



HAL
open science

Sciences et recherches participatives sur les sols en France Bilan et perspectives

Lionel Ranjard, Jacqueline Sauter, A. Auclerc, Camille Chauvin, Daniel Cluzeau, D. Mereau, Philippe Loiseau-Dubosc, Blandine Lemercier, E. d'Oiron, Sophie Raous, et al.

► To cite this version:

Lionel Ranjard, Jacqueline Sauter, A. Auclerc, Camille Chauvin, Daniel Cluzeau, et al.. Sciences et recherches participatives sur les sols en France Bilan et perspectives. *Étude et Gestion des Sols*, 2022, 29, pp.381-393. hal-04261029

HAL Id: hal-04261029

<https://institut-agro-rennes-angers.hal.science/hal-04261029>

Submitted on 26 Oct 2023

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Sciences et recherches participatives sur les sols en France

Bilan et perspectives

L. Ranjard^(1*), J. Sauter^(2,3*), A. Auclerc⁽⁴⁾, C. Chauvin⁽⁵⁾, D. Cluzeau⁽⁶⁾, D. Mereau⁽⁷⁾,
P. Loiseau-Dubosc⁽⁸⁾, B. Lemerrier⁽⁹⁾, E. d'Oiron⁽¹⁰⁾, S. Raous⁽¹¹⁾, C. Roturier⁽⁸⁾,
M. Rovillé⁽¹²⁾, L. Serin⁽¹³⁾ et C. Gascuel^(9,14)

- 1) INRAE, Institut Agro Dijon, Université de Bourgogne, Université de Bourgogne Franche-Comté, UMR 1347 Agroécologie, F-21000 Dijon, France
- 2) Chambre régionale d'agriculture Grand Est, Schiltigheim, France
- 3) Réseau Mixte Technologique Sols et Territoires, CRA Grand Est, 2 rue de Rome 67300 Schiltigheim, France
- 4) Université de Lorraine, INRAE, LSE, F-54000 Nancy, France
- 5) ELISOL environnement, 30111 Congénies, France
- 6) Université de Rennes, UMR Ecobio, F-35000 Rennes, France
- 7) Pôle espaces verts ville de Pantin, 93500 Pantin, France
- 8) INRAE, Direction pour la science ouverte, Pôle sciences en société, F-75000 Paris, France
- 9) Institut Agro, INRAE, UMR SAS, F-35000 Rennes, France
- 10) Observatoire français des sols vivants 13210 Saint-Rémy-de-Provence, France
- 11) Association Française pour l'Etude du sol - INRAE Centre de recherche d'Orléans
2163 avenue de la Pomme de Pin, CS 40001 Ardon - F-45075 Orléans Cedex 2, France
- 12) Les petits débrouillards, 81 boulevard Voltaire 75011 Paris, France
- 13) Union Nationale des Centres Permanents d'Initiatives pour l'Environnement (UNCPIE), Paris, France
- 14) INRAE, Direction scientifique Environnement, F-75000 Paris, France

* Auteurs correspondants : lionel.ranjard@inrae.fr - joelle.sauter@grandest.chambagri.fr

RÉSUMÉ

Les approches de sciences et recherches participatives (SRP) se développent, avec de plus en plus d'initiatives sur les sols. Ceux-ci sont des objets originaux vis-à-vis des SRP. Ils sont touchables, manipulables, l'enjeu de multiples politiques publiques (agroécologie, biodiversité, alimentation, climat...), intégrateurs de nombreux impacts des activités humaines. Les propriétés physiques, chimiques, biologiques pour les qualifier peuvent amener au chercheur une richesse d'information et au citoyen qui s'y engage un parcours de découverte. Les sols restent néanmoins plus difficiles à appréhender par des non-spécialistes que d'autres éléments de l'environnement (plantes, insectes, cours d'eau, ...). L'objectif de cet article est de faire un état des lieux des SRP sur les sols en France, à partir i) de la présentation d'une enquête auprès de porteurs de projet à l'échelle nationale, ii) de la présentation de quelques projets pilotes, enfin iii) des enseignements tirés d'un colloque réunissant la communauté. Les 20 projets identifiés sont tous assez récents (plus de la moitié a moins de 5 ans), principalement sur la biologie des sols, et sur les sols agricoles. Ils sont majoritairement portés par la recherche, associant des acteurs assez divers de la société, le plus souvent sur une partie du projet, celle de la collecte

Comment citer cet article :

Ranjard L., Sauter J., Auclerc A., Chauvin C., Cluzeau D., Mereau D., Loiseau-Dubosc P., Lemerrier B., d'Oiron E., Raous S., Roturier C., Rovillé M., Serin L. et Gascuel C., 2022 - Sciences et recherches participatives sur les sols en France : bilan et perspectives, *Étude et Gestion des Sols*, 29, 381-393

Comment télécharger cet article :

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

Comment consulter/télécharger tous les articles de la revue EGS :

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

de données. La co-construction des protocoles, de l'interprétation, du retour vers les non scientifiques est encore peu développée. Cinq exemples illustrent la diversité des projets. Ce premier bilan doit permettre une plus grande mutualisation des projets, voire la création d'une communauté et d'un réseau de travail sur ces travaux transdisciplinaires sur le sol.

Mots-clés

Sol, sciences participatives, agriculture, urbain, biodiversité, citoyen.

SUMMARY

CITIZEN SCIENCE FOR SOIL IN FRANCE: Review and prospects

Citizen science is developing, and more and more initiatives on soil are emerging. Soils are original environmental objects regarding citizen science. They are touchable and many observations can be proposed on them. They are included in multiple public policies (agroecology, bio-diversity, food, climate...). They integrate numerous impacts of human activities. Their diverse properties, physical, chemical and biological ones, to qualify soils can provide the researcher, rich and original data and the citizen who embarks, a journey of discovery. Despite that, for non-experts, working on soil remains more difficult than working on other environmental components (plants, insects, rivers...). The objective of this article is to provide i) an inventory of the projects of citizen science on soils in France from a survey of the project leaders, ii) a presentation of five pilot projects, iii) lessons learned from a workshop mixing scientists and non-scientists involved in these projects. Twenty projects have been inventoried, all fairly young (the majority are less than 5 years old), mostly on soil biology and on agricultural land use. They are mainly managed by research, with the contribution of diverse partners of the society who are involved in a part of the project, most often soil data collecting. Co-building protocols, interpretation and feedback to non-scientists are still under developed. Five examples illustrate the diversity of the projects. This first evaluation of the projects on soil citizen science will contribute to increase exchanges between projects up to create a community or a network on such transdisciplinary approach on soil.

Key-words

Soil, citizen science, agriculture, urban, biodiversity, citizen.

RESUMEN

CIENCIA E INVESTIGACIÓN PARTICIPATIVA SOBRE LOS SUELOS EN FRANCIA : Balance y perspectivas

Los enfoques de la ciencia y la investigación participativa (ERP) se están desarrollando, con cada vez más iniciativas sobre los suelos. Estos son objetos originales frente a los SRP. Son tocables, manipulables, el desafío de múltiples políticas públicas (agroecología, biodiversidad, alimentación, clima...), integradoras de numerosos impactos de las actividades humanas. Las propiedades físicas, químicas, biológicas para calificarlos pueden llevar al investigador una riqueza de información y al ciudadano que se compromete a un recorrido de descubrimiento. Sin embargo, los suelos siguen siendo más difíciles de captar por no especialistas que otros elementos del medio ambiente (plantas, insectos, ríos,...). El objetivo de este artículo es hacer un balance de las SRP sobre los suelos en Francia, a partir de i) la presentación de una encuesta entre los promotores de proyectos a escala nacional, ii) la presentación de algunos proyectos piloto, iii) la experiencia adquirida en un simposio comunitario. Los 20 proyectos identificados son todos bastante jóvenes (más de la mitad tienen menos de 5 años), principalmente sobre la biología de los suelos, y sobre los suelos agrícolas. En su mayoría, son impulsados por la investigación, asociando a actores bastante diversos de la sociedad, la mayoría sobre una parte del proyecto, la de la recogida de datos. La co-construcción de los protocolos, de la interpretación, del retorno hacia los no científicos está aún poco desarrollada. Cinco ejemplos ilustran la diversidad de los proyectos. Este primer balance debe permitir una mayor mutualización de los proyectos, incluso la creación de una comunidad y de una red de trabajo sobre estos trabajos transdisciplinarios en el suelo.

Palabras clave

Ssuelo, ciencia participativa, agricultura, urbano, biodiversidad, ciudadanos.

1 - INTRODUCTION

Aujourd'hui, grâce aux progrès de la recherche, nous sommes capables d'étudier finement la qualité des sols dans toutes leurs composantes (physiques, chimiques et biologiques) et ainsi de mieux évaluer les services qu'ils peuvent rendre à notre société. Toutefois, la réussite de la « transition agroécologique », en milieu rural, et du « retour de la nature en ville », en milieu urbain, dépend non seulement de notre capacité à développer de nouvelles connaissances, les plus pertinentes et les plus représentatives possibles du fonctionnement des sols, mais aussi de notre capacité à sensibiliser et impliquer les citoyens usagers des sols qui sont les acteurs du déploiement de ces transitions. Historiquement, la recherche sur l'impact des activités humaines sur la qualité des sols s'est focalisée sur l'étude de sites expérimentaux ou de réseaux de surveillance, dans le cadre notamment du Groupement d'Intérêt Scientifique sur les sols (Gis Sol, <https://www.gissol.fr/>) et des infrastructures de recherche dédiées à l'étude des écosystèmes (<https://www.anaee-france.fr/>). L'information obtenue, bien que robuste, n'est que peu représentative de la grande diversité des usages du sol et de leurs conséquences. Face à ce constat, des projets de sciences et de recherches participatives (SRP), associant chercheurs et citoyens usagers des sols, se sont développés depuis le début des années 2000 partout dans le monde (Ranjard, 2020). Cette approche, en complément de celles plus académiques réservées aux scientifiques et aux experts du domaine (bureaux d'études, organisations professionnelles, etc.), permet d'améliorer notre capacité à capter des informations de terrain.

En France, les SRP portant spécifiquement sur les sols connaissent un essor particulièrement important depuis une dizaine d'années. Cette dynamique s'est amplifiée depuis la publication du rapport Houllier et Merilhou-Goudard sur les SRP en France (2016), comme le montre le numéro spécial de NOVAE entièrement consacré aux SRP (Mézière *et al.*, 2020). En 2008 est créé l'Observatoire Français des Sols Vivants qui portera en 2011 le projet AgrInnov (projet soutenu par le Compte d'affectation spéciale pour le développement agricole et rural – CASDAR) associant chercheurs et citoyens ou agriculteurs, sur la biodiversité des sols (Cannavacciuolo *et al.*, 2017 - En 2010 est créé l'Observatoire Participatif des Vers de Terre (OPVT)¹ à l'université de Rennes. Dans cette dynamique, un groupe de travail national associant chercheurs, essentiellement des pédologues et des écologues du sol, et organisations de la société civile a été constitué en 2016 par INRAE, à l'initiative de la direction scientifique environnement et du délégué Sciences en société. Un premier travail de parangonnage des initiatives françaises et européennes a été réalisé (Jondreville *et al.*, 2018 - Depuis, de nouveaux projets de SRP sont nés, en lien ou non avec ce groupe de travail. Sans être exhaustif, une vingtaine de projets

de SRP sur les sols en France sont actuellement identifiés dont plus de la moitié a moins de 5 ans, (https://www.inrae.fr/sites/default/files/sciences_participatives_et_solpages.pdf), certains sur l'identification des types de sol et de leurs fonctions, d'autres sur les variables physico-chimiques et/ou biologiques des sols, certains ciblant les milieux agricoles, naturels ou urbanisés, d'autres tous les milieux. Les résultats issus de ces approches sont encore peu valorisés académiquement, en témoigne le faible corpus scientifique lorsque l'on croise les deux mots-clés « soil », en tant que compartiment majeur de l'environnement, et « citizen science* », en tant qu'approche de recherche. Le Web of Science (consulté le 6/1/2022) fournit 158 publications, parmi lesquelles 35 % portent sur les thématiques environnementales (Rossiter *et al.*, 2015), parfois en lien avec la santé humaine (contamination des sols) (Brusseau *et al.*, 2013; Filippelli *et al.*, 2018), 33 % sur l'écologie et la conservation de la biodiversité (Groenewald *et al.*, 2018; Giraldo *et al.*, 2019), 8 % sur l'eau et la gestion des systèmes agricoles. Ces publications cumulent 1 200 citations, dont les deux tiers au cours des deux dernières années. Travailler sur les sols dans le cadre des SRP est donc en soi un front de science. Par comparaison, si on croise « biodiversity » et « citizen science* » on trouve 1 184 papiers, cités 14 984 fois. Est-ce à dire qu'il serait plus difficile d'engager ces approches sur les sols, plutôt que sur d'autres composantes de l'environnement ?

En fait, les sols présentent des particularités, des atouts et des limites vis-à-vis des SRP. Bien que les sols soient de plus en plus évoqués comme enjeu de société, ils n'en demeurent pas moins invisibles, à la fois peu connus et peu reconnus des citoyens. Les sols peuvent être touchés, manipulés, ce qui est intéressant notamment avec de jeunes publics. Il ne suffit pas de les nommer, il faut aussi les qualifier par de multiples propriétés, amenant au chercheur une richesse d'informations et au citoyen qui s'y engage un parcours de découverte. Les scientifiques sont aussi demandeurs d'une meilleure connaissance des sols : leur biodiversité est immense et encore mal connue ; les sols font encore l'objet d'inventaires, notamment dans leurs dimensions biologiques et biogéochimiques (bactéries, champignons, faune du sol, contaminants...) (Maron et Ranjard, 2019 - Certaines propriétés des sols varient peu dans le temps (profondeur, granulométrie, abondance en éléments grossiers par exemple) mais présentent une grande variabilité spatiale qu'il est important de pouvoir décrire (Arrouays *et al.*, 2020). Leur cartographie aux échelles locales (territoire, parcelle) est historique mais les outils nécessaires à la généralisation de cartographies précises sont encore en cours de développement (Voltz *et al.*, 2020). Certains contextes sont difficilement accessibles aux chercheurs, tels que les jardins privés des particuliers (Auclerc *et al.*, 2019 - D'autres propriétés des sols varient plus dans le temps, le plus souvent en lien avec les activités humaines locales ou plus lointaines (impacts des modes de conduite des cultures, dépôts de sédiments pollués le long des cours d'eau,

1) https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT_accueil.php

dépôts atmosphériques...). Il y a donc une convergence sur le fait que les sols constituent un champ d'investigation qui peut répondre aux attentes à la fois des scientifiques et de la société.

Le sol est une composante hybride de l'environnement : ses propriétés dépendent du climat et de la géologie, des activités humaines, qui tous influencent la pédogénèse et l'activité biologique du sol. Les sols peuvent avoir des impacts sur la santé, l'aménagement, le climat. À l'heure de l'anthropocène, les projets de SRP sur les sols peuvent éclairer les débats, en prenant finement en compte la diversité des situations environnementales et des activités humaines. Enfin, le sol est une interface critique, fragile, et non renouvelable à l'échelle humaine, ce qui en fait un élément socialement intéressant. Les politiques publiques menées aux échelles territoriales, nationales ou européennes intègrent de plus en plus la question des sols et des projets de SRP peuvent s'y ancrer, avec un intérêt tant pour la recherche que pour la société. Dans le cadre du programme Horizon Europe, une mission sur le domaine thématique « Santé des sols et alimentation », baptisée « Un pacte pour des sols sains en Europe »², lancée en 2019, a pour l'un de ses objectifs d'accroître l'engagement citoyen pour la préservation des sols et de leurs fonctions (Commission européenne, 2022). Une stratégie européenne sur les sols a été présentée en novembre 2021³.

En France, à titre d'exemple on peut citer la loi Climat et Résilience (2021), dans laquelle il est fait directement référence aux sols avec l'objectif de zéro artificialisation nette, ou encore le renforcement des projets alimentaires territoriaux (PAT).

L'objectif de cet article est d'abord de faire un état des lieux des SRP sur les sols en France à partir des résultats d'une enquête qui a été menée auprès de porteurs de projet à l'échelle nationale et de la présentation de cinq projets pilotes. L'enquête a été réalisée dans le cadre de la préparation d'un colloque organisé en novembre 2021 par INRAE avec le soutien de l'Agence de la transition écologique (Ademe) et de l'Office français de la biodiversité (OFB). Les ressources créées lors de ce colloque ont été diffusées par l'Association française pour l'étude du sol (Afes)⁴. Différentes typologies des projets existants, de leurs objectifs et de la façon dont ils impliquent les citoyens sont présentées. Dans un second temps, les discussions tenues lors de ce colloque qui a regroupé la communauté des acteurs impliqués sont synthétisées, de manière à faire ressortir les atouts, freins et perspectives pour aider au développement des futurs projets, et plus largement à la structuration de cette communauté.

2) https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe/soil-health-and-food_en

3) https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/qanda_21_5917

4) <https://www.afes.fr/actions/recherches-participatives/le-colloque-annuel/>

5) <https://www.afes.fr/actions/recherches-participatives/porteurs-de-projets-recherche-participative/>

2 - MÉTHODE

Trois actions ont été mises en œuvre pour faire un état des lieux de la communauté travaillant avec les SRP sur les sols. Tout d'abord, un questionnaire d'enquête a été adressé à l'ensemble de la communauté connue, sans visée d'exhaustivité. Ce questionnaire a permis d'élaborer une première cartographie des projets. Ce questionnaire reste ouvert et téléchargeable⁵ sur le site de l'AFES et peut être complété au fil de l'eau. Ce questionnaire a porté sur quatre grands thèmes :

- 1) le champ d'investigation du projet (usage des sols, zone géographique, variables d'intérêt...);
- 2) le partenariat mis en place entre chercheurs et non chercheurs, de la conception du projet à sa mise en œuvre (quel type de partenaire, quels modes d'interaction et co-productions...);
- 3) les résultats produits, tant pour la recherche que pour la société;
- 4) les atouts et difficultés perçues par les porteurs de projets de manière à propager les bonnes pratiques, les bons outils et à répondre aux difficultés.

Ensuite, quelques projets déjà identifiés sont décrits, leur expérience, leurs atouts et difficultés exposés à titre d'exemple. Enfin, le colloque de novembre 2021 a permis de nourrir cet état des lieux et de faire que la communauté se connaisse et progresse ensemble (Gascuel *et al.*, soumis NSS), notamment sur deux thèmes abordés chacun lors de deux tables rondes :

- les intérêts réciproques de la recherche et de la société civile pour des recherches participatives, en termes de mobilisation pour les développer et de valorisation des données;
- les bonnes pratiques pour le montage d'un projet participatif ; à savoir, comment mener une démarche de co-construction avec les parties prenantes, les écueils à éviter, les outils facilitant leur déploiement.

3 - SYNTHÈSE DES RESULTATS DE L'ENQUÊTE SUR LES PROJETS DE SRP SUR LES SOLS EN FRANCE

Une vingtaine de projets de SRP sur les sols a été identifiée depuis le début des années 2000 en France. L'enquête a permis de mieux évaluer la dynamique, les ambitions et la typologie de ces projets ainsi que leurs forces et faiblesses exprimées par les porteurs de ces projets.

Historique, dynamique et distribution territoriale des projets de SRP sur les sols en France

L'histoire des sciences participatives débute dès le 18^e siècle avec la contribution d'amateurs renommés en astronomie,

géologie et écologie. Au 19^{ème} siècle la science devient académique avec une scission significative entre expert et profane et une professionnalisation de la recherche. Dans le contexte de la recherche moderne, il faut attendre les années 1980 pour voir réapparaître les sciences participatives dans les pays anglo-saxons dans le domaine de la santé, et les années 2000 pour voir ce nouveau courant de recherche s'appliquer à la science du sol.

Les résultats de l'enquête confirment que les projets de SRP sur les sols en France sont assez récents puisque les premiers apparaissent entre les années 2000 et 2005. La dynamique de création de projets s'accroît fortement ces dernières années puisque 12 d'entre eux sur les 20 identifiés ont été développés ces cinq dernières années (*Figure 1*). Une telle dynamique peut s'expliquer par la sensibilisation grandissante des usagers des sols et des citoyens au sol, mais aussi par un regain d'intérêt des politiques publiques pour cet écosystème qui est au centre des débats de la transition agroécologique et du retour de la nature en ville (Maron et Ranjard, 2019 - De son côté, la communauté scientifique s'est aussi emparée du sujet de façon plus intense et la recherche fournit depuis une quinzaine d'années des outils et des expertises de plus en plus aboutis pour aborder la qualité physico-chimique et biologique des sols en contextes agricoles, forestiers, et plus récemment en contexte urbain, permettant d'accélérer significativement la production de connaissances et la validation d'indicateurs opérationnels pour les usagers des sols.

Les projets de SRP sur les sols ont tous un fort ancrage territorial. Toutes les régions sont représentées, sauf la Nouvelle-Aquitaine et la région Centre-Val de Loire. Si deux-tiers des

projets affichent des ambitions nationales, 10 % ont une visée au-delà des frontières françaises. Ces changements d'échelle à venir restent conditionnés par la bonne réussite des projets au niveau local.

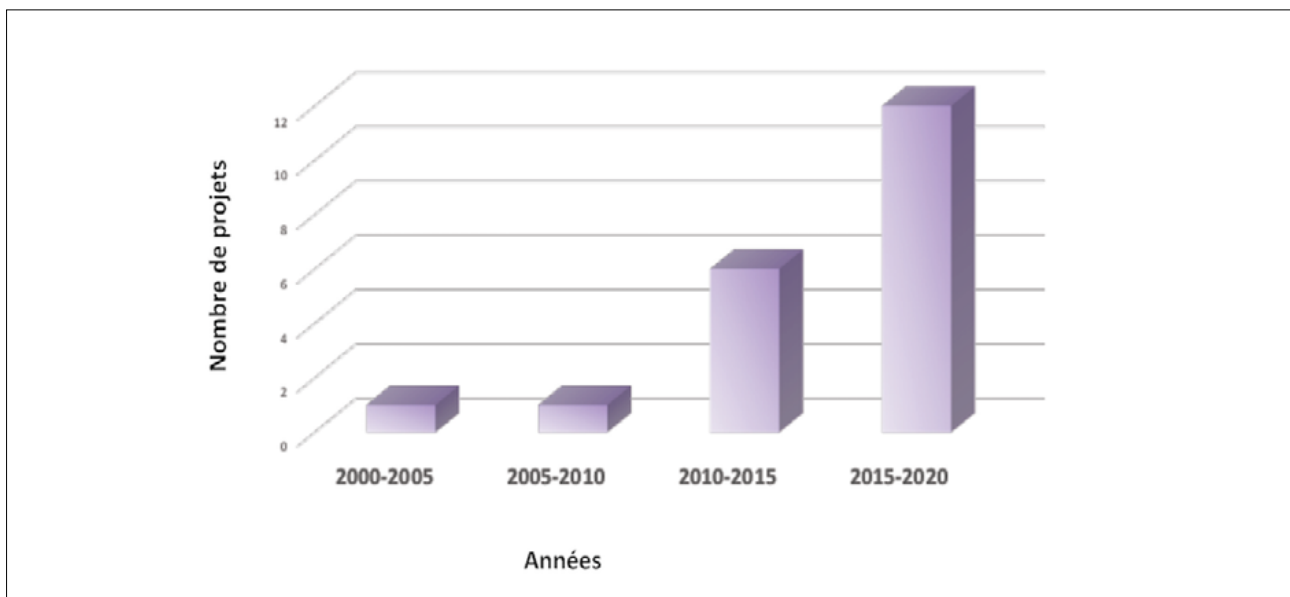
Typologie et objectifs des projets de SRP sur les sols en France

La grande majorité des projets (75 %) est portée par des organismes de recherche et d'enseignement supérieur publics (INRAE, CNRS, Universités...), avec une implication d'autres co-porteurs : 15 % des projets sont co-portés par des associations ou des collectifs d'usagers des sols ; et 10 % le sont par des collectivités territoriales, notamment des métropoles. Le constat est donc que la recherche publique est encore fortement motrice dans l'élaboration et la coordination de ces projets. Toutefois, la recherche s'engage dans ce type de projets pour des objectifs qui ne sont pas que de recherche, puisque 70 % des projets expriment une volonté de répondre principalement aux attentes du monde agricole, des citoyens urbains (40 %), des acteurs de l'éducation (30 %), et plus secondairement de la recherche, même si des objectifs académiques sont clairement définis. Compte tenu des acteurs ciblés, les écosystèmes pris en compte sont logiquement les écosystèmes agricoles (70 %), les écosystèmes urbains (50 %) et les écosystèmes naturels (30 %). Une part non négligeable des projets prend en compte plusieurs types d'écosystèmes et, de façon surprenante, peu de projets ciblent les écosystèmes forestiers.

Le pilotage par la recherche de ces projets de SRP sur les sols explique le niveau modéré d'implications de la société civile

Figure 1 : Dynamique temporelle du nombre de projets de sciences et recherches participatives sur les sols en France.

Figure 1: Temporal dynamics of the number of soil citizen science projects in France.



et des usagers des sols dans le déroulé du projet. Parmi les quatre niveaux croissants d'implication des citoyens dans les projets de SRP (Figure 2), la moitié des projets se trouve au niveau 1, là où le rôle des citoyens et des usagers des sols se limite à de l'observation et de la fourniture de données. Le niveau 2, qui implique les citoyens dans l'interprétation des données et des résultats, concerne 25 % des projets en France, autant que ceux qui sont de niveau 3 dans lequel il y a un processus de co-construction des projets en amont. À ce jour, il n'y a aucun projet de niveau 4 qui représente l'implication complète des citoyens et des usagers des sols dans le portage et le financement du projet. Ceci peut s'expliquer par la jeunesse des projets, mais aussi par le fait que les projets sont pilotés par des organismes publics de recherche et des universités qui remplissent là leur rôle de production de connaissances. Par ailleurs, le montage financier de projets de niveau 4 et le partenariat public/privé à mettre en place s'avèrent plus compliqués. La montée en maturité de certains projets de niveau 1 ou 2, et/ou la co-construction et le co-portage avec des acteurs de la société ayant une pratique commune devraient permettre d'atteindre les niveaux 3 et 4 et d'aboutir à des processus de recherche action (Figure 2). À court terme (2023), le projet EcoVitiSol devrait, par exemple, rejoindre le niveau 4. Un modèle économique impliquant les usagers du sol peut dans certains cas être élaboré. Dans cet exemple, une participation financière des vigneron, en plus de leur implication dans la logistique et les techniques d'analyse de la qualité biologique de leurs sols (cf partie 2), permettrait de stabiliser le modèle économique du projet.

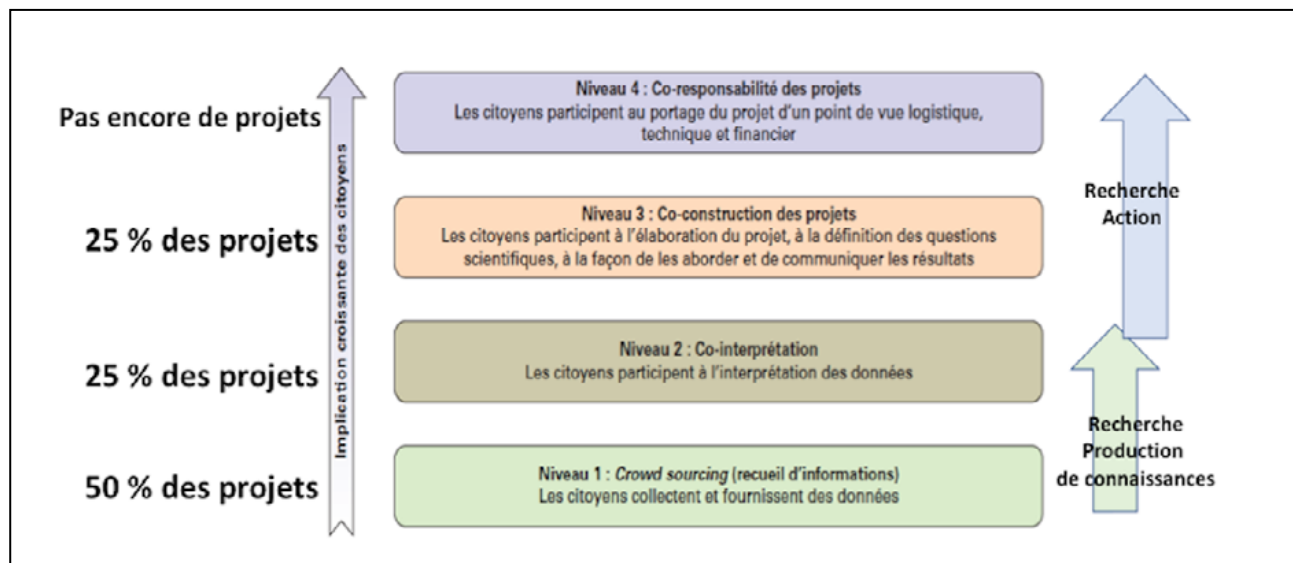
Les propriétés des sols visées dans les projets portent en premier lieu sur la biologie/biodiversité, puis la physico-

chimie, la gestion (paysage, pratiques agricoles...) et enfin sur des critères pédologiques (couleur, texture, profondeur...) (Figure 3). Cette prépondérance de la production de données sur la biologie du sol témoigne d'un élan naturaliste de la société et de la volonté des usagers des sols de mieux connaître leur patrimoine sol en termes de biodiversité et de services rendus par cette biodiversité. Le contexte de transition écologique et de retour de la nature en ville fait que la biodiversité des sols devient un levier opérationnel pour évaluer la fourniture de certains services écosystémiques des sols, comme la fertilité, la protection des cultures, ou la sortie d'une dépendance aux intrants chimiques (Lemanceau *et al.*, 2015 - Néanmoins, aucun ne met en œuvre une approche intégrée du sol, c'est-à-dire de l'ensemble des propriétés et des fonctions des sols, alors que l'ensemble des projets, de par leur complémentarité, le permettrait. Il y a donc une nécessité de mieux structurer ces projets en un réseau national pour qu'ils puissent établir des synergies et élargir leur champ d'action en termes de typologie de données acquises, de cibles et d'ambition territoriale ou nationale, en terme également d'intérêt et de sens pour les acteurs qui s'y engagent.

Une analyse des mots-clés des projets, sur la base des résumés fournis par les porteurs de projets, permet de déterminer leur périmètre global en termes scientifique et sociétal (Figure 4 - Parmi les mots-clés les plus fréquents, on trouve « biodiversité », « connaissance », des verbes d'action tels que « participer », « sensibiliser », « observer » ce qui traduit la réalité de travaux collaboratifs, mais sans forcément co-portage et co-productions par la recherche et par la société. La plupart des projets vise donc la sensibilisation des usagers,

Figure 2 : Niveaux d'implications des citoyens /usagers des sols dans les projets de SRP sur les sols en France (modifié d'après Ranjard, 2020).

Figure 2: Levels of Involvement of citizens /land users in soil citizen science projects in France (modified from Ranjard, 2020).



la prise en compte des sols dans les politiques publiques ou le développement d'outils opérationnels pour la mesure de la biodiversité des sols.

D'un point de vue financier, l'enveloppe de la majorité des projets (65 %) ne dépasse pas 100 k€/an et seulement 10 % dépasse un budget récurrent de 300 k€/an. Dans le monde académique de la recherche, les projets de SRP ne représentent donc pas des projets onéreux, notamment du fait qu'une partie des acteurs cibles (citoyens, usagers) s'impliquent de façon bénévole en y trouvant un intérêt autre que financier. Ce n'est donc pas le budget qui freine la mise en place de projets de niveau 4 mais bien la complexité du partenariat et les origines multiples des fonds à mobiliser et à répartir selon une diversité de partenaires.

Comme ces projets sont en grande partie portés par la recherche académique, les sources de financement sont logiquement d'origines publiques (85 % des cas). Les financements de la part de collectivités territoriales, d'associations, d'organismes de développement agricole ou de partenaires privés ne sont pas négligeables (50 % des projets), ceux des citoyens/usagers des sols (agriculteurs, aménageurs urbains...) restent encore très limités à ce jour (<10 % des projets) (Desclaux *et al.*, 2020).

Innovation, forces, faiblesses et indicateurs de réussite

Les projets de SRP sont souvent une source d'innovation. Ces innovations sont stimulées en premier lieu par la nécessité d'améliorer la collecte des données par les citoyens et usagers des sols. Les projets font donc de plus en plus appel à des outils de collecte de données adaptés au terrain (mallette d'analyse, outils de saisie sur tablette, géo-positionnement, description des sites, enquêtes sur les pratiques, reconnaissance de la faune du

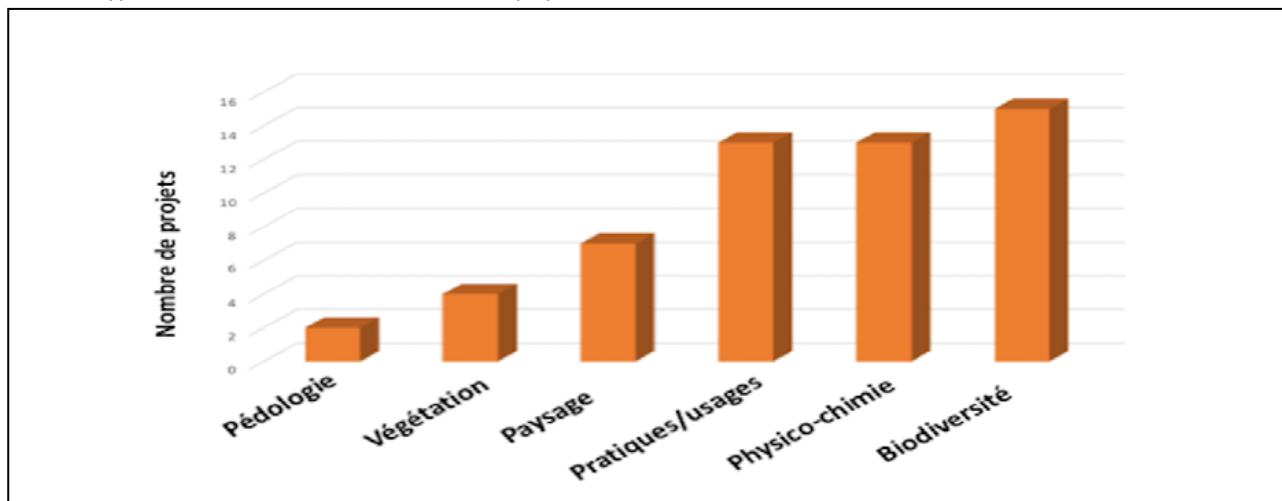
sol, etc.). La plupart de ces outils sont numériques et ont été directement développés et validés pour chaque projet. D'autres types d'innovation sont développés pour assurer et améliorer l'animation des réseaux d'usagers/citoyens impliqués dans ces projets. Il peut s'agir aussi d'outils numériques (tutoriels filmés, infolettre, chaîne vidéo en ligne, réseaux sociaux, Massive Open Online Course -MOOC -...), mais aussi de méthodologies innovantes, relevant de plus en plus des sciences sociales, pour sensibiliser les citoyens et faciliter les échanges entre experts et non experts durant la co-interprétation des résultats obtenus (niveau 2 des SRP, *Figure 2*). Il s'agit d'ateliers de co-interprétation, d'application mobile, de fiches de rendus, de jeux sérieux... Deux tiers des projets ont utilisé ou même développé ce type d'outils pour la phase de restitution des résultats, mais le tiers restant n'a pas encore défini les modalités de restitution.

La gestion des données acquises est le plus souvent faite au travers de bases de données construites spécifiquement pour le projet, sans anticipation d'une possible mutualisation avec d'autres projets, voire avec des bases nationales d'inventaire et de surveillance des sols (base de données DoneSol du Gis Sol notamment) ou celles mises en place par des infrastructures de recherche.

L'analyse des porteurs de projets de SRP sur les sols fait ressortir comme force: les réseaux multi-acteurs; le volume de données acquises; le développement d'outils pour l'observation sur le terrain, notamment numériques; l'amélioration de la compréhension des sols. En contrepartie, les faiblesses identifiées sont: la capacité à mobiliser les citoyens et usagers des sols; le maintien de l'animation des réseaux dans le temps; la fiabilité des données acquises par des non experts; le manque de compétences réelles ou ressenties par les citoyens; le manque de moyens dédiés; les lourdeurs et contraintes administratives et juridiques (RGPD, accès aux

Figure 3 : Type de données obtenues dans les projets de SRP sur les sols en France.

Figure 3: Type of data obtained in soil citizen science projects in France.



Trois mots-clés s'adossent à « participatif » pour l'OPVT, qui sont « pédagogique », « progressif » et « collaboratif ». L'OPVT vise à établir progressivement des référentiels locaux, à faire de la pédagogie sur l'importance du sol et de sa biodiversité. Il s'adresse à un large public tel que les agriculteurs, les scolaires, les jardiniers et les gestionnaires de milieux naturels ou anthropisés. Alors qu'entre 20 et 80 observations par an étaient comptabilisées avant 2010, ce sont entre 700 et 900 observations qui le sont entre 2012 et 2018. 6 820 observations ont été faites en 9 ans, réparties sur l'ensemble du territoire métropolitain. L'enjeu actuel est de travailler plus étroitement avec les partenaires pour améliorer la qualité des données, accéder à la diversité taxonomique, et plus seulement à l'abondance totale. Cette démarche a permis d'observer des espèces nouvelles. L'inventaire s'est élargi aux milieux urbanisés grâce à une collaboration avec les associations, les jardiniers, les services des espaces verts. L'OPVT permet ainsi aux jardiniers de mieux connaître et d'améliorer les sols qu'ils gèrent, de donner du sens à leur travail. La mobilisation des enfants des centres de loisirs permet d'initier les jeunes aux prélèvements et à l'identification des groupes d'espèces, et de les associer aux sciences participatives. La dynamique de groupe est maintenue par l'envoi des résultats, des restitutions en visioconférence ou en présentiel.

Le réseau d'expérimentation et de veille à l'innovation agricole (REVA)

Issu du projet CASDAR AgrInnov, le REVA est un réseau d'agriculteurs, d'instituts techniques et de scientifiques qui construisent et utilisent en commun des outils de mesure de l'impact des pratiques agricoles sur « la biologie des sols, avec une ambition d'aller sur la qualité des productions, la rentabilité des pratiques agricoles ». Il est porté par l'Observatoire français des sols vivants, en partenariat avec différentes institutions académiques (ESA, ISARA, INRAE de Dijon, université de Rennes) et ELISOL Environnement. Les pratiques agricoles étudiées sont relatives à la gestion des matières organiques, du travail du sol, des rotations culturales, en essayant de les relier à des fonctions écologiques telles que la dynamique des matières organiques, la stabilité de la structure, la biodiversité (vers de terre, nématodes, bactéries...), ceci à partir d'indicateurs sur les propriétés des sols (texture). Le projet a produit six fiches qui explicitent des indicateurs d'état du sol, dont deux portent sur les fonctions des sols à partir d'indicateurs de synthèse : l'une sur la fertilité ; l'autre sur la diversité fonctionnelle des organismes du sol, celle-ci pouvant être considérée comme contribuant à une « assurance écologique ». À ce jour, plus de 500 exploitations agricoles et viticoles se sont impliquées.

Pour la recherche, le réseau permet de mieux évaluer l'effet des systèmes de culture, de mieux comprendre les fonctions des différentes composantes de la biodiversité des sols,

d'élaborer des outils utiles aux agriculteurs, en les soumettant à des situations opérationnelles. Pour le monde agricole et la société, le réseau permet, globalement et pour chaque agriculteur, d'apporter un diagnostic sur ses sols, d'identifier des leviers d'amélioration. L'approche participative vise bien des productions pour la recherche et la société. Un point fort du projet est la restitution aux agriculteurs sur la forme d'une journée annuelle d'échange. L'ingénierie et l'accompagnement pédagogique mis en œuvre ont pour objectif de mettre les agriculteurs en situation de formuler leur propre diagnostic et le choix des actions et améliorations à mettre en œuvre, dans le respect de leurs contraintes. Depuis 2019 les fournisseurs de l'agriculture commencent à entrevoir la possibilité d'externaliser une partie de leur R&D dans le REVA. En 2022 le REVA devient DATASOL, une société qui vise la participation financière des agriculteurs, tout en poursuivant les actions déjà proposées.

Le projet Jardibiodiv

Jardibiodiv (<http://ephytia.inra.fr/fr/P/165/jardibiodiv>), créé en 2017 à l'initiative du LSE de Nancy, vise à observer et faire découvrir la biodiversité visible et vivant à la surface du sol, à répondre à des questions relatives aux facteurs d'influence des communautés d'invertébrés et au rôle des environnements urbains sur ces communautés (Auclerc *et al.*, 2019; Auclerc, 2021). L'observation porte sur le lieu échantillonné, l'habitat des organismes, les pratiques des usagers, les invertébrés à la surface du sol. La construction de la démarche s'appuie sur 4 années d'échanges entre chercheurs, citoyens, enseignants et enfants afin de mieux comprendre les besoins et envies de chacun. Six protocoles scientifiques sont proposés selon les besoins des animateurs. Depuis 2 ans, Jardibiodiv s'est déployé grâce à des projets de recherche locaux et nationaux, des appels d'offres de recherche ou d'interface avec la société. Des outils ont été développés au fil du temps, numérique (site internet, application smartphone...) et sur papier (livre, classeur...). Un bilan récent indique une capitalisation d'une masse de données conséquente (120 participants, 145 lieux décrits...) qu'il reste à analyser. Les questions actuelles traitées dans le projet portent sur l'évolution de la perception du sol, avant et après la démarche, sur une diversification des expériences relatives aux propriétés des sols, sur les relations entre les organismes du sol. Les questions se font plus précises qu'elles ne l'étaient au départ du projet (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?). Les apports pour la société sont de participer à une démarche scientifique, de susciter questionnement et curiosité, de découvrir et comprendre le fonctionnement du sol et sa biodiversité, de devenir un acteur du changement, notamment en termes de gestion des sols. Deux points forts de Jardibiodiv

méritent d'être soulignés : son essor porté par le développement d'une application smartphone (829 téléchargements et 1200 formulaires saisis en 2 ans) ; la mise en place d'un partenariat avec l'association Les petits débrouillards, permettant de lier efficacement sciences participatives et médiation scientifique, comme composante essentielle des sciences participatives.

Le projet Clés de Sol

Le projet « Clés de Sol » (www6.inrae.fr/clesdesol), initié en 2016 et copiloté par l'UNCPIE et l'UMR SAS de Rennes, 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. Ce projet a été conçu et développé par des acteurs aux compétences complémentaires : chercheurs, réseaux associatifs, acteurs du développement agricole. Les variables observées sont le pH, la texture, l'importance des éléments grossiers, la couleur dont les tâches d'hydromorphie. Douze fiches de mise en œuvre des protocoles ont été élaborées pour mesurer ces propriétés et donner des indications sur différents points comme la logistique, les métadonnées, la lecture du paysage, le prélèvement d'échantillons, l'observation de la surface du sol. La question posée par les scientifiques 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, et ainsi mieux éclairer des enjeux locaux ?

Pour la recherche, un travail important a été mené pour évaluer l'incertitude des observations réalisées par des experts, des non-experts formés (stage avec des animateurs de structure relais) et des bénévoles eux-mêmes formés par ces animateurs. Des simulations ont été faites sur la qualité des cartes qui en seraient issues, pour mieux apprécier les bénéfices apportés à la cartographie pour partie issue d'une approche participative. Pour la société, au-delà de la production d'une mallette Clés de sol constituée de fiches, l'intérêt est de contribuer à un sujet encore peu exploré, de développer un sentiment d'utilité des bénévoles sur un thème qui reste néanmoins ardu pour eux. Ce constat renforce l'importance de structures intermédiaires entre usagers observateurs et chercheurs pour accompagner la démarche.

Le projet EcoVitiSol

Le projet EcoVitiSol a démarré en 2019 et a pour objectif d'évaluer l'impact des modes de production viticole (conventionnel, biologique et biodynamique) sur la qualité physico-chimique et microbiologique du sol. Piloté par l'UMR

agroécologie d'INRAE de Dijon, ce projet a permis d'obtenir des résultats sur la qualité des sols viticoles à partir d'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 et la durabilité des pratiques et des modes de production viticoles 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 leurs sols, l'impact de leurs pratiques et la possibilité d'aller vers des pratiques et des modes de production plus vertueux qui restent économiquement intéressants.

Des outils de caractérisation fine de la matière organique des sols ont été mis en œuvre pour identifier les possibilités de stockage de carbone des sols viticoles, notamment dans le contexte de l'initiative « 4 pour 1000 ». L'aspect participatif permettra d'améliorer la prise de conscience des viticulteurs qui se sentent encore peu concernés par cette problématique environnementale. Des journées d'animation scientifique et technique ont été mises en place durant l'hiver 2019-2020 afin de former les viticulteurs à la qualité biologique des sols et aux différents indicateurs développés dans ce domaine. Le projet EcoVitiSol a pour ambition de devenir pérenne, tout en faisant évoluer les questionnements de recherche au service des problématiques identifiées par les viticulteurs, et le niveau d'implication de ces derniers. La stratégie développée dans ce projet peut s'exporter dans d'autres territoires viticoles en France et à l'international pour intégrer d'autres types de sol, de climats, d'autres modes de production et objectifs agro-environnementaux et économiques.

5 - SYNTHÈSE DU COLLOQUE « 'DES RECHERCHES PARTICIPATIVES SUR LES SOLS : QUEL BILAN, QUELS FUTURS ? » ORGANISE LE 24 NOVEMBRE 2021 PAR INRAE À LA CITE DES SCIENCES DE LA VILLETTE, PARIS.

L'enjeu de ce colloque était de favoriser les échanges entre les acteurs de SRP sur les sols, et de développer la mutualisation des méthodes et des outils qu'ils mobilisent. Il ambitionnait également de mieux faire connaître les recherches participatives sur les sols, afin de susciter leur déploiement et la co-construction de nouveaux projets. Le colloque a permis de réunir, de manière équilibrée, une centaine d'acteurs scientifiques et de la société. Il a abordé tous les aspects des recherches participatives en prenant appui sur les différents projets présentés sur les sols mais aussi sur d'autres thématiques, y compris sur leurs apports pour la recherche et pour la société (Denhez, 2021).

Des productions pour la recherche et pour la société

Pour la recherche, les résultats montrent un potentiel important de valorisation, compte tenu du nombre et de la diversité des projets, mais qui se sont encore peu traduits par des publications scientifiques. Les scientifiques sont confrontés à la construction de méthodologies relatives à la production de données en quantité mais aussi en diversité de situations, de qualité des données levées par des non-experts, de traitement de ces données pour la recherche et la société. Les acteurs mobilisés par les SRP sont globalement jeunes et peu compétents sur les sols, puisque l'enjeu est d'attirer un public au-delà des avertis. La construction d'un réseau de contributeurs et de référents prend du temps, comme en témoignent les projets les plus anciens, comme l'OPVT ou le REVA, qui ont mis quelques années à construire leurs réseaux et leurs méthodologies.

Pour la société, des supports variés ont été produits (classeur pédagogique, fiches protocoles, atlas...). Des approches de reconnaissance automatique des organismes sont également en cours de développement dans les projets Jardibiodiv ou QUBS (Auclerc *et al.*, 2019), à l'image d'autres projets comme plant@net sur la flore (<https://plantnet.org/>). Ces productions couvrent deux fronts, le premier est celui de la sensibilisation au sol, objectif de tous les projets d'éducation au sol ; un numéro spécial d'Etude et Gestion des Sols a notamment été consacré à ce sujet. Le second front couvert est celui du processus de recherche, portant sur l'acquisition de données nouvelles, la qualité de ces données, et de manière globale, sur les fonctions des sols, les recommandations pour sa gestion.

Les données que fournissent les projets sur les sols sont souvent stockées localement, par projet, et des efforts de capitalisation devraient être engagés, en tant que tel, mais aussi pour permettre de faire des liens entre variables (physiques, chimiques, biologiques), catégories écologiques, pratiques agricoles, climat, topographie, paysage... La mise en commun des données peut contribuer à faire du lien au sein du territoire et au-delà. Tant pour la recherche que pour la société, les données des SRP sont donc essentielles à capitaliser. Elles concernent des observations spatialisées très contextualisées ainsi que des observations susceptibles d'indiquer des dynamiques temporelles, qui ne font sens que croisées entre elles ou avec d'autres référentiels, pour mettre en évidence des risques, des recommandations de gestion.

Les liens nécessaires entre chercheurs et non chercheurs, pour une co-construction allant du montage du projet à sa valorisation scientifique et sociétale.

Les discussions lors du colloque ont mis en avant trois points clés :

- **L'importance de la clarté des objectifs de départ pour les chercheurs et non chercheurs.** Une co-construction des objectifs dès le début du projet est essentielle. Les non-chercheurs peuvent constituer une main-d'œuvre bénévole, des « co-chercheurs », et il est important de bien expliciter ce que l'on veut faire des données, notamment si l'on travaille sur des contextes sensibles, des enjeux de sociétés. Pour illustration de contextes sociaux de tensions sur l'alimentation et la santé, on peut citer le cas des sols urbains contaminés par des anciennes activités industrielles et qui ont des vocations récréative ou alimentaire (Rémy *et al.*, 2018).
- **L'accompagnement pour une montée en compétence progressive et adaptée aux participants.** Les données acquises par un public non-expert peuvent bien sûr avoir des biais, liés à la perception des participants (l'araignée que l'on ne veut pas voir...) ou à leurs compétences (acquérir des références par la pratique...). Il n'y a pas un profil unique de participant, mais une infinité, aux compétences diverses et auxquels le programme doit s'adapter, plutôt que d'attendre une adaptation des participants. Le principe est de proposer des modalités adaptées d'observation (par exemple, espèce, genre, taxons... en biologie des sols). Les données observées sont assorties d'incertitudes et pourront être intégrées ou non dans les référentiels de recherche, selon le niveau de compétences du participant ou de complexité de l'analyse réalisée. Cette démarche a été mise en œuvre dans l'OPVT où certains protocoles sont adaptés et certaines données non exploitées.
- **La qualité des données, la manière de la prendre en compte et de la faire progresser, ce qui est l'affaire des chercheurs et des non-chercheurs.** Si les SRP visaient, à leurs débuts, la quantité de données produites, elles visent désormais la qualité des données, et c'est encore plus vrai sur les sols où les informations recueillies sont multiples et complexes. Cela nécessite la mise en place de relations durables entre participants et coordinateurs d'un projet. Un dialogue permanent doit s'établir pour cultiver un sentiment d'appartenance à une communauté... Si quasi tous les projets s'appuient sur un site internet, peu d'entre eux ont une fonction interactive de partage d'informations, où chercheurs et participants peuvent s'écrire, déposer des commentaires visibles de tous... Le projet e-Sol (<https://sols-et-territoires.org/projets/e-sol>), soutenu par l'ADEME et INRAE visant la préfiguration d'une plateforme numérique collaborative et multi-acteurs sur la gestion durable des sols, pourra être

source de propositions en termes d'outils numériques, de mode d'animation ou encore de gouvernance pour favoriser les interactions entre acteurs issus de diverses communautés et le partage de ressources.

Au-delà des plateformes virtuelles, les journées annuelles d'échanges, comme organisées dans le projet EcoVitiSol, l'OPVT ou le REVA, sont également un moyen de faire croître le niveau d'acculturation et la cohésion de la communauté.

- **Donner du sens à l'action pour les participants.** Donner du sens à l'action est essentiel, et cela peut tout simplement être le fait d'appartenir à une communauté qui a su créer une dynamique, renforçant l'estime de soi par une participation à une action collective citoyenne. Cela peut aussi s'inscrire dans des visées plus opérationnelles, en contribuant par exemple à un meilleur arbitrage des usages des sols et de l'accès au foncier (artificialisation des terres les moins fertiles *versus* préservation des espaces agro-naturels les plus fertiles), à l'amélioration des pratiques et des systèmes de production (agriculture, potagers...), à la valorisation des produits agricoles contribuant à préserver le sol (place du sol dans les labels, par exemple) (Bone *et al.*, 2012). Le sens donné à l'action contribue à une plus grande implication (quantitative et qualitative) lors de l'acquisition de données, voire leur mobilisation aux niveaux de gouvernance qui les concernent (territoire, commune...). Donner du sens aux données implique des traitements adaptés, par la production d'indicateurs ou de référentiels sous des formes accessibles et appropriables par tous, par exemple, pour évaluer la qualité du sol, sa biodiversité, par rapport à un objectif souhaitable ou pour suggérer des pratiques utiles pour atteindre une meilleure qualité du sol.
- **Le besoin de médiateurs et d'animateurs, de moyens s'inscrivant dans la durée.** Pour accompagner les bénévoles, la nécessité d'un relais avec des médiateurs et des animateurs qualifiés, en partenariat avec des structures de communication ou médiation scientifique, a été mise en avant par les participants au colloque. Alors que la médiation est un métier en soi, les ressources n'existent pas du côté de la recherche et ne sont parfois que marginales au sein des organisations de la société civile (structures territoriales, notamment). L'AFES, en tant que société savante qui œuvre pour le partage des connaissances scientifiques sur les sols, peut contribuer à la mise en place d'outils partagés entre les différents projets (site web de valorisation des projets, animation de réseau, organisation de temps d'échanges en salle ou sur le terrain...). Il est par ailleurs difficile de faire vivre les projets dans la durée, au-delà de la phase de financement initiale, ce qui demande des moyens humains et financiers pour gérer les projets en termes de gouvernance et d'actions.

6 - CONCLUSION

Les sols représentent un bien commun, la connaissance l'est aussi, et les SRP peuvent contribuer tout à la fois à la connaissance des sols, à sa mobilisation pour la gestion, et au partage de la démarche de recherche. Cela concerne la recherche et la société. L'objet « sols » a un intérêt particulier qui peut se traduire par une mobilisation citoyenne à l'échelle territoriale voire nationale, comme moyen de poser ensemble des questions de recherche sur les sols avec une finalité d'utilité pour l'échelle considérée. Les SRP peuvent également contribuer à l'opérationnalisation de politiques publiques, par l'implication des citoyens dans la connaissance de leurs sols, leurs usages et leurs gestions. Elles peuvent aussi participer à la formation, par des projets créés avec et pour certains publics, comme les scolaires, notamment ceux de l'enseignement agricole. Le jeune public est particulièrement réceptif à des approches par l'expérience.

Les projets de SRP sur les sols ont encore besoin de capitaliser sur la pratique, ce qui passe par la mise en place de lieux dédiés, qu'ils soient physiques et/ou dématérialisés; besoin également que la recherche évolue et s'adapte davantage aux spécificités d'un travail avec la société civile sous forme de SRP, que les associations de terrain soient mieux accompagnées sur l'objet « sol » et sur les SRP. Les projets de SRP représentent une voie pour contribuer à faire changer les pratiques de gestion des sols de façon plus directe, et peut-être plus efficace que par des guides techniques. Ces projets peuvent aussi permettre d'aborder avec plus de légitimité des thématiques clivantes pour les parties prenantes (Guilland *et al.*, 2018 - À ce jour, l'implication des sciences humaines et sociales est faible mais très attendue, notamment en matière de psychologie environnementale. Quelle perception des sols, quelles opportunités et quels risques perçus? Comment amener à faire évoluer les perceptions et accompagner l'émergence et le développement d'autres modes de gestion des sols? L'inventaire et l'analyse des projets faits dans cet article et lors du colloque national doivent permettre d'aller progressivement vers un réseau intégrant les porteurs de projets, les acteurs relais engagés dans le partage des connaissances scientifiques sur les sols comme l'AFES, les organismes d'interface comme le RMT Sols et Territoires ou des instituts techniques, dans une optique de conseil sur la gestion des sols. Ce réseau pourra s'appuyer sur l'expérience d'autres réseaux, voire collaborer avec eux. Les réseaux sur la biodiversité ont une large et déjà ancienne expérience. Les plantes peuvent constituer des indicateurs intéressants pour les sols. Il y aurait matière à créer des dynamiques communes entre SRP sur les sols et SRP sur les végétaux pour qu'ils s'enrichissent mutuellement.

La communauté scientifique française a sans doute un rôle particulier à jouer par son ampleur et son dynamisme. Cette longueur d'avance et cette capacité à défricher de nouveaux sentiers gagneraient à être davantage valorisées au niveau européen et plus largement international.

BIBLIOGRAPHIE

- Arrouays D., Richer-de-Forges A.C., Héliès F., Mulder L.V., Saby N.P.A., Chen S., Martin M.P., Roman Dobarco M., Follain S., Jolivet C., Laroche B., Loiseau T., Cousin I., Lacoste M., Ranjard L., Toutain B., Le Bas C., Eglin T., Bardy M., Antoni V., Meersmans J., Ratié C., Bispo A., 2020 - Impacts of national scale Digital Soil Mapping programs in France. *Geoderma Regional*, 23, e00337
- Auclerc A., Blanchard A., Vincent Q., 2019 - Jardibiodiv, un outil de sciences participatives sur la biodiversité des sols urbains. *Etude et Gestion des Sols*, 26, 195-209.
- Auclerc A., 2021 - Découvrir les invertébrés vivant à la surface du sol. Editions Quae. 53 p.
- Cannavacciuolo M., Cassagne N., Riou V., Mulliez P., Chemidlin N., Dequiedt S., Villenave C., Cérémonie H., Cluzeau D., Cylly D., Vian J.-F., Peigné J., Gontier L., Fourrié L., Maron P.A., D'Oiron Verame E., Ranjard L., 2017 - 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. DOI10.15454/1.5137753402510786E12
- Commission européenne, Direction générale de la recherche et de l'innovation, EU missions, sols sains pour l'Europe, Office des publications de l'Union européenne, 2022 - <https://data.europa.eu/doi/10.2777/6239>
- Bone J., Archer M., Barraclough D., Eggleton P., Flight D., Head M., Jones D.T., Scheib C., Voulvoulis N., 2012 - Public Participation in Soil Surveys: Lessons from a Pilot Study in England. *Environ. Sci. Technol.* 2012, 46, 7, 3687-3696. DOI10.1021/es203880
- Brusseau M.L., Artioli J.F., Maier R.M., 2013 - À greenhouse and field-based study to determine the accumulation of arsenic in common homegrown vegetables grown in mining-affected soils. *Sci. Total Env.*, 443, 299-306. DOI10.1016/j.scitotenv.2012.10.095
- Denhez F., 2021 - Les sciences participatives sont partout. Tout le monde s'en réclame. 7 pp. <https://www.afes.fr/wp-content/uploads/2021/12/Texte-Denhez.pdf>
- Desclaux D., Le Henaff D., Lançon J., Roturier C., 2020 - Quels guichets financiers pour les projets participatifs? In NOV'AE, numéro spécial: Sciences et recherche participatives à INRAE. <https://www6.inrae.fr/novae/Les-Cahiers-parus/Les-n-Speciaux-et-les-n-Thematiques/Sciences-et-recherches-participatives-a-INRAE2>
- Filippelli G.M., Adamic J., Nichols D., Shukle J., Frix E., 2018 - Mapping the Urban Lead Exposome: A Detailed Analysis of Soil Metal Concentrations at the Household Scale Using Citizen Science. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 15(7), 1531. DOI10.3390/ijerph15071531
- Gascuel C., Loiseau-Dubosc P., Auclerc A., Bougon N., Caquet T., Lerouyer V., Pierart A., Ranjard L., Resche-Rigon F., Roturier C., Sauter J., Serin L., Sols, sciences et recherches participatives : comment consolider et fédérer le foisonnement d'initiatives en France? Soumis *Nature Sciences et Sociétés*.
- Giraldo A., Hernandez-Restrepo M., Crous P.W., 2019 - New plectosphaerellaceous species from Dutch garden soil. *Mycological Progress*, 18(9), 1135-1154. DOI10.1007/s11557-019-01511-4
- Groenewald M., Lombard L., de Vries M., Lopez A.G., Smith M., Crous P.W., 2018 - Diversity of yeast species from Dutch garden soil and the description of six novel Ascomycetes. *FEMS Yeast Research*, 18(7), foy076. DOI10.1093/femsyr/foy076
- Guilland C., Maron P.A., Damas O., Ranjard L., 2018 - La biodiversité des sols urbains au service des villes durables. *Etude et gestion des Sols*, 25, 59-77.
- Houllier F., Merilhou-Goudard J.B., 2016 - Les sciences participatives en France: Etats des lieux, bonnes pratiques et recommandations. Rapport de la mission sciences participatives, 63 p. <http://www.sciences-participatives.com/Rapport>.
- Jondreville C., Lemerrier B., Joigneau-Guesnon C., Louiset R., Gascuel C., Roturier C., 2018 - Clé de sol: un projet de sciences participatives pour caractériser les sols et leurs fonctions, 42 pp. In: <https://ist.blogs.inrae.fr/sciencesparticipatives/publications/>
- Lemanceau P., Maron P.A., Mougél C., Philippot L., Pivato B., Plassart P., Ranjard L., Revellin C., Tardy V., Wipf D., 2015 - Understanding and managing soil biodiversity: a major challenge in agroecology. *Agronomy for Sustainable Development*. 35:67-81.
- Maron P.A., Ranjard L., 2019 - Qualité écologique du sol. Edition Technique de l'ingénieur.
- Mézière D., Barzman M., Denery S., Desclaux D., Falize C., Le Henaff D., Loiseau-Dubosc P., Roturier C., 2020 - Sciences et recherches participatives, quelques points de repères. In NOV'AE, numéro spécial: Sciences et recherche participatives à INRAE. <https://www6.inrae.fr/novae/Les-Cahiers-parus/Les-n-Speciaux-et-les-n-Thematiques/Sciences-et-recherches-participatives-a-INRAE2>
- Ranjard L., 2020 - Sciences participatives au service de la qualité écologique des sols. *Techniques de l'Ingénieur*, 24 pp.
- Rémy E., Canavese M., Berthier N., Petit-Berghem Y., 2018 - The docklands park at Saint-Ouen (Seine-Saint-Denis), between an industrial past and an ecological future. What human heritage and what heritage in the soil? *In Situ-Revue de patrimoines*, 37, DOI10.4000/insitu.19018
- Rossiter D.G., Liu J., Carlisle S., Zhu A.X., 2015 - Can citizen science assist digital soil mapping? *Geoderma*, 259, 71-80. DOI10.1016/j.geoderma.2015.05.006
- Voltz M., Arrouays D., Bispo A., Lagacherie P., Laroche B., Lemerrier B., Richer-de-Forges A.C., Sauter J., Schnebel N., 2020 - Possible futures of soil-mapping in France. *Geoderma Regional*, 23, e00334. DOI10.1016/j.geodrs.2020.e00334

