiel ;
(ii) une troisième fiche destinée à servir de support de discussion avec l'équipe de recherche de Rennes pour affiner le diagnostic.

Figure 11 – Schéma de présentation de l'OPVT et de ses objectifs techniques et scientifiques

3.2 Projets sur la qualité biologique des sols urbains

En 2018 un groupe de réflexion sur la qualité biologique des sols urbains a été mis en place et piloté par l'INRAE. Appelé REV-Urbain (réseau d'expérimentations et de veille sur la qualité biologique des sols urbains), ce groupe est composé de chercheurs spécialistes de l'écologie du sol mais aussi d'experts en sciences participatives. Il a pour objectif d'identifier les partenaires scientifiques et techniques pour monter des projets de recherche participative sur la qualité biologique des sols urbains et l'impact de modes d'aménagement. À ce jour, le REV-Urbain est composé de partenaires institutionnels comme l'INRAE, le CNRS, l'IRD, les universités, le Muséum d'histoire naturelle de Paris, mais aussi de partenaires associatifs (Institut Paris Région, Plante & Cité, OFSV, FNE, NOE) impliqués fortement sur les aspects participatifs et la biodiversité en ville.

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

Nombre d'observations OPVT	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
...avec protocole moutarde	722	680	654	654	778	687	420	441	**5036**
...avec protocole test bêche	0	42	273	142	208	139	287	693	**1784**
Nb total d'observations	**722**	**722**	**927**	**796**	**986**	**826**	**707**	**1134**	**6820**
% Observ. collaboratives	*12 %*	*36 %*	*50 %*	*40 %*	*45 %*	*29 %*	*64 %*	*61 %*	**43 %**

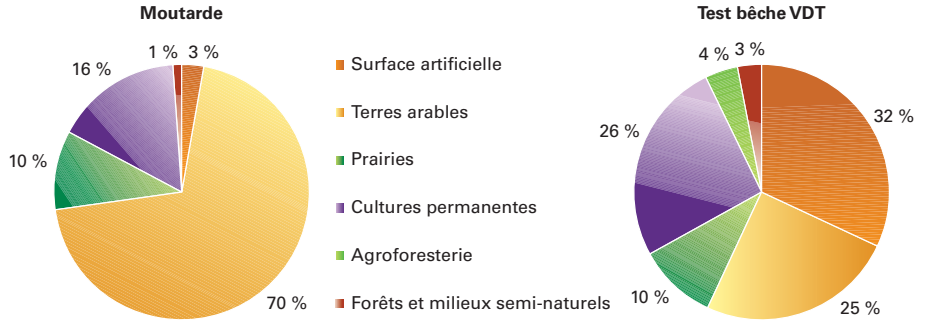


Figure 12 – Évolution du nombre d'observations des lombriciens au sein de l'OPVT à partir de 2012 en nombre et en représentativité des modes d'usage des sols

Une centaine d'espèces ont été répertoriées en France métropolitaine et elles peuvent être réparties selon 3 principaux groupes fonctionnels appelés **"catégories écologiques"** par Bouché (1972).

1 **Les épigés :** espèces de petite taille (1-5 cm) et de couleur foncé (rouge, marron). Ils vivent en surface (1ers cm) et dans des amas de matière organique morte (litière de forêt, fumier, compost, déchets verts, boues de station d'épuration...). Ils ne creusent peu ou pas de galeries dans le sol.
Rôle principal : participation au fractionnement de ces matières organiques mortes.
(Régime alimentaire : saprophage)

2 **Les anéciques :** espèces de grande taille, entre 10 et 110 cm. Leurs couleurs varient du rouge au brun, avec couramment un gradient de décoloration de la tête vers la queue. Ils vivent sur l'ensemble du profil du sol (galeries jusqu'à 5 m de long). Ils creusent des galeries permanentes verticales à subverticales et ouvertes en surface, qui permet à l'eau de s'infiltrer. Ils déposent leurs déjections à la surface du sol (turricules = tortillons), augmentant la rugosité de surface ce qui limite l'érosion...
Rôle : fragmentation de la matière organique morte en surface, enfouissement et brassage de cette matière organique avec le sol ingéré. (Régime alimentaire : sapro-géophage)
Particularité : deux grands groupes d'anéciques sont rencontrés
- les têtes rouges : lombriciens épi-anéciques (du genre *Lumbricus*) très souvent rencontrés. Très réactifs aux changements de température et d'humidité, ils reprennent leur activité quand les conditions d'humidité du sol sont favorables. Leur réseau de galeries est très peu ramifié et très permanent.
- les têtes noires : ces lombriciens strictement anéciques (du genre *Aporrectodea*) ont systématiquement une période d'inactivité entre juin et août et créent un réseau de galeries très ramifié.

3 **Les endogés :** espèces de taille variable entre 1 et 20 cm. Ils sont très peu colorés à apigmentés (gris, vert, rose ou blanchâtre). Ils vivent essentiellement dans les trente premiers centimètres du sol. Ils creusent des galeries temporaires horizontales à sub-horizontales par ingestion du sol.
Rôle : création d'une « structure grumeleuse », influençant la rétention et l'infiltration de l'eau dans le sol. (Régime alimentaire : géophage)

Figure 13 – Vers de terre de France métropolitaine

En 2019 les réflexions menés au sein de ce groupe ont permis le montage de deux projets ambitieux, le projet BISES, financé par l'ANR et le projet « Alimentation durable 2030 » financé par l'appel d'offre « Territoire d'innovation » des Investissements d'Avenir.

Ces deux projets doivent améliorer nos connaissances sur l'écologie de sols urbains mais aussi impliquer directement les politiques publiques et les aménageurs urbains pour organiser « la ville autour des sols » et non l'inverse. Ils se positionnent dans la dynamique actuelle de tendre vers des villes durables à même de stimuler différents services rendus en ville par les sols (mitigation des îlots de chaleur, augmentation de la biodiversité, amélioration de la qualité de vie...). Les objectifs et les stratégies développés par ces deux projets sont détaillés ci-dessous.

3.2.1 Projet BISES

Depuis 2007, plus de la moitié de la population mondiale vit dans des environnements urbanisés (Nations unies, 2015) aux externalités souvent négatives (*i.e.* multiplication des déchets, pollution, artificialisation, extension des villes sur les terres arables, réduction

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

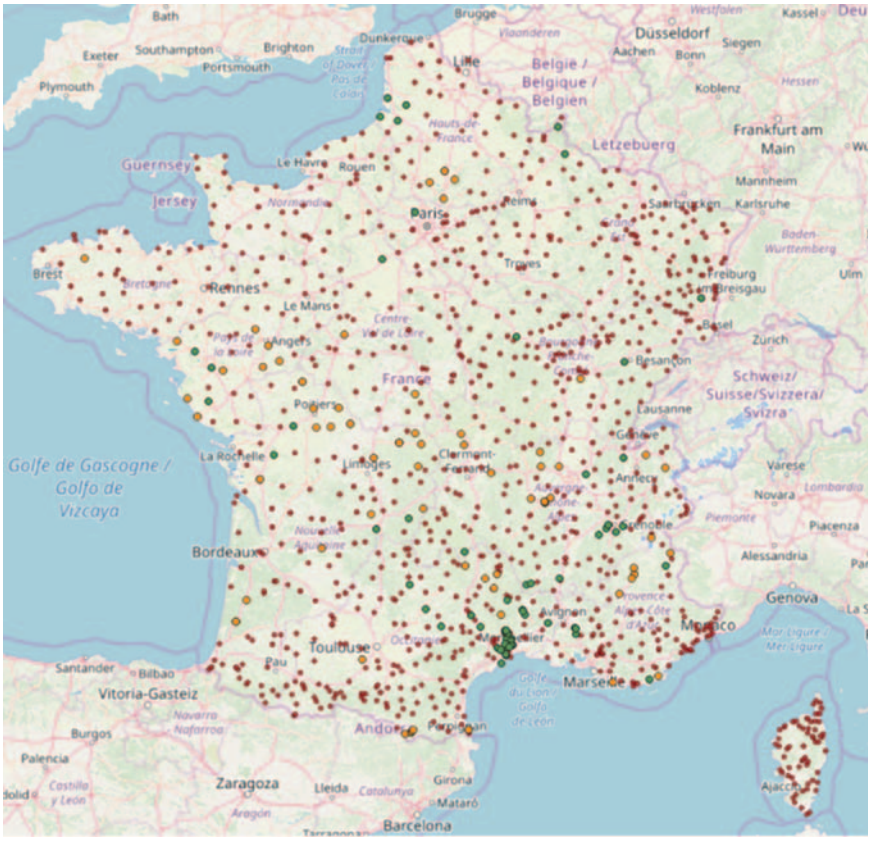


Figure 14 – Carte des sites de prélèvements à réaliser dans le cadre de l'opération #Vers2022 : en vert les sites pour lesquels les résultats sont disponibles ; en jaune les sites réservés par un participant ; en rouge les sites en attente de participant

de la biodiversité, aléas et vulnérabilité des territoires au regard du changement climatique). Afin de remédier à cette dégradation, les politiques d'aménagement se sont engagées dans une transition vers un modèle de ville durable, résiliente et productive basé sur un développement de la nature en ville.

Pour relever ce défi, une meilleure connaissance de l'écologie des socio-écosystèmes urbains est indispensable, avec un enjeu majeur lié à la connaissance et à la gestion des sols [23]. En ville, les sols des espaces végétalisés sont caractérisés par des usages productifs (fermes urbaines) ou non productifs (parcs, jardins privés…). Formant une infrastructure verte, ils doivent répondre à des besoins différents pour les populations en termes de services écosystémiques, *e.g.* fertilité physique et biologique, gestion des pathogènes, atténuation du changement climatique par le stockage du carbone, adaptation au changement climatique par limitation de l'îlot de chaleur urbain et même approvisionnement dans le cas des fermes urbaines. L'objectif commun pour ces espaces est d'atteindre une multifonctionnalité dont la biodiversité des sols représente un pilier majeur de par son implication dans les fonctions d'intérêt pour la productivité de l'agriculture urbaine, mais aussi plus largement pour le retour de la nature en ville, la reconnexion à la nature et le bien-être des citadins. La connaissance de la qualité biologique des sols représente donc un enjeu crucial dans l'optique d'une gestion durable des espaces urbains mais restent encore très partielle (environ 1 % des travaux sur les sols concernent les sols urbains [21]).

D'une durée de 4 ans (2020 - 2023) et financé par l'Agence nationale de la recherche (ANR), le projet 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, coordination scientifique Alan Vergnes, univ. Paul Valery Montpellier) a pour objectif général d'appréhender l'écologie des communautés d'organismes de sols. Il s'attachera en particulier à acquérir une meilleure connaissance de la biodiversité du sol et compréhension de ses dynamiques spatiales et temporelles en milieu urbain, en couplant l'analyse de nombreux organismes : des grandes familles d'organismes de la faune (macro- et mésofaune) et des micro-organismes (bactéries et champignons) du sol.

Les sciences participatives sont donc au cœur du projet BISES et permettront d'aborder à la fois les espaces végétalisés publics et les espaces végétalisés privés, comme les jardins domestiques qui représentent près de 30 % des surfaces végétalisés des métropoles. Cette approche contribuera *in fine* à l'appropriation des enjeux et à la diffusion des résultats du projet par et auprès d'un large public allant des aménageurs urbains aux citadins. Dans la mesure où les données seront collectées par les usagers eux-mêmes, cela constituera un outil d'apprentissage et d'autoévaluation du lien entre la gestion mise en œuvre et la biodiversité des sols (figure **15**).

Le projet BISES regroupe un consortium de 11 partenaires dont certains sont à l'origine de projets participatifs existants sur la biodiversité en général (Vigie-Nature) ou la biodiversité des sols en

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

particulier comme Jardibiodiv (pilotage Apolline Auclerc, LSE / Univ. Nancy), l'OPVT (observatoire participatif des vers de terre, pilotage Daniel Cluzeau, Ecobio / Univ. Rennes) ou l'OAB (observatoire agricole de la biodiversité, MNHN, Vigie-Nature). Ceci permettra de bénéficier de la capitalisation des connaissances acquises et de la mutualisation des outils existants afin de se positionner réellement comme une nouvelle étape dans la compréhension du fonctionnement des sols urbains et de leur qualité biologique.

Figure 15 – Réalisation de prélèvements participatifs dans une parcelle agricole urbaine (Oasis Citadine, Montpellier)

D'un point de vue finalisé, le projet permettra la validation d'un tableau de bord opérationnel d'indicateurs de la qualité biologique des sols urbains. Dans un contexte de transition vers des villes associant durabilité et productivité. Cet outil innovant servira à terme de base au diagnostic et au conseil pour orienter le choix des mesures environnementales prises par les acteurs de la gestion des socio-écosystèmes urbains.

3.2.2 Dijon Métropole, un territoire d'innovation sur les sols

En 2018, la collectivité territoriale de Dijon Métropole a décidé de monter un projet ambitieux appelé « Alimentation durable 2030 » qui avait pour objectif d'améliorer toute la filière locale de production, transformation, distribution et consommation alimentaire afin qu'elle soit plus vertueuse et durable d'un point de vue environnementale, économique et sociale. Ce projet a été lauréat de l'appel d'offre « Territoire d'innovation 2020-2030 » des Investissements d'Avenir et a agrégé plus d'une quarantaine de partenaires économiques, scientifiques et sociaux, avec un budget de plus de 40 millions d'euros sur 10 ans. Un des objectifs forts de ce projet est de développer l'agroécologie à tous les niveaux de la filière avec la mise en place d'un label « Dijon Agroécologie ». Souvent, les projets avec cette ambition ne prennent que peu en considération les modes de production et leur impact sur l'environnement et encore moins sur le sol qui représente pourtant une source de biens et de services importants.

Dans ce projet (figure **16**), une action « Sol » ambitieuse a été développée qui a pour objectif d'établir un diagnostic de la qualité des sols de l'aire urbaine de Dijon (3 000 km^2, 350 000 habitants) dans toutes ses composantes physique, chimique et biologique, et

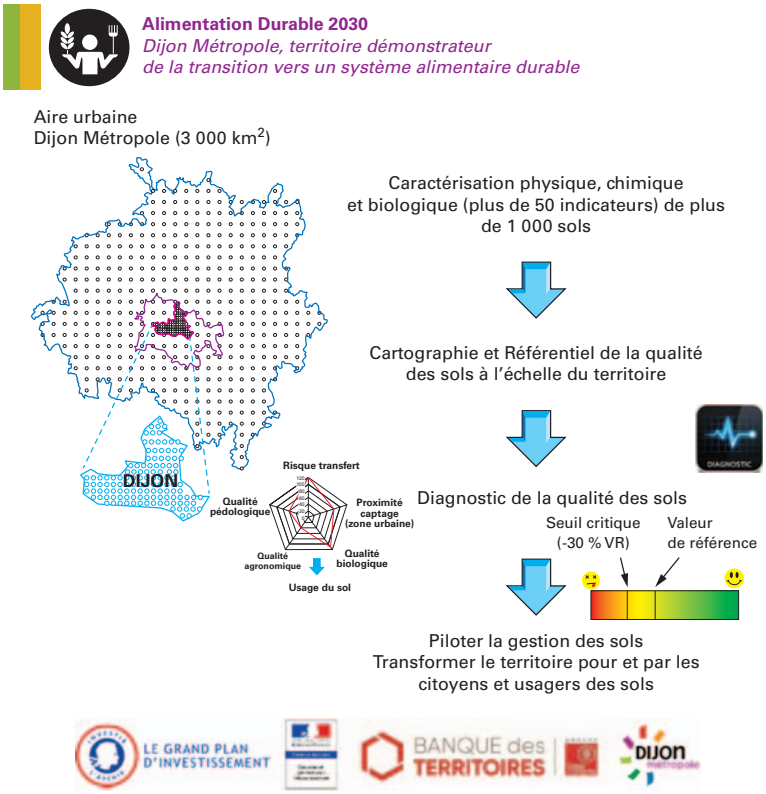


Figure 16 – Stratégie du projet Territoire d'Innovation porté par Dijon Métropole pour intégrer la qualité des sols dans la transformation du territoire

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

de développer l'expertise associée. Il s'agit de promouvoir des **modes de gestion** qui répondent aux besoins d'aujourd'hui (aliments sains, environnement de qualité et récréatif, emploi et qualité de vie) sans remettre en cause les ressources naturelles pour les générations futures. Au sein de l'aire urbaine, la continuité des espaces urbain/périurbain/rural sera appréhendée et le diagnostic établi sera le socle de la dynamique de transformation du territoire de Dijon métropole.

Si la partie du projet concernant la caractérisation de la qualité des sols en fonction des modes d'usage à l'échelle du territoire sera appréhendée de façon très académique et sans approches participatives, la deuxième doit permettre la « transformation du territoire » et impliquera fortement les citoyens et les usagers des sols. Elle consistera à développer des actions de sciences participatives auprès des différents usagers du territoire (scolaires, périscolaires, extrascolaires, usagers de jardins particuliers ou partagés, agriculteurs, gestionnaires d'espaces privés ou publics). Cette forte implication associée à une collecte de données de grande ampleur démultipliera les données à disposition des chercheurs. La production de données de suivi temporel permettra d'étudier l'impact des changements de pratiques et des changements globaux sur la qualité des sols. Dans le même temps, cette approche présente l'avantage de sensibiliser les usagers aux enjeux liés à la biodiversité des sols, avec la perspective de faire évoluer les modes d'usage vers plus de durabilité.

En parallèle, une approche complémentaire vise à développer des outils règlementaires opérationnels pour intégrer la qualité des sols et la « durabilité » des pratiques dans la gestion de l'occupation des sols et dans la gestion du foncier. Ces outils seront promus auprès des décideurs territoriaux et opérateurs fonciers. Il s'agira autant d'optimiser l'application de la réglementation existante que d'envisager de nouveaux outils, en se fondant notamment sur l'expérience internationale en ce domaine.

À terme, la stratégie développée sur ce territoire, qui n'a pas d'égale en termes d'ambition et de stratégie scientifique et participative, pourrait servir de démonstrateur en vue de l'exportation de la démarche globale sur d'autres territoires, mais également de supports à d'autres approches complémentaires (travaux sur les changements climatiques, freins et leviers à l'adoption de nouvelles pratiques agricoles, formation…).

3.2.3 Jardibiodiv

L'outil de sciences participatives Jardibiodiv (coordination scientifique A. Auclerc, université de Lorraine – Laboratoire Sols et Environnement – UMR 1120 UL-INRAE) a été créé en 2017 afin d'agréger un grand nombre de données sur les invertébrés visibles à l'œil nu (taille supérieure à 2 mm) et vivant à la surface des sols [20]. La construction de l'outil a été réalisée après 4 ans d'échanges entre une chercheuse spécialiste, des citoyens, des enseignants et des enfants afin de mieux comprendre quels étaient les besoins et les envies de chacun. Jardibiodiv a ainsi été co-construit dans le but d'obtenir un outil ludique pour le public tout en étant pédagogique et robuste puisque la base de données obtenue peut aider à répondre à des questionnements scientifiques non résolus sur la biodiversité des sols.

Très peu de données sont disponibles actuellement sur la biodiversité présente en surface des sols en ville, et la difficulté technique d'accéder aux jardins privés a fait naître l'idée de créer un outil numérique simple d'utilisation. En agrégeant un grand nombre de données, l'idée est de répondre à plusieurs questions comme : « y a-t-il une importante biodiversité des sols en ville ? existe-t-il une trame brune dans certaines villes ? » ; « la biodiversité des sols subit-elle une érosion du fait des différentes perturbations anthropiques fortement présentes en ville, et ce jusqu'à quel point ? » ; « quels sont les seuils d'abondance en invertébrés qu'il faudrait atteindre pour assurer une bonne qualité et un bon fonctionnement du sol ? » ; « quelles seraient les mesures nécessaires à mettre en place par chacun d'entre nous pour conserver cette biodiversité ? ».

Jardibiodiv permet également la sensibilisation du public à la thématique méconnue de la biodiversité des sols, puisqu'en plus de la description de protocoles d'aide à l'identification et de formulaires à remplir pour renvoyer les données les usagers ont accès à des fiches descriptives pour chacun des 28 groupes d'invertébrés visibles qui peuvent être présents en surface d'un sol. Ces fiches renseignent la description morphologique, les besoins de chaque invertébré afin de donner des pistes pour assurer leur survie (source de nourriture, type d'habitat), ainsi que les fonctions qu'ils peuvent jouer dans les écosystèmes. Une personne utilisant Jardibiodiv peut apprendre à favoriser certains organismes d'intérêt pour son jardin afin, par exemple, de faire appel à leur rôle de prédateur dans le biocontrôle, ou de transformateur de matières organiques (*i.e.* valorisation des services rendus par la biodiversité).

Sur le site Internet http://ephytia.inra.fr/fr/P/165/jardibiodiv (porté par l'UMR SAVE de l'INRAE à Bordeaux), deux protocoles d'échantillonnage des invertébrés sont à disposition, l'un nommé « jardinier amateur » et l'autre « jardinier scientifique », en fonction de la volonté et du temps que la personne a devant elle pour observer et renvoyer ses observations aux scientifiques. Pour le protocole scientifique, l'idée est partie de l'adaptation du piège barber (petit pot inséré dans le sol) habituellement utilisé par les écologues des sols pour quantifier la diversité et l'activité des invertébrés présents à la surface d'un sol donné. En plus d'envoyer ses données et des photos, si la personne remplit le formulaire de description du milieu dans lequel elle a échantillonné, il est possible de répondre à des questions scientifiques plus fines (*e.g.* le composteur permet-il d'attirer des organismes ? les murs qui entourent les jardins sont-ils des barrières au mouvement des invertébrés ? travailler le sol est-il néfaste pour la biodiversité en surface des sols de jardin ? etc.).

En deux ans, 364 pièges ont été installés en France afin de recenser la biodiversité vivant en surface de sols et pas seulement dans des jardins en ville mais aussi dans des jardins ruraux, des parcelles de maraîchage, dans des parcelles agricoles avec différentes pratiques, et dans quelques parcelles de forêt. En effet, la personne a la liberté d'utiliser l'outil Jardibiodiv dans l'écosystème qui l'intéresse (*cf.* [20] pour une synthèse plus complète). Un bon nombre de partenariats sont nés autour de cet outil, avec des lycées d'enseignement général, lycées agricoles, des groupes de citoyens, des écoles, l'association de médiation scientifique des Petits Débrouillards, avec le collectif Tous chercheurs ou encore avec l'eurométropole de Strasbourg et des sociologues, pour évaluer la perception de la biodiversité par le public, en plus de quantifier l'abondance des invertébrés. L'expérience issue de Jardibiodiv est également mise à profit dans un projet national de recherche scientifique sur l'étude de la biodiversité des sols en ville faisant appel aux sciences participatives (ANR BISES 2019-2023), en étroite collaboration avec les personnes impliquées dans le programme Vigie-Nature du Muséum national d'histoire naturelle. Enfin, une application smartphone est également en cours de création pour assurer une plus grande facilité d'envoi des données, et encore plus d'échanges entre les chercheurs et les citoyens (figure **17**).

À retenir

– Depuis une dizaine d'années, différents projets participatifs sur la biologie des sols ont été développés.
– Les vers de terre sont souvent étudiés dans ces projets car ils sont connus du grand public et faciles à piéger et à observer.
– La microbiologie apparaît depuis peu avec des outils moléculaires complexes mais des interprétations simples.
– Les écosystèmes agricoles et urbains sont abordés par ces projets même si les usagers ne sont pas les mêmes (agriculteurs, citoyens consommateurs, aménageurs…).

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

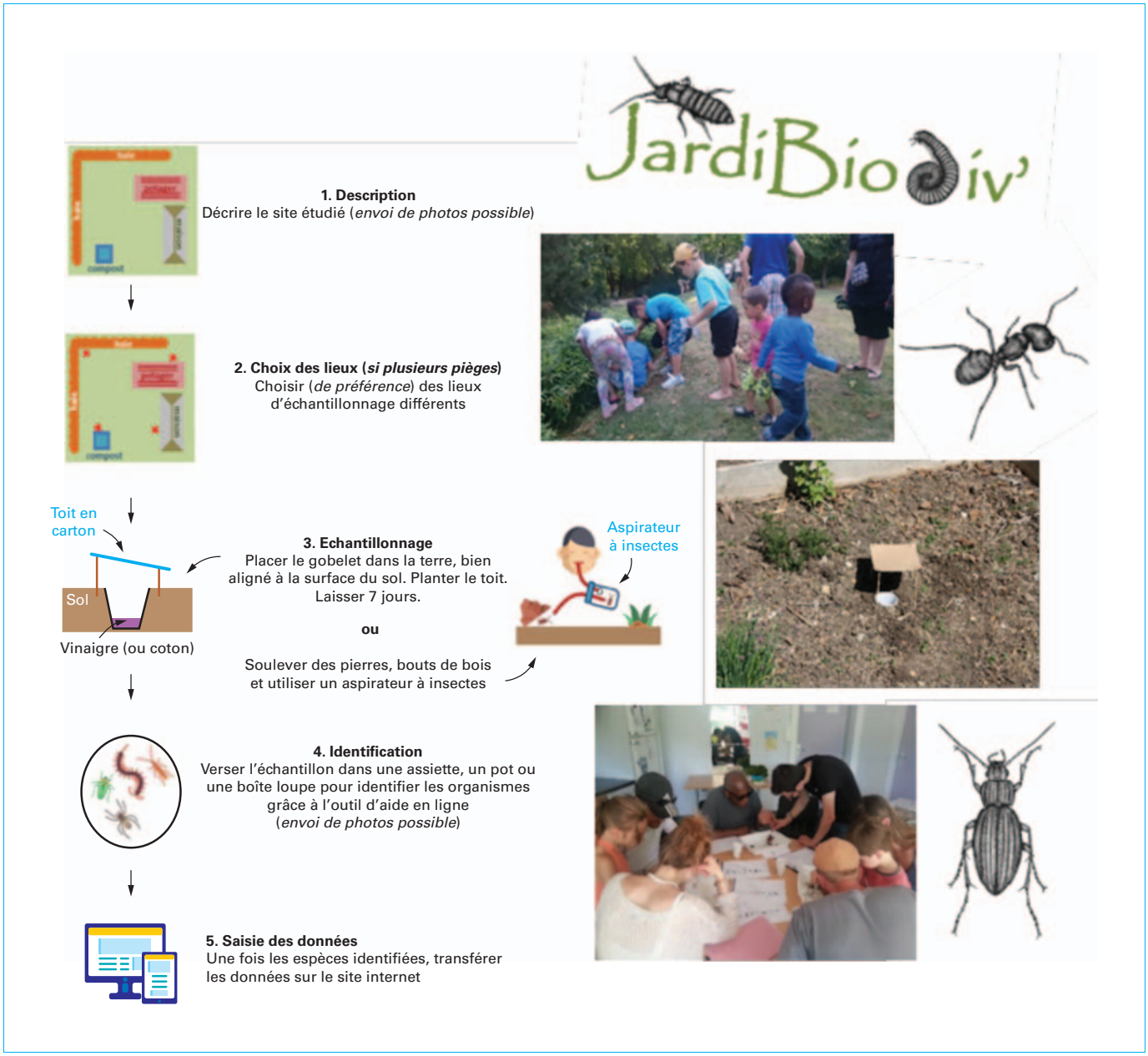


Figure 17 – Différentes étapes techniques du projet Jardibiodiv

4. Conclusions et perspectives

Les projets intégrant des approches participatives représentent une nouvelle façon de faire de la recherche par le décloisonnement des approches académiques souvent trop restreintes aux seuls spécialistes dans leur conception et diffusion. Ce besoin de rapprocher la science et le citoyen vient de la mutation progressive de notre société qui a un accès rapide à de nombreuses informations, mais de qualité variable, et qui souhaite des réponses rapides à de grands problèmes de sociétés. Si la recherche académique ne fait pas cette mutation, les citoyens iront chercher des réponses vers d'autres sources, moins rigoureuses et moins indépendantes. Pour la recherche académique c'est donc aussi une façon de se recentrer sur une science au service du citoyen et ainsi de réhabiliter son image parfois écornée par des conflits d'intérêt et caution scientifique donnée à tort.

Les avantages des approches participatives sont multiples, aussi bien pour les acteurs citoyens que pour les scientifiques. Le premier bénéfice est une appropriation des connaissances, des outils et des préconisations de la part des acteurs qui est beaucoup plus forte dans ce type de projets. Ils représentent ainsi un accélérateur

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

du transfert des connaissances et des outils opérationnels venant de la recherche vers les usagers des sols. Les citoyens sont sensibilisés, impliqués et au final plus à même d'analyser leur propre situation et de s'investir pour changer leurs pratiques face aux défis environnementaux. Suite au projet AgrInnov et grâce aux échanges avec les chercheurs experts, 69 % des agriculteurs du réseau ont modifié leurs pratiques agricoles pour améliorer la qualité biologique de leur sol et la durabilité de leur mode de production. Les agriculteurs ont donc été confortés et accompagnés dans certains choix techniques qui leur permettent de réduire à la fois l'utilisation de produits pesticides et d'engrais chimiques, et la mécanisation de leurs pratiques. Ces approches participatives sont donc un formidable moyen d'accentuer la transition agroécologique qui jusque-là était fortement soutenue par les ministères, mais peu relayée par la profession.

Un autre avantage des approches participatives est de donner accès aux scientifiques à certains terrains privés ou jardins partagés et, en conséquence, à certains types de données issus de ces espaces. L'implication des citoyens propriétaires de ces lieux augmente la représentativité des situations environnementales à étudier. Le constat est le même lorsque l'on veut accéder aux données d'usage de ces environnements. Sans implication des usagers et gestionnaires de ces sites, il est impossible pour la science d'avoir accès à ces précieuses informations. De plus, l'accès aux sites et aux données se fait pour un coût financier relativement modéré en comparaison de ce que cela aurait été s'il avait fallu reproduire expérimentalement toutes ses conditions environnementales.

La sensibilisation, l'implication concrète et la formation sont des piliers des sciences participatives. De telles approches permettent d'élever le niveau de connaissances des citoyens sur des problématiques précises. Concernant la qualité biologique des sols, l'ensemble des projets a pour objectif de former tous les acteurs à la biodiversité des sols et à son importance sociétale. Une fois convaincu, on est d'autant plus motivé et prêt à s'investir. Pour les scientifiques, cela accroît leur niveau de connaissances quant aux pratiques et innovations des citoyens usagers (agriculteurs par exemple).

Toutefois les approches participatives ont certaines limites qui peuvent freiner leur déploiement. D'un point de vue technique, il faut rester conscient que les données générées par les citoyens non experts ont généralement une qualité moindre que celles générées par les chercheurs experts. Dans certains projets sur la biologie du sol, il a été référencé que 70 % des données n'étaient pas valables pour être analysées. Ce chiffre baisse généralement avec le temps d'implication et de formation des citoyens qui passent de non-experts à citoyens experts entre le début et la fin d'un projet. Il faut tout de même prévoir des outils d'analyse de la qualité des données afin de filtrer celles qui ne peuvent servir au processus de recherche.

D'un point de vue logistique, la mise en place des réseaux d'usagers est un investissement lourd de la part des acteurs scientifiques et techniques. À la fin d'un projet, il y a toujours le risque que le manque de financement entraîne une dissolution du réseau même si la question posée reste d'actualité. Le statut de la structure porteuse est très important et notamment pour sa capacité à trouver des financements récurrents afin de maintenir la dynamique initiale ou de la pérenniser par son propre investissement en ressources humaines et techniques. À ce niveau, les grands instituts de recherche en France sont en pleine réflexion sur la façon de porter ces projets et de les rendre pérennes au-delà de la conjoncture d'un appel d'offre qui libère les fonds de démarrage.

Enfin, si nous avons déjà beaucoup parlé de maintenir l'intérêt et l'implication des citoyens acteurs, il ne faut pas négliger le lent essoufflement des chercheurs tout au long de ces projets. Les approches participatives étant compliquées à mettre en place, la valorisation académique des résultats prend donc plus de temps à aboutir que pour les projets classiques. Combiné au fait que l'évaluation de la carrière des chercheurs est surtout axée sur leur capacité à publier de façon récurrente des articles de haut niveau académique, les projets participatifs sont moins efficaces sur ce point. Il en résulte que la plupart des chercheurs s'impliquant dans ce type de projets ne sont pas des jeunes chercheurs, car ces projets sont trop « risqués » pour eux en termes d'évolution de carrière. Tant que le processus d'évaluation des chercheurs restera très académique et n'intègrera pas l'intérêt des approches participatives, seuls les chercheurs dits « seniors » et ayant déjà fait leur preuve sur le critère de publication académique pourront s'impliquer fortement dans ce type de projet.

Les projets avec des approches participatives sont donc une nouvelle façon de faire de la recherche au plus près des questionnements de notre société. Leur apparition et intensification récente ainsi que l'implication de plus en plus forte des scientifiques experts et des citoyens usagers montrent que ce nouveau processus de recherche correspond à un besoin d'interactions opérationnelles entre deux mondes qui s'étaient perdus de vue depuis plus de deux siècles. Il faut maintenant que ces nouveaux types de projets trouvent leur place aux côtés des projets plus académiques et qu'ils soient reconnus aussi bien par les institutions que par les citoyens.

5. Glossaire

Approche naturaliste ; *Naturalistic approach*

Approche qui a trait aux sciences naturelles et à la description du vivant.

Benchmark ; *Benchmark*

Terme marketing qui désigne le référencement de l'ensemble des techniques permettant d'analyser les méthodes de gestion ou d'organisation des autres entreprises concurrentes dans le but de s'en inspirer.

Biogéographie ; *Biogeography*

Science écologique qui étudie la distribution spatiale des organismes vivants à grande échelle.

Bioindicateurs ; *Biological indicators*

C'est un indicateur constitué par une espèce vivante ou par un groupe d'espèces dont la présence ou l'état renseigne sur certaines caractéristiques écologiques d'un écosystème.

Biodynamie ; *Biodynamic approach*

Système de production agricole qui emploie les principes de base de l'agriculture biologique mais avec des pratiques propres, comme l'utilisation de préparations spécifiques pour améliorer la qualité du sol et de la plante et avec la prise en compte des rythmes lunaires et planétaires.

Bioturbation ; *Bioturbation*

Remaniement du sol produit par les activités des lombrics présents dans ce milieu. Cette activité entraîne le transfert d'éléments nutritifs ou chimiques de façon horizontale ou verticale dans le sol.

Fonctions biologiques ; *Biological functions*

Activités portées par les organismes vivants.

Fonctions agronomiques ; *Agronomical functions*

Fonctions ayant un intérêt pour les productions agricoles.

GIEE ; *Economic and environmental interest group*

Groupement d'intérêt économique et environnemental. Ce sont généralement des groupements d'agriculteurs locaux qui se réunissent et s'organisent autour d'un animateur pour aborder des thèmes qui leur posent question. L'impact des pratiques agricoles sur la qualité des sols est un thème récurrent de ces groupes.

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

Hydromorphie ; *Hydromorphy*

Qualité d'un sol qui montre des marques physiques de saturation régulière en eau, généralement durant l'hiver.

Maladie de Lyme ; *Lyme Disease*

La maladie de Lyme ou borréliose de Lyme est une maladie infectieuse, non contagieuse, causée par une bactérie, *Borrelia burgdorferi*, transmise par des tiques.

Micro-organismes ; *Microorganisms*

Organismes vivants de taille microscopique (< 0,1 mm). Les bactéries et champignons microscopiques constituent généralement les micro-organismes du sol.

Services écosystémiques ; *Ecosystem services*

Ce sont les bénéfices que les humains retirent des écosystèmes.

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

Sciences participatives au service de la qualité écologique des sols

par **Lionel RANJARD**
Directeur de recherches INRAE
UMR Agro écologie, Centre INRAE Dijon, France

Sources bibliographiques

[1] MARON (P.A.) et RANJARD (L.). – *Qualité écologique des sols*. Technique de l'ingénieur. [GE 1 051] (2019).

[2] DJEMIEL (C.) et TERRAT (S.). – *Nouvelles techniques de méta-omiques pour le diagnostic de la qualité microbiologique des sols*. [GE 1 052] (2019).

[3] CORTET (J.) et HEDDE (M.). – *La faune du sol pour évaluer l'impact des pratiques agricoles et la santé des sols*. Technique de l'ingénieur. [GE 1 058] (2020).

[4] http://www.inra.fr/Grand-public/Economie-et-societe/Tous-les-magazines/Sciences-participatives.

[5] https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/european-network-living-labs-enoll-explained.

[6] http://www.sciences-participatives.com/ Rapport.

[7] PIERRET (P.) et JIGUET (F.). – *The potential virtue of garden bird feeders : More birds in citizen backyards close to intensive agricultural landscapes*. Biological Conservation, 222, 14-20 (2018).

[8] MURAET (A.) et FONTAINE (B.). – *Contrasting impacts of pesticides on butterflies and bumblebees in private gardens in France*. Biological Conservation, 182, 148-154 (2015).

[9] DEGUINES (N.), FLORES (M.), LOIS (G.), JULLIARD (R.) et FONTAINE (C.). – *Fostering close encounters of the entomological kind*. Frontiers in Ecology and the Environment, 16 (4), 202-203 (2018).

[10] DEGUINES (N.), PRINCE (K.), PREVOT (A.C.) et FONTAINE (C.). – *Assessing the emergence of pro-biodiversity practices in citizen scientists of a backyard butterfly survey*. Science of the Total Environment, 136842 (2020).

[11] DESCHAMPS (S.) et DEMEULENAERE (E.). – *L'observatoire agricole de la biodiversité. Vers un ré-ancrage des pratiques dans leur milieu*. Études rurales, (195), 109-126 (2015).

[12] FREY-KLETT (P.), BRUN-JACOB (A.), MARCHAND (J.) et BONIFACE (P.) *et al.* – *La recherche participative CiTIQUE*. Rev. For. Fr. LXX (2-3-4) : 205-208, doi.org/10.4267/2042/69997 (2018).

[13] THIMONIER (J.), BRUN-JACOB (A.) et MATHIEU (M.) *et al.* – *Les laboratoires ouverts, Tous Chercheurs*. Médecine/sciences. https://doi.org/10.1051/medsci/2020029 (2020).

[14] Programmes nationaux ADEME Bioindicateurs des Sols : Phase 1 (2005-2008) (https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/page/programme-rmqs-biodiv) et Phase 2 (2009-2012) (https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/ADEME-Bioindicateur/).

[15] CANNAVACCIULO (M.), CASSAGNE (N.) et RIOU (V.) *et al.* – *Validation d'un tableau de bord d'indicateurs sur un réseau national de fermes en grande culture et en viticulture pour diagnostiquer la qualité biologique des sols agricoles*. Innovations Agronomiques. 55 : 41-54 (2017).

[16] JOINDREVILLE (P.) *et al.* – https://ist.blogs.inra.fr/sciencesparticipatives/publications (2018).

[17] LEVEQUE (T.), CAPOWIEZ (Y.) et SCHREK (E.) *et al.* – *Assessing ecotoxicity and uptake of metals and metalloids in relation to two different earthworm species (Eiseina hortensis and Lumbricus terrestris)*. Environmental pollution, 179, p. 232-241 (2013).

[18] CORTET (J.), JOIMEL (S.), NAHMANI (J.) et HEDDE (M.). – *La faune du sol – Déterminants de la structure des communautés et impacts sur le fonctionnement du sol*. Les sols au cœur de la zone critique 6 – Écologie. Eds Lemanceau P., Blouin M., p. 194 (2018).

[19] LEVEQUE (T.), CAPOWIEZ (Y.) et SCHREK (E.) *et al.* – *Earthworm bioturbation influences the phytoavailability of metals released by particles in cultivated soils*. Environmental pollution, 191, pages : 199-206 (2014).

[20] AUCLERC (A.), BLANCHART (A.) et VINCENT (Q.). – *Jardibiodiv, un outil de sciences participatives sur la biodiversité des sols urbains*. Étude et Gestion des Sols, 26, 195-209 (2019).

[21] BOUCHE (M.). – *Lombriciens de France*. Écologie et systématique. INRA, Paris (1972).

[22] Programmes européens : ENVASSO (2004-2008) (http://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/envasso), EcoFinders (2010-2014) (http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/Ecofinders/).

[23] GUILLAND (C.), MARON (P.A.), DAMAS (O.) et RANJARD (L.). – *La biodiversité des sols urbains au service des villes durables*. Étude et gestion des Sols, 25, 59-77 (2018).

À lire également dans nos bases

Base Génie écologique

DUMAT (C.). – *Rôles de l'agriculture urbaine dans les transitions écologiques*. [GE 1 015] (2019).

BADREDDINE (R.), DUMAT (C.), BRANCHU (P.) et CHARVET (R.). – *Méthodologie d'évaluation des risques sanitaires pour les jardins urbains*. [GE 1 017] (2019).

VERSINI (P.-A.). – *Infrastructures bleues et vertes – Outils d'adaptation au changement global en milieu urbain*. [P 4 260] (2017).

MARON (P.A.) et RANJARD (L.). – *Qualité écologique des sols*. [GE 1 051] (2019).

DJEMIEL (C.) et TERRAT (S.). – *Nouvelles techniques de méta-omiques pour le diagnostic de la qualité microbiologique des sols*. [GE 1 052] (2019).

CORTET (J.) et HEDDE (M.). – *La faune du sol pour évaluer l'impact des pratiques agricoles et la santé des sols*. [GE 1 058] (2020).

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 2.59.188.28

POUR EN SAVOIR PLUS

Annuaire

Organismes – Fédérations – Associations (liste non exhaustive)

ADEME :
https://www.ademe.fr
France nature environnement :
https://www.fne.asso.fr
CRAGE :
https://grandest.chambre-agriculture.fr
Observatoire français des sols vivants (OFSV) :
http://www.OFSV.org
OFB :
https://ofb.gouv.fr
Observatoire participatif des vers de terre (OPVT) :
https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT_accueil.php
Union nationale des CPIE :
https://www.cpie.fr
Fondation Charles-Léopold Mayer pour le progrès de l'homme :
https://www.fph.ch

Laboratoires – Bureaux d'études – Écoles – Centres de recherche (liste non exhaustive)

Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) :
https://www.mnhn.fr
INRAE :
https://inrae.fr
Agrocampus Ouest :
https://www.agrocampus-ouest.fr
ESA Angers :
https://www.groupe-esa.com
ISARA :
https://isara.fr
Université de Rennes 1 :
https://www.univ-rennes1.fr

Documentation – Formation – Séminaires (liste non exhaustive)

Nature France, site d'information sur les données pour la biodiversité :
http://www.naturefrance.fr

Parution : octobre 2020 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 259.106.28

Copyright © - Techniques de l'Ingénieur - Tous droits réservés

TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR

GAGNEZ DU TEMPS ET SÉCURISEZ VOS PROJETS EN UTILISANT UNE SOURCE ACTUALISÉE ET FIABLE

Techniques de l'Ingénieur propose la plus importante collection documentaire technique et scientifique en français !

Grâce à vos droits d'accès, retrouvez l'ensemble des **articles et fiches pratiques de votre offre, leurs compléments et mises à jour,** et bénéficiez des **services inclus.**

RÉDIGÉE ET VALIDÉE PAR DES EXPERTS

MISE À JOUR PERMANENTE

100 % COMPATIBLE SUR TOUS SUPPORTS NUMÉRIQUES

SERVICES INCLUS DANS CHAQUE OFFRE

- **+ de 350 000 utilisateurs**
- **+ de 10 000 articles de référence**
- **+ de 80 offres**
- **15 domaines d'expertise**

- **Automatique - Robotique**
- **Biomédical - Pharma**
- **Construction et travaux publics**
- **Électronique - Photonique**
- **Énergies**
- **Environnement - Sécurité**
- **Génie industriel**
- **Ingénierie des transports**
- **Innovation**
- **Matériaux**
- **Mécanique**
- **Mesures - Analyses**
- **Procédés chimie - Bio - Agro**
- **Sciences fondamentales**
- **Technologies de l'information**

Pour des offres toujours plus adaptées à votre métier, découvrez les offres dédiées à votre secteur d'activité

Depuis plus de 70 ans, Techniques de l'Ingénieur est la source d'informations de référence des bureaux d'études, de la R&D et de l'innovation.

www.techniques-ingenieur.fr

CONTACT : Tél. : + 33 (0)1 53 35 20 20 - Fax : +33 (0)1 53 26 79 18 - E-mail : infos.clients@teching.com

TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR

LES AVANTAGES ET SERVICES
compris dans les offres Techniques de l'Ingénieur

ACCÈS

Accès illimité aux articles en HTML
Enrichis et mis à jour pendant toute la durée de la souscription

Téléchargement des articles au format PDF
Pour un usage en toute liberté

Consultation sur tous les supports numériques
Des contenus optimisés pour ordinateurs, tablettes et mobiles

SERVICES ET OUTILS PRATIQUES

Questions aux experts*
Les meilleurs experts techniques et scientifiques vous répondent

Articles Découverte
La possibilité de consulter des articles en dehors de votre offre

Dictionnaire technique multilingue
45 000 termes en français, anglais, espagnol et allemand

Archives
Technologies anciennes et versions antérieures des articles

Impression à la demande
Commandez les éditions papier de vos ressources documentaires

Alertes actualisations
Recevez par email toutes les nouveautés de vos ressources documentaires

*Questions aux experts est un service réservé aux entreprises, non proposé dans les offres écoles, universités ou pour tout autre organisme de formation.

ILS NOUS FONT CONFIANCE

AgroParisTech, AIRBUS, cea, CESI, cnes, CSTB, ENGIE, GE, L'ORÉAL, Leroy-Somer, École Polytechnique, SAFRAN, Sagemcom, SAINT-GOBAIN, Schneider Electric, THALES, TOTAL, Valeo, VEOLIA, Wallonie, SPW

www.techniques-ingenieur.fr

CONTACT : Tél. : + 33 (0)1 53 35 20 20 - Fax : +33 (0)1 53 26 79 18 - E-mail : infos.clients@teching.com