

# Project SOILval

*Recognising SOil values in land use  
planning systems*



**Synthèse – Résultats du projet SOILval**

Novembre 2021

## Remerciements

Le consortium de recherche SOILval tient à remercier

- **Le project board** SOILval comprenant Thomas Eglin (ADEME), Esther Goidts (SPW) et Corentin Fierens (SPW).
- **Le comité d'accompagnement wallon** comprenant Vincent Brahy (Cabinet Ministre Environnement), Esther Goidts (SPW), Corentin Fierens (SPW), Michel Amand (SPW), Patrick Engels (SPW), Arnaud Warin (SPW), Claire Vanschepdael (SPW), Julien Charlier (IWEPS), Isabelle Reginster (IWEPS), Benjamin Beaumont (ISSEP).
- **Le comité d'experts ADEME** comprenant Isabelle Feix (ADEME), Cécile Grand (ADEME) et Anne Le Franc (ADEME).

## En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante

Limasset E. , Merly C. , Bâlon P., Desrousseaux M., Fournier M. Quadu F., Hucq A., Born C.H., Malherbe A., Baptist F., Mefotie F., 2021., Synthèse – résultats du projet SOILval, 36 pages.

Le rapport est disponible au lien suivant <https://www.soilver.eu/>

## Partenaires et financeurs du projet SOILval

### Coordinateur:

Bureau de Recherches Géologiques et Minières



### Partenaires:



### Financeurs:



## SOILveR en bref

The SOILveR platform strongly believes in the need for integrated soil and land research and knowledge exchange in Europe. We acknowledge the added value of coordinating, co-funding and disseminating cross-border soil and land management research. SOILveR is a self-financed platform. The platform members have a common interest in sharing and implementing integrated multidisciplinary research. SOILveR builds on the experiences from other funding networks such as SNOWMAN and address knowledge needs identified by e.g. the Horizon 2020 project INSPIRATION and other initiatives as well as those proposed by the members of SOILveR.

## Table des matières

Table des matières .....	3
1. Introduction.....	5
2. Objectifs et programme de SOILval .....	6
3. La qualité des sols en droit français .....	6
3.1 Cadre méthodologique.....	6
3.2 Identification des domaines où la qualité des sols est la mieux prise en compte.....	7
3.3. Eléments structurants de l’analyse juridique française .....	8
4. La qualité des sols en droit wallon de l’aménagement du territoire.....	8
4.1 Le sol dans le droit wallon .....	9
4.2 Le sol dans le droit wallon de l’aménagement du territoire.....	9
4.3 Eléments structurants de la revue juridique wallonne .....	10
5. Le point de vue des acteurs français et wallons en matière de qualité des sols.....	11
5.1 Méthodologie .....	11
5.2 Résultats et analyses .....	12
5.2.1 <i>Quelle prise en compte de la qualité des sols dans l’aménagement</i> .....	12
5.2.2 <i>Contexte juridique</i> .....	12
5.2.3 <i>Méthodes, technologies, données et outils</i> .....	13
5.2.4 <i>Perspectives en recherches et développement</i> .....	14
6. Les solutions de refonctionnalisation des sols artificialisés.....	15
6.1 Introduction .....	15
6.2 Les solutions de désimperméabilisation .....	16
6.3 Les solutions de génie pédologique : construction de sols et reconstitution de sols.....	17
6.4 Les solutions de phytoremédiation .....	18
6.5 Eléments structurants de la revue des technologies de refonctionnalisation.....	19
7. Les connaissances sur la qualité des sols en France et en Wallonie.....	20
7.1 Organisation des connaissances.....	20
7.2 Description des connaissances en France .....	21
7.3 Description des connaissances en Wallonie.....	23
7.4 Eléments structurants de la revue des bases de données .....	25
8. Les outils d’aide à la décision en appui à la refonctionnalisation des sols artificialisés .....	25
8.1 Contexte.....	25
8.2 Revue des outils développés en France et Wallonie .....	26
8.3 Eléments structurants de la revue des AOD.....	28
9. Perspectives.....	29

Références bibliographiques..... 32

**Annexe 1 - Synthèse des programmes/ bases de données ou couches géographiques en lien avec la qualité des Sols**

**Annexe 2 - Synthèse des outils d'aide à la décision qui permettent de considérer les fonctions écologiques des sols artificialisés et services écosystémiques associés**

## 1. Introduction

Les fonctions écologiques des sols permettent de contribuer à de multiples services, notamment de régulation et de soutien (stockage du carbone, habitat pour les espèces, etc.), d'approvisionnements essentiels (cultures, bois, eau...) et culturels (paysages, jardins, etc.). L'aménagement urbain et l'imperméabilisation des terres naturelles, agricoles et forestières se poursuivent en Europe. Or, l'artificialisation des sols nuit considérablement à la biodiversité, aux fonctions écologiques des sols et aux services associés (Born, 2010; France Stratégie, 2019).

Actuellement, la législation européenne portant sur l'aménagement du territoire ne prend pas encore en compte la qualité des sols de manière intégrée, systématique et écologiquement cohérente, notamment en cas de changement d'usage des sols (Born, 2010). Dans la plupart des pays, le sol est considéré, d'un point de vue juridique, seulement comme un terrain à bâtir. En France et en Wallonie, les politiques publiques d'aménagement du territoire reposent en effet sur des réglementations cloisonnées (agriculture, forêt, environnement, urbanisme, biodiversité, etc.).

Afin d'inverser le phénomène d'artificialisation, la Commission européenne a fixé un objectif de « zero net land take » (ou zéro artificialisation nette) d'ici 2050 dans sa "Feuille de route pour une Europe efficace dans l'utilisation des ressources" (European Commission, 2011). En France, cet objectif est repris dans son objectif " Zéro Artificialisation nette " (ZAN) initialement introduit à travers le Plan Biodiversité (2018) puis repris par la loi " climat et résilience 2021. En Wallonie, il est intégré dans le cadre de la Déclaration de Politique Régionale Wallonne 2019-2024<sup>1</sup>. Afin de suivre et d'évaluer l'atteinte des objectifs français et wallons en matière de réduction de la consommation foncière et de l'étalement urbain, il est essentiel de prendre en compte la qualité des sols en termes de fonctions écologiques. Ainsi, les collectivités locales, tant en France qu'en Wallonie, ont besoin d'être accompagnées et d'avoir accès à des ressources pour mieux appréhender la qualité des sols en vue du recyclage de leurs terres, notamment dans le cadre d'actions de « désartificialisation ». Depuis, l'Europe a également lancé fin 2021 une stratégie 2030 sur les "sols" qui encourage une vision intégrée de la gestion des sols (European Commission, 2021).

Notes : Pour faciliter la lecture de ce document, les objectifs européens de "zero net land take" seront ci-après dénommés "objectifs ZAN" et feront référence à l'objectif français de zéro artificialisation nette et/ou aux objectifs wallons de réduction de l'emprise foncière et de l'étalement urbain. On entend par actions de « désartificialisation » ou « renaturation, » les actions ou opérations de restauration ou d'amélioration de la fonctionnalité d'un sol, ayant pour effet de transformer un sol artificialisé en un sol non artificialisé (définition issue de la loi française Climat et Résilience 2021). Les types de sites artificialisés pouvant bénéficier de ces actions sont les friches, mais aussi toutes les surfaces artificialisées déjà imperméabilisées pour lesquelles une nouvelle occupation du sol plus perméable avec un support de végétation est envisageable.

On entend par « refunctionalisation » d'un sol artificialisé ou dégradé, des actions mises en place par l'homme qui permettent la restauration de processus écologiques dans le sol, qui sont à la base des fonctions que peuvent assurer le sol (fertilité, infiltration de l'eau, stockage du carbone, ...) et pouvant conduire à fournir des services à l'homme (production d'aliments, régulation des inondations, régulation du climat, ...). Ainsi la refunctionalisation peut comprendre le renforcement, le rétablissement ou la création de la fonctionnalité générale (plusieurs fonctions) ou une fonction spécifique du compartiment « sol », en agissant sur les processus écologiques du sol attendu. (adapté de Monfort and Limasset, 2019).

---

<sup>1</sup> [https://www.wallonie.be/sites/default/files/2019-09/declaration\\_politique\\_regionale\\_2019-2024.pdf](https://www.wallonie.be/sites/default/files/2019-09/declaration_politique_regionale_2019-2024.pdf)

## 2. Objectifs et programme de SOILval

L'objectif du projet SOILval est de permettre une meilleure reconnaissance de la valeur des sols - définie par SOILval comme la qualité des sols reposant sur les fonctions des sols et les services écosystémiques associés (SE) - en contexte de planification et d'aménagement du territoire et plus particulièrement en contexte de ZAN.

Le projet SOILval visait spécifiquement à évaluer sur une période d'un an (2020-2021) comment le concept de valeurs des sols est reconnu et ou intégré en France et en Wallonie dans les instruments juridiques et les processus décisionnels de planification. Le projet a également étudié comment les solutions opérationnelles de refunctionalisation des sols pouvaient contribuer à une meilleure prise en compte de la qualité des sols. Les outils d'aide à la décision en appui à la refunctionalisation et les référentiels intégrant la qualité des sols (bases de données, couches géographiques) ont été examinés en parallèle. Ce travail a été réalisé sur la base d'une revue bibliographique, d'une analyse juridique et de consultations d'acteurs, tant en France qu'en Wallonie. Ce travail a abouti à la rédaction de recommandations pour une meilleure intégration des valeurs des sols dans l'aménagement du territoire, notamment dans le cadre de la mise en œuvre du ZAN, à travers une série de " fiches techniques ", une " note de R&D " et deux " notes de politique publique.

Le programme de travail technique et scientifique de SOILval s'est appuyé sur cinq tâches et a été réalisé par les partenaires SOILval de décembre 2020 à novembre 2021. Une série de rapport et de livrables ont été produits au cours du projet. Ces livrables sont disponibles sur le site internet de Soilver, ainsi que dans les bibliothèques en ligne de l'ADEME et du SPW.

## 3. La qualité des sols en droit français

Une analyse juridique de la prise en compte de la qualité des sols dans le droit français a été réalisée dans le cadre de SOILval (Limasset et al., 2021). L'analyse des sources juridiques liées à la prise en compte de la qualité des sols en droit français a débuté par un cadrage méthodologique, notamment pour permettre d'éventuelles comparaisons entre la France et la Wallonie (3.1). De ce cadrage, a suivi une analyse des textes identifiés comme prenant le mieux en compte la qualité des sols dans ses différentes acceptions (3.2), qui a permis de dégager les premiers éléments conclusifs (3.3).

Les résultats de cette analyse ont été repris, de manière synthétique, dans une « Policy Brief » qui présente un état des lieux et des perspectives d'évolution de la qualité des sols en droit français dans un contexte d'aménagement (Desrousseaux, 2021).

### 3.1 Cadre méthodologique

Au regard du dimensionnement du projet SOILval, cet état de l'art juridique intègre d'une manière sélective les textes de droit français, législatifs et réglementaires, mobilisés à l'occasion de changements d'occupation ou d'affectation du sol. La jurisprudence administrative, prolifique en ce domaine si vaste, pourrait être un élément à analyser dans la perspective d'une poursuite des questions de recherche posées par SOILval. Par ailleurs, les éléments de droit international et de droit de l'Union européenne pourront être analysés dans un second temps au regard d'éventuelles convergences identifiées avec le droit wallon. Toutefois, le faible nombre de textes européens à caractère contraignant sur la question laisse entrevoir peu de points communs et nous invite dans

un même temps à considérer cette échelle d'action comme pertinente. La résolution récente du Parlement européen portant sur la protection des sols (Parlement Européen, 2021) représente une piste intéressante à développer. Enfin, les documents institutionnels présentant des politiques publiques, comme par exemple celle relative à la remise en état des sites et sols pollués, ainsi que la doctrine juridique analysant l'ensemble des sources susmentionnées, ont été intégrés à cet état de l'art dans le sens où ils apportent un éclairage essentiel à l'application du droit.

Plus précisément, les branches du droit analysées sont les suivantes : droit de l'environnement, droit rural, droit forestier à titre principal, et de manière plus anecdotique, le droit de l'urbanisme, le droit de la santé publique, le droit des collectivités territoriales. Ce choix découle d'une part de la problématique du projet et des acteurs qu'elle mobilise, et d'autre part de l'attention portée aux travaux d'ores et déjà menés sur la prise en compte des sols dans la planification de l'urbanisme.

### **3.2 Identification des domaines où la qualité des sols est la mieux prise en compte**

Les dispositions juridiques ayant un impact sur les sols sont très nombreuses, d'une part du fait de la quasi-omniprésence du sol sur le territoire, d'autre part en raison du fait qu'il soit à la fois support et/ou ressource d'un très grand panel d'activités. Aussi prétendre à une recherche exhaustive n'apporterait pas d'éclairage particulier dans le cadre de cette étude. Au contraire l'état des lieux qui y est proposé met en lumière certains domaines dont l'approche mériterait d'être prise en modèle.

La notion de qualité des sols existe en droit français sous diverses acceptions, mais le premier des constats réside dans le fait que la notion pédologique de qualité des sols ne se retrouve ni en droit international, ni en droit européen, ni en droit interne. Il s'agira essentiellement d'une qualité d'usage : le vocabulaire agricole ou de la construction définit en ses propres termes ce qui différencie un bon sol d'un mauvais. Cette qualité correspond à une valeur qui peut être améliorée par l'action humaine. Les sols sont modulés pour de multiples raisons : en vue d'une exploitation économique, mais aussi pour l'agrément. Le droit accompagne cette recherche d'usage. Le droit rural, s'agissant des sols affectés à la production de denrées alimentaires, et le droit des sites et sols pollués, offrent deux exemples de législation qui déterminent respectivement des seuils implicites et explicites de qualité des sols. Le premier s'attache à la recherche et à l'augmentation de leur productivité, tandis que le second établit principalement des seuils de toxicité et de dangerosité à l'égard des autres éléments de l'environnement et de la santé humaine.

Par ailleurs, le droit de l'eau et des milieux aquatiques, et en particulier le régime de protection des zones humides comporte des critères d'identification pédologiques poussés qui témoignent de la faisabilité d'approfondir l'approche juridique des sols. Il en est de même pour la délimitation des zones vulnérables aux nitrates ou encore des périmètres de protection des captages d'eau potable.

La notion de qualité des sols traduisant leur fonctionnalité et leur capacité à remplir des services écosystémiques mériterait également d'être mise en lumière dans le cadre des leviers nécessaires à la mise en œuvre de la stratégie nationale bas carbone. Le rôle de stockage de carbone des sols pourrait ainsi être intégré en amont des décisions d'aménagement. D'une manière générale, cet état de l'art révèle que le mécanisme de l'évaluation environnementale, lorsqu'il a vocation à s'appliquer, est aujourd'hui sous-exploité en matière de connaissances des sols et de leurs fonctionnalités. Ce constat révèle notamment un besoin de sensibilisation sur la question de la

qualité des sols, tant à destination des acteurs de l'aménagement que des autorités de contrôles (administratives et juridictionnelles). Il vaut également pour la mise en œuvre de la séquence Eviter-Réduire-Compenser (ERC), qui se concentre sur les atteintes à la biodiversité. A cet égard, les opérations de désartificialisation considérées comme synonyme de renaturation (Art. L. 101-2-1) serviront à la compensation d'artificialisation de sols. Pour le moment, le texte de loi Climat et Résilience 2021<sup>2</sup> présente une définition large dont la référence simultanée à la restauration et à l'amélioration de la fonctionnalité d'un sol interroge quant à son degré d'exigence. Le décret d'application apportera peut-être des précisions sur ces points.

### 3.3. Éléments structurants de l'analyse juridique française

Le droit accorde plusieurs types de valeur aux sols, mais toutes ne sont pas synonymes de protection, bien au contraire. Cet état de l'art, fondé à la fois sur des sources de droit, sur des documents institutionnels et sur la littérature juridique publiée à l'échelle nationale, identifie les situations où le droit se fonde, directement ou indirectement, sur une ou des valeur (s) du sol pour y attacher des conséquences juridiques en termes de changement d'occupation ou d'affectation. Des travaux de recherche antérieurs (Norma-sol - GESSOL 3)<sup>3</sup> avaient conduit à la conclusion que l'on retrouve aujourd'hui dans la résolution du Parlement européen précitée qui considère que « *la protection des sols en Europe découle actuellement de la protection d'autres ressources environnementales et qu'elle est partielle et fragmentée entre de nombreux instruments existants qui manquent de coordination et sont souvent non contraignants, à la fois au niveau de l'Union, des États membres et des régions* ».

En filigrane, la question soulevée par le projet SOILval, dans un contexte d'aménagement, est celle de savoir dans quelle mesure la valeur d'un sol remettrait en cause la décision de l'artificialiser. Dans la perspective de contribuer à la définition de l'objectif français de ZAN, mais sans s'y limiter pour autant, les références identifiées ci-après convergent vers la nécessité première pour le droit de se doter d'une définition des sols qui intègre leur multifonctionnalité (Desrousseaux, 2021). Cette définition correspondrait alors à la notion de « qualité des sols », dont la reconnaissance par le droit constituerait une avancée pratique et conceptuelle, qui ne viendrait ni du droit international, ni du droit de l'Union européenne.. Cette avancée vient d'être partiellement amorcée par l'adoption de la loi Climat et Résilience ». En instaurant un nouveau régime de l'artificialisation des sols, elle en renouvelle la définition en s'attachant à certaines des fonctions qu'ils rendent. Par ailleurs, en prévoyant la renaturation de sols artificialisés en compensation d'artificialisation de nouveaux sols, la loi introduit de nouvelles perspectives de restauration des sols, y compris urbains, qui viendront nécessairement interroger les pratiques des aménageurs, notamment en matière de réversibilité des usages. Il faudra désormais attendre les décrets d'application pour mesurer l'effectivité de ce régime ainsi que sa proximité avec la notion de qualité des sols.

## 4. La qualité des sols en droit wallon de l'aménagement du territoire

Comme pour la France, le sol dans le droit wallon a été appréhendé au moyen d'une revue juridique (Limasset et al., 2021). Le CoDT (Code du Développement territorial), qui régit

---

<sup>2</sup> <https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf?id=x7Gc7Ys-Z3hzgxO5Kgl0zSu1fmt64dDetDQxhvJZNMc=>

<sup>3</sup> 10/2010-04/2015 Projet Norma-sol - GESSOL 3 « Recherches sur la protection juridique des fonctions et services du sol »

l'aménagement du territoire et de l'urbanisme wallon en est l'objet principal. Son analyse fait suite à un examen préalable de la protection du sol dans le droit wallon et plus spécifiquement du décret Sols. L'approche méthodologique est celle classiquement usitée en droit qui se fonde sur la législation, la jurisprudence et doctrine pertinentes. En Belgique, bien que la politique de protection des sols soit une compétence largement régionalisée, le régime juridique du sol n'en est pas moins éparpillé et son statut multiple.

Le sol est d'abord un bien approprié au sens du Code civil ; son propriétaire en dispose librement et décide de son degré de protection sous réserve des limites établies par la loi. Le sol est également un élément du patrimoine commun des habitants de la Région Wallonne (articles D.1 du Code de l'environnement et 1§1 du Décret Sols). Cette notion contient l'idée de conservation et de transmission sans altération pour les générations futures. Le sol, pris comme élément de l'environnement, est alors entendu comme élément naturel, et non seulement support d'usages.

Les résultats de cette analyse ont été repris, de manière synthétique, dans une « Policy Brief SOILval » qui présente un état des lieux et des recommandations sur l'intégration des qualités du sol dans le droit de l'aménagement du territoire, (Hucq, 2021).

#### 4.1 Le sol dans le droit wallon

Les textes ayant trait au sol sont nombreux. Le décret du 1<sup>er</sup> mars 2018 relatif à la gestion et à l'assainissement des sols (dit Décret Sols) qui définit le sol comme « la couche superficielle de la croûte terrestre, y compris les eaux souterraines au sens du Livre II du Code de l'Environnement contenant le Code de l'Eau, et les autres éléments et organismes qui y sont présents » (art. 2.1<sup>o</sup> du Décret Sol), ne règle pas l'entièreté des questions liées au sol. On retrouve des dispositions qui intéressent le sol dans de nombreuses autres législations wallonnes. Sans prétendre à l'exhaustivité, des textes comme la loi sur la conservation de la nature, le Code forestier, le Code wallon de l'agriculture, le décret du 11 mai 1999 relatif au permis d'environnement, le décret du 27 juin 1996 relatif aux déchets, le Décret du 10 juillet 2013 relatif à l'utilisation des pesticides, l'arrêté du 12 janvier 1995 portant réglementation de l'utilisation sur ou dans les sols des boues d'épuration ou de boues issues de centres de traitement de gadoues de fosses septiques ou encore la loi du 12 août sur la conservation de la beauté des paysages sont tous des textes qui intéressent plus ou moins directement le sol.

#### 4.2 Le sol dans le droit wallon de l'aménagement du territoire

Quant au Code du Développement Territorial (CoDT), celui-ci vise, par son objet, l'utilisation du sol et multiplie les différentes perspectives portées sur le sol; considéré tantôt comme support d'usages anthropiques, tantôt comme élément naturel visé directement ou non. Le CoDT opère l'arbitrage de cette multifonctionnalité du sol. Cette médiation peut se traduire de manière interne au CoDT ou peut s'effectuer par l'import de rationalités externes au CoDT qui les intègre en son sein. Le livre II du CoDT sur la planification réglementaire et stratégique offre ce panel de différentes perspectives du sol. Le sol est d'abord une ressource qu'il s'agit de gérer de manière parcimonieuse.

Les Schémas définissent la stratégie territoriale à leurs échelles respectives. Elle comprend des objectifs de développement territorial et d'aménagement du territoire qui ont notamment pour but la lutte contre l'étalement urbain et l'utilisation rationnelle des territoires et des ressources. Dans le Schéma de développement Territorial (SDT), un certain nombre d'objectifs régionaux a

trait au sol et alterne les conceptions projetées sur ce dernier. Surtout, le SDT entend soutenir une urbanisation économe en ressources en réduisant la consommation des terres non artificialisées à 6 km<sup>2</sup>/an d'ici 2030. A l'horizon 2050, le SDT ambitionne de mettre totalement fin à la consommation de terres nouvelles.

Le Schéma de Développement communal (SDC) à l'échelle communale et le Schéma d'Orientation Local (SOL) à l'échelle locale constituent des leviers importants de préservation, protection et de restauration de la biodiversité du sol et de la fonctionnalité écologique des territoires mais ils présentent en pratique certaines limites mettant au second plan les considérations relatives à la qualité des sols et à leurs fonctions (valeur indicative, plus-values attendues, attentes en terme de qualité du cadre de vie, respect des outils supérieurs et du plan de secteur). Seules les fonctions biologiques des sols permettant d'assurer leur rôle de support de la biodiversité ont la garantie d'être respectées essentiellement au regard de la loi sur la conservation de la nature et du CoDT c'est-à-dire en lien avec les sites et éléments protégés identifiés dans les schémas.

Le plan de secteur, qui détermine les prescriptions des différentes zonages, illustre parfaitement la reconnaissance de la multifonctionnalité du sol. Le sol n'est d'abord considéré qu'en tant que substrat d'usages anthropiques, avec comme seule exception, dans certaines zones, l'obligation de disposer d'espaces verts publics. Le sol peut être ensuite protégé au sein de certaines zones par la médiation de plusieurs concepts qui portent en eux une certaine qualité du sol comme le milieu naturel. Seules les zones (de dépendances) d'extraction mentionnent en définitive explicitement le sol qu'il s'agit de protéger et d'utiliser de manière rationnelle.

Le guide régional d'urbanisme (GRU) et le guide communal d'urbanisme (GCU) permettent de prendre en compte les sols via des indications sur la préservation des sols. La législation relative aux permis d'urbanisme soumet à autorisation administrative une série d'actes et travaux qui visent directement le sol (construction, déconstruction, modification sensible du relief du sol, etc.). Cette autorisation est octroyée sous réserve de l'appréciation de l'autorité compétente et permet ainsi de contrôler l'usage du sol. Notons, par ailleurs, les liens avec les autres polices administratives établis par le CoDT. Ainsi, une étude d'orientation au sens du décret Sols est requise lors d'une demande de permis d'urbanisme dans certains cas. Celle-ci permet de déterminer si des obligations sont dues au regard dudit décret. Le CoDT intègre alors la vision portée par le Décret Sols de la qualité du sol. Elle y est déterminée par des valeurs seuil de concentration de polluants dans le sol, selon les usages de droit ou de fait du terrain. Cette étude d'orientation vérifie que la qualité du sol est compatible avec les usages prévus.

L'évaluation environnementale des plans, schémas et projets doit pouvoir établir les incidences sur les sols et être prises en compte par l'autorité compétente.

L'urbanisme opérationnel qui constitue le livre V du CoDT est pertinent dans la problématique étudiée en ce que ces outils ont notamment pour objectif le recyclage du foncier et donc la lutte contre l'étalement urbain. L'intégration des enjeux du sol se situe d'une part, sur cet objectif de recyclage, et d'autre part, par les travaux d'assainissement qui vont être réalisés, le cas échéant, pour viser une qualité du sol telle que prévue par le décret Sols.

#### **4.3 Eléments structurants de la revue juridique wallonne**

Le panorama rapide des dispositions wallonnes relatives au sol révèle quelques dispositions intéressantes qui pourraient être mobilisées, sans que les liens avec le droit de l'aménagement du

territoire ne soient rendus clairs ou effectifs : possibilité d'établir un programme d'action sectoriel pour la qualité des sols (art. D.46, 3° CDE), habilitation du Gouvernement d'interdire d'occasionner des dégâts au sol provoquant une altération prolongée de celui-ci (art.46 Code forestier). Le décret Sols ouvre une série d'habilitations intéressantes en vue de préserver et de restaurer la qualité du sol (article 4 Décret Sols). Ainsi, le Gouvernement wallon peut-il, par exemple, prendre des mesures visant à réglementer et organiser « la gestion d'ouvrages susceptibles de porter atteinte à la qualité des sols » (art. 4, al. 1, 3° Décret Sols) ou à « imposer des obligations de rapportage, de transmission de données et constituer une banque de données authentiques » (art. 4, al. 2, 4° Décret Sols). En ce qui concerne le droit wallon de l'aménagement du territoire, bien que des outils soient mobilisables pour préserver la qualité des sols, le CoDT reste globalement insuffisant pour prendre en compte de manière systémique et systématique la qualité du sol en droit de l'aménagement du territoire. On peut également conclure qu'une meilleure prise en compte de la qualité des sols dans les plans et projets d'aménagement du territoire passera par une meilleure information sur la qualité des sols qui pourrait, le cas échéant, encadrer le pouvoir décisionnel des autorités compétentes en matière d'aménagement du territoire (Hucq, 2021).

## 5. Le point de vue des acteurs français et wallons en matière de qualité des sols

### 5.1 Méthodologie

Afin d'appréhender comment les acteurs du territoire prenaient en compte la qualité des sols dans l'aménagement opérationnel du territoire, SOILval a mené des consultations avec les acteurs de la planification et de l'aménagement du territoire (Merly et al., 2021). Les objectifs spécifiques de ces consultations étaient de comprendre comment ces acteurs prennent en compte la qualité des sols dans leurs missions, quelles solutions opérationnelles d'aménagement ils mettent en œuvre pour apprécier et/ou améliorer la qualité des sols et quels sont les freins ou leviers qu'ils rencontrent. La consultation s'est appuyée sur une enquête en ligne menée de mai à juin 2021, puis sur un web-café virtuel (atelier) organisé en juillet 2021.

L'enquête en ligne SOILval a consisté à évaluer le niveau de sensibilisation et de connaissance des acteurs sur la qualité des sols, à évaluer quelles solutions techniques d'aménagement pour promouvoir la prise en compte de la qualité des sols étaient mises en œuvre (avec verrous et moteurs) et à identifier les besoins des acteurs. L'enquête en ligne visait à compléter l'état de l'art réalisé dans SOILval (voir sections 6, 7, et 8 suivantes qui est une revue de la littérature sur les solutions de refunctionalisation, les connaissances sur la qualité des sols et les outils d'aide à la décision en appui à la refunctionalisation des sols en France et Wallonie). L'enquête en ligne ciblait des autorités locales, des détenteurs de terrains tels que les industries, des bureaux d'études en génie écologique, des bureaux d'études en sites et sols pollués, des architectes paysagistes, des promoteurs et des entreprises de construction. La communauté des chercheurs et les ministères n'étaient pas ciblés en France, mais l'étaient en Wallonie.

Le web café virtuel a réuni des experts français et wallons de la qualité des sols et de l'aménagement issus de différents domaines (juridique, technique, urbain, R&D et opérationnel). Il a reposé sur la tenue de trois groupes de discussions thématiques (juridique, technique, et R&D) qui ont abordé la manière dont la qualité des sols peut être mieux prise en compte. Les résultats de l'enquête en ligne et le web-café virtuel visaient à contribuer à la formulation de

recommandations juridiques, techniques et de R&D pour améliorer la prise en compte de la qualité des sols en aménagement du territoire.

## 5.2 Résultats et analyses

Les résultats détaillés de l'enquête web et du web-café virtuel sont décrits dans le rapport SOILval de « consultations avec les parties prenantes » (Merly et al., 2021). L'enquête en ligne a été envoyée à plus de 1 100 parties prenantes et à des réseaux et associations français et wallons. Au total, 277 personnes ont répondu partiellement ou totalement au questionnaire de l'enquête en ligne (168 questionnaires entièrement complétés ont été reçus), réparties équitablement entre la France et la Wallonie (avec une forte contribution des municipalités wallonnes et des opérateurs privés français tels que consultants, architectes et géomètres). Le web-café a réuni 28 participants (19 participants français et 9 participants wallons). Les parties prenantes étaient des experts impliqués dans la qualité des sols et le développement urbain, notamment des autorités locales et nationales, des bureaux d'études (écologie, planification et environnement, gestion des terres contaminées, paysage), des architectes, des propriétaires de terrains industriels, des avocats, des bailleurs de fonds.

Les principaux résultats des consultations peuvent être résumés en quatre catégories : " Quelle prise en compte de la qualité des sols dans l'aménagement ", " Contexte juridique", " Méthodes, technologies, référentiels et outils " et " perspectives de recherche et développement ".

### 5.2.1 Quelle prise en compte de la qualité des sols dans l'aménagement

Les résultats de l'enquête web indiquent que la majorité des répondants connaissent les stratégies de ZAN. Ils considèrent la qualité des sols dans l'aménagement du territoire (de manière ponctuelle ou non). Les enjeux liés à cette prise en compte diffèrent sensiblement entre les deux pays, avec en France une priorité pour les enjeux sanitaires et ceux liés à l'environnement et en Wallonie une priorité pour les enjeux sanitaires et agronomiques. Les fonctions prioritaires incluent pour les deux pays, « les fonctions d'habitats pour la biodiversité » et « les fonctions d'infiltration de l'eau », suivies des « fonctions de rétention », « de filtration », « d'élimination des polluants », celles liées à la « fertilité des sols ou au stockage du carbone ». Enfin, la moitié environ des répondants souligne que la prise en compte de la qualité des sols pourrait conduire aux choix de ne pas aménager.

Les répondants français et wallons sont pour la plupart mobilisés dans la mise en place de la stratégie pour éviter, réduire (limiter) ou compenser l'artificialisation durant laquelle la qualité des sols est en général considérée. La remobilisation du foncier vacant constitue une pratique relativement courante en France à l'inverse de la Wallonie. Ce foncier, lorsqu'il est utilisé concerne majoritairement des projets de densification, incluant ou non des actions de renaturation.

### 5.2.2 Contexte juridique

En ce qui concerne le cadre législatif, il existe des initiatives émergentes en faveur d'un urbanisme et d'un aménagement du territoire respectueux des sols, via différents textes de loi encadrant la protection du sol en tant que propriété privée, la protection de la valeur agronomique des sols, la gestion économe et durable des sols. Cependant, il n'existe pas de cadre législatif propre à la protection du sol.

L'enquête en ligne montre que l'absence de cadre réglementaire, ainsi que l'absence de politique nationale ou locale sur les sols constituent un frein à la prise en compte des sols dans le cadre de la séquence ERC de l'artificialisation. Les professionnels voient par ailleurs peu les pratiques changer, malgré les évolutions juridiques (art. L.110-1, 6° CU en France/Décret Sol en Wallonie). L'absence de cadre réglementaire est aussi vu comme un frein majeur pour la mise en œuvre des technologies de refonctionnalisation du sol. Une grande majorité des répondants pensent qu'une évolution réglementaire pourrait être un levier à une meilleure prise en compte de la qualité des sols. Elle se dit favorable à la mise en place d'une réglementation globale et non sectorisée de protection des sols sur le modèle de la Directive Européenne Cadre sur l'Eau.

Les mécanismes juridiques français et wallons (la publicité foncière et la documentation cadastrale pour la France et le permis d'urbanisme pour la Wallonie) ont été présentés lors du café virtuel, et ont servi de base pour discuter des leviers juridiques potentiels pour favoriser la prise en compte des sols dans l'aménagement, mais surtout l'intégration de cette donnée à l'échelle de la parcelle. Les sujets qui ressortent des échanges incluent les enjeux sanitaires et environnementaux liés à l'urbanisation des terres, la traçabilité historique de la parcelle, la multiplication des sources d'informations et une incompréhension des politiques publiques en lien avec le ZAN qui oscillent entre densification / protection de vie urbain et protection des terres agricoles / naturelles. Les recommandations suivantes ont été mises en avant par les acteurs du territoire : a) Nécessité de mettre à disposition de l'information sur la qualité des sols dans les documents fonciers tout en restant vigilant sur les effets pervers de l'accès à la donnée (report de projets, incidence sur le prix du foncier) et b) l'opposabilité de la donnée (pouvant conduire à des situations de blocage).

### 5.2.3 Méthodes, technologies, données et outils

Un certain nombre de guides méthodologique, de technologies de refonctionnalisation, de référentiels et d'outils d'évaluation de la qualité des sols existent.

L'enquête permet de constater que le niveau de connaissance et d'utilisation de ces solutions technologiques ou méthodologique sont mises en œuvre de manière très hétérogène selon leur type. Moins de la moitié (pour la France), voire seulement un tiers (pour la Wallonie) des répondants sont informés des guides méthodologiques ou des aides financières et politiques incitant à remobiliser le foncier vacant (friches). Selon les répondants français, les technologies de refonctionnalisation les plus utilisées sont les technologies de dépollution biologique et de phytomanagement. En Wallonie, ce sont plutôt les technologies de désimpermeabilisation. Les technologies de reconstruction des sols sont globalement encore peu développées que ce soit en France ou en Wallonie. La très grande majorité des répondants français et wallons utilisent les référentiels de qualité des sols nationaux et locaux. Très peu de répondants connaissent des outils d'évaluation portant sur la multifonctionnalité des sols.

Les freins de mise en œuvre des technologies de refonctionnalisation des sols sont prioritairement: l'absence de cadre réglementaire ou stratégique, le coût trop élevé ou enfin le manque d'expertise. Si les référentiels existants ne sont pas utilisés c'est principalement par méconnaissance pour les répondants français et parce que ces référentiels ne répondent pas au besoin pour la Wallonie. Les résultats du café virtuel confirment des freins tels que le manque d'outils (ou la méconnaissance de ces outils) pour considérer la multifonctionnalité des sols et un manque de moyens financiers dédiés à la qualité des sols par les maitres d'ouvrage.

Les leviers pour favoriser la mise en œuvre de ces technologies incluent majoritairement : une évolution du cadre réglementaire, une demande explicite dans le cahier des charges, la mise en place de politiques publiques nationales ou locales. La prise en compte des bénéfices environnementaux ou encore les subventions sont également identifiées comme des leviers possibles. Toutes technologies de refunctionalisation confondues, une évolution du cadre réglementaire, la valorisation des terres à excaver sur site ou hors site ou encore le verdissement des solutions d'aménagement sont autant de leviers favorisant leur déploiement dans le cadre de l'aménagement du territoire. De nombreuses préconisations ont été formulées pour favoriser l'utilisation des Bases De Données (BDD), notamment pour la France la mise à disposition de BDD sur la qualité biologique, les fonds géochimiques et la qualité agronomique des sols, avec une simplification des BDD (tout en améliorant leur résolution) et une mise en relation des BDD existantes. En Wallonie, l'importance d'établir un lien entre les données de qualité des sols et les services écosystémiques a été souligné. Un des leviers majeurs pour favoriser la diffusion de ces outils est clairement la formation des potentiels utilisateurs à ces outils et leur mise à disposition. De plus, les adaptations sur les outils d'évaluation incluent l'adaptation à la multiplicité des acteurs du territoire, la prise en compte de la séquestration du carbone ou encore la mise à disposition de l'ensemble des données sur une seule plateforme, accessible tant sur la forme (compréhensible) que sur le fond (données libres de droit et accessibles librement).

Les leviers suivants pour améliorer la prise en compte de la qualité des sols dans l'aménagement du territoire ont été mis en avant lors du café virtuel : 1) Besoin de former / sensibiliser les parties prenantes et notamment les maîtres d'ouvrages sur l'intérêt de prendre en compte la qualité des sols ; 2) Faire évoluer la réglementation en ce sens ; 3) Améliorer et approfondir les méthodes et outils d'évaluation des bénéfices socioéconomiques liés à la prise en compte des sols ; 4) Éviter l'écueil d'une approche spatiale globalisée et au contraire tenir compte du contexte local, rural ou urbain, pour mettre en œuvre la stratégie de sobriété foncière.

#### 5.2.4 Perspectives en recherches et développement

Les besoins des acteurs exprimés dans l'enquête web et les discussions sur les aspects R&D lors du café virtuel ont permis d'identifier les pistes de R&D selon quatre catégories: "le développement des données qualité sur les sols", "une vision systémique de la qualité des sols et de l'aménagement", "les outils et méthodes", et "le transfert de connaissances".

La mise en place de bases de données facilement utilisables et transposables dans les documents fonciers a été exprimée par les acteurs du territoire. Le contenu de cette banque de données devrait être défini en fonction des besoins des acteurs du territoire et des experts scientifiques : elle pourrait d'ores et déjà inclure des informations sur la qualité biologique, le fond géochimique, les données géotechniques, la qualité agronomique, mais aussi le stockage du carbone. Cette banque d'information sur la qualité des sols devrait être conçue pour permettre une représentation cartographique des sols à une échelle permettant d'orienter les usages (échelle métropolitaine, par exemple) et offrir une résolution spatiale améliorée (la plus fine possible). La possibilité de compiler ou mutualiser les bases de données existantes, ainsi que de nouvelles bases de données à créer, selon un concept partagé par les acteurs de l'aménagement a été mis en avant.

Les acteurs du territoire ont exprimé le besoin d'être accompagnés par des experts ayant une vision systémique de l'aménagement, incluant le système du sol et du sous-sol. Ainsi, il est important de maintenir et développer des formations assurant une transversalité des disciplines et des formations en géosciences. Il est important de développer des outils d'évaluation de la

qualité de sols permettant de mettre les services écosystémiques attendus par les sols au cœur de l'aménagement. Enfin, le besoin de considérer le sol comme un capital / un patrimoine, ainsi que la nécessité de monétariser les services liés au sol (incluant les bénéfices associés aux services écosystémiques) ont été mis en avant.

Un besoin d'outils plus complets en réhabilitation écologique a été mis en évidence. Des méthodes d'évaluation / des modes d'emploi pour évaluer ou écarter certain usage, pour évaluer les efforts économiques pour réaménager un site, pour faire des choix d'usages intégrant toutes les fonctions des sols, les valeurs d'usage et les valeurs d'échange seraient utiles aux acteurs. L'adaptation des outils existant pour favoriser leur utilisation a aussi été évoquée.

Les actions de consultation ont mis en évidence un manque d'utilisation des outils existants dû à une méconnaissance des outils pouvant venir en appui à des projets de refunctionalisation de sols, parfois à un manque d'intérêt pour la qualité des sols dans l'aménagement ou à un manque de cadre conceptuel et de terminologie commun sur la qualité des sols. C'est pourquoi développer des moyens et des actions de sensibilisation, de communication et de formation efficaces auprès des acteurs du territoire sur la qualité des sols, ainsi que la clarification de certains concepts (tels que la compensation, l'utilisation des SE comme concept central, la qualité des sols) seraient utiles.

Note : les répondants ont été questionnés sur leurs connaissances des outils tels que MUSE, RECORD 1 RECORD 2, DESTISOL, NVE (voir chapitre 8).

## 6. Les solutions de refunctionalisation des sols artificialisés

### 6.1 Introduction

Selon (Godart and Ruelle, 2019), le processus d'artificialisation est, considéré en pratique, peu réversible. Cependant, nous entendons parler de plus en plus de désartificialisation ou de renaturation reposant sur une remise en état de la qualité du sol ou sur la refunctionalisation des sols artificialisés combinée avec une végétalisation. Les types de sites artificialisés pouvant bénéficier de ces actions sont les friches, mais aussi toutes les surfaces artificialisées déjà imperméabilisées pour lesquelles une nouvelle occupation du sol plus perméable avec un support de végétation est envisageable. Parmi les solutions de refunctionalisation, on recense la désimperméabilisation, le génie pédologique (construction et reconstitution de sols) ou encore les techniques de bioremédiation (biotraitement ou phytoremédiation).

Le groupement SOILval a réalisé une revue de ces solutions, (Limasset et al., 2021). Les retours d'expériences sont principalement issus de la France. Pour chacune des solutions opérationnelles, ont été revus dans la mesure du possible les principes et définitions de la solution, un rappel du contexte réglementaire de mise en œuvre, sa prise en compte des fonctions du sol et des services écosystémiques, ses échelles d'application, ses degrés d'application ou blocages identifiés et les catégories d'acteurs qui peuvent contribuer à sa mise en œuvre. Deux fiches techniques SOILval ont également été rédigées pour aider à la diffusion des connaissances existantes sur les solutions de désimperméabilisation et de génie écologique respectivement<sup>4</sup> (Quadu et al., 2021a, 2021b, 2021c).

---

<sup>4</sup> Une fiche « Qu'est ce que le phytomanagement » a été publiée par ID Friche en France. ([https://www.idfriches-auvergnerhonealpes.fr/sites/default/files/20210419\\_fiche\\_phytomanagement.pdf](https://www.idfriches-auvergnerhonealpes.fr/sites/default/files/20210419_fiche_phytomanagement.pdf))

Note : En complément de ces fiches, 3 autres fiches techniques SOILval ont été rédigé portant sur divers outils de planification : le SCoT pour la France et le SDC, le SOL et l'évaluation environnementale pour la Wallonie (Quadu et al., 2021d, 2021e, 2021f).

## 6.2 Les solutions de désimperméabilisation

L'imperméabilisation des sols est le mécanisme le plus dommageable pour toutes les fonctions du sol, qu'elles soient biologiques, chimiques ou hydrologiques (Béchet et al., 2017). Elle peut affecter tous les services écosystémiques également. Des impacts socio-économiques considérables découlent également de l'imperméabilisation, notamment liés à la gestion de l'eau (CDC Biodiversité et Humanité Biodiversité, 2021).

Il n'existe pas de définition unique de la désimperméabilisation, cette notion étant assez émergente. La désimperméabilisation peut être définie comme une action ou le résultat d'une action consistant à découvrir totalement ou partiellement un sol couvert par un revêtement ou une construction qui perturbe le cycle de l'eau (CDC Biodiversité et Humanité Biodiversité, 2021). Il s'agit de « rétablir en partie l'ancien profil du sol en éliminant les couches imperméables telles que l'asphalte ou le béton, en ameublissant le sol sous-jacent, en éliminant les matières étrangères et en restructurant le profil. L'objectif est de rétablir un lien effectif avec le sous-sol. » (Commission Européenne, 2012). Une autre définition, proposée par l'Agence de l'Eau Rhône Alpes Méditerranée, repose également sur le remplacement des surfaces imperméables par des surfaces plus perméables, mais dans le cadre de la création de nouveaux projets d'aménagement et est en général accompagnée d'une végétalisation des espaces. Dans tous les cas, elle a pour objectifs de diminuer le phénomène de ruissellement des eaux pluviales et le risque inondation, de renaturer les espaces imperméables afin de contribuer à l'amélioration de la biodiversité et de lutter contre le changement climatique (Grand Est Agences d'Urbanisme, 2020).

Deux typologies de solutions semblent émerger: des solutions fondées sur la nature (végétalisation, noues d'infiltration, etc.) ou des solutions grises (revêtements poreux, pavés, par exemple). Les solutions possibles s'inscrivent également dans deux échelles bien distinctes. Elles peuvent aussi concerner des micro-interventions (petits espaces) ou de macro-interventions (dans le cas de reconversion de zone à surface importante).

La désimperméabilisation des sols artificialisés devient une des préoccupations majeures des politiques métropolitaines comme par exemple projet de ville perméable au Grand Lyon (Grand Lyon, 2017). En France, de vastes opérations de désimperméabilisation ont été lancées par les collectivités et l'Etat<sup>5</sup>. La désimperméabilisation permet un retour de la nature en milieu urbain en complément des politiques de "la ville perméable" qui n'ont pas été appliquées systématiquement sur le territoire français ou wallon. Les villes ne cherchent pas à retrouver l'habitat original mais à créer des habitats apportant des solutions aux îlots de chaleurs, à la gestion des inondations, à la gestion du petit cycle de l'eau, etc...En effet, la désimperméabilisation permettrait selon les contextes de générer des impacts positifs sur les fonctions écologiques dites hydro-géomorphologiques (liées au cycle de l'eau). Ainsi, les fonctions potentiellement favorisées par la désimperméabilisation incluent le ralentissement du ruissellement, la stabilisation des sols, la rétention des écoulements, la recharge des nappes ou encore le soutien d'étiage.

---

<sup>5</sup> Par exemple le projet 'Sauvons l'eau' de l'Agence de l'Eau RMC et le projet "OASIS cours d'école" à Paris

Des guides adaptés aux territoires sont développés pour accompagner sur le sujet de la désartificialisation/renaturation dont la désimpermeabilisation <sup>6</sup> Mais il y a peu d'indications concrètes sur la prise en compte des fonctions et services associés, notamment en termes de diagnostic de la qualité du sol avant l'action de réhabilitation écologique du sol qui peut suivre une désimpermeabilisation, ou de suivi de l'action globale de renaturation en terme d'efficacité. Selon le degré de désimpermeabilisation visé, mais aussi les futures occupations/utilisations du sol envisagées, il est nécessaire de prendre en compte des contraintes telles que la gestion de la remobilisation de polluants et la qualité des milieux concernés (sol, mais aussi milieux aquatiques).

Il existe peu de retours d'expérience sur la mise en œuvre de solutions de désimpermeabilisation de sols déjà artificialisés en France ou en Wallonie. France Stratégie (2019), donne une gamme de coût moyen (60 à 270 Euros le m<sup>2</sup> selon la technique employée) sans considérer la déconstruction, la dépollution ou la construction de sols. Egalement, même si les conséquences du scellement sur les propriétés des sols sont connues, très peu de travaux se sont attachés à étudier le potentiel de désimpermeabilisation et ses conséquences sur la qualité du sol en place. Quelques projets R&D actuellement en cours comme Dessert<sup>7</sup> essaient de répondre à ces besoins avec des expérimentations en laboratoire pour l'optimisation des procédés de désimpermeabilisation et de suivi sur des sites pilotes. Le projet R&D Désiville<sup>8</sup> vise également à développer des outils d'aide à la décision sur la désimpermeabilisation des sols artificialisés et des catalogues de solutions applicables en ville.

### 6.3 Les solutions de génie pédologique : construction de sols et reconstitution de sols

Depuis plusieurs années, l'approvisionnement en terre végétale des grandes agglomérations devient de plus en plus compliqué. Les zones d'extraction de la terre végétale sont de plus en plus éloignées des centres urbains, ce qui engendre une augmentation des coûts économiques et environnementaux de ces terres végétales. Ainsi, de nouvelles filières comme la reconstitution et la construction de sols, commencent à émerger en France et sont utilisées en Wallonie.

Ces procédés, basés sur des techniques de génie pédologique, consistent à reconstituer ou créer de toute pièce des sols fertiles à partir de déchets urbains ou industriels utilisés comme des matériaux alternatifs (par exemple des déchets minéraux produits par l'industrie du BTP comme les terres excavées, boues de lavage de granulats, boues papetières, déblais de dragage, etc.) (BRGM, 2020). La reconstitution de sol intervient lorsque les sols en place ne possèdent pas de propriétés agronomiques favorables à la croissance et au développement des végétaux (Damas et al., 2016), alors que la construction de sol est basée sur la création d'un nouveau sol construit avec des matériaux extérieurs assurant un niveau de fonctionnalité élevée, mais diffère en termes de structure et de fonction de l'original (Tagourdeau et al., 2020).

---

<sup>6</sup> Par exemple « Guide la nature dans nos villes et villages » (Grand Est Agences d'Urbanisme, 2020)

<sup>7</sup> Projet DESSERT 2020-2024 <https://www.plante-et->

[cite.fr/projet/fiche/101/desimpermeabilisation\\_des\\_sols\\_services\\_ecosystemiques\\_et\\_resilience\\_des\\_territoires\\_dessert/n:25](https://www.plante-et-cite.fr/projet/fiche/101/desimpermeabilisation_des_sols_services_ecosystemiques_et_resilience_des_territoires_dessert/n:25)

<sup>8</sup><https://aau.archi.fr/contrat-de-recherche/desiville-outils-daide-a-la-desimpermeabilisation-des-sols-artificialises-developpements-methodologiques-pour-levaluation-du-potentiel-de-desimpermeabilisation-et-catalogue-de-so/>

En Wallonie, les sols reconstitués sont définis dans certaines réglementations thématiques : “mise sur le marché des substrats de culture<sup>9</sup>”, “gestion des terres excavées<sup>10</sup>”, “cahier des charges dans le cadre de travaux de voiries publiques<sup>11</sup>”, ou “valorisation sous statut de déchet”<sup>12</sup>. Egalement, il n’existe actuellement pas de réglementation spécifique pour encadrer ces procédés en France. Néanmoins, plusieurs aspects techniques peuvent être rattachés au code rural et de la pêche maritime ou au code de l’environnement. Par ailleurs, des normes d’application obligatoire régissent notamment la mise sur le marché des supports de culture et des amendements pour la reconstitution ou la construction de sols.

Afin d’accompagner les professionnels des espaces verts, le programme SITERRE (2012-2015) a développé une démarche de génie pédologique pour construire des sols possédant les fonctions de fertilité agronomique et de portance recherchées. L’acceptation sociale des matériaux et des mélanges pour la construction de sols a aussi été évaluée (Plante&Cité et al., 2015).

Actuellement, il semble que la mise en œuvre de la reconstitution ou de la construction de sol soit majoritairement pratiquée dans le cadre de projets privés, du fait notamment d’une méconnaissance de la part des acteurs publics (notamment les services techniques) et d’un attachement aux anciennes (et actuelles) pratiques de prélever de la terre végétale provenant des zones agricoles.

Il n’existe actuellement pas de guide de prescriptions environnementales dans le cadre de projets de reconstitution ou construction de sols (Taugourdeau et al., 2020). Pour autant, différents guides de bonnes pratiques existent en France, en lien avec la réutilisation de matériaux (matériaux de déconstruction issus du BTP, les mâchefers d’incinération et les scories métallurgiques (CEREMA, 2016) ou en lien avec la valorisation des terres excavées issues de sites non pollués (Coussy and Dubrac, 2020). Ces guides proposent des valeurs seuils de qualité des sols à ne pas dépasser pour des paramètres chimiques (basées notamment sur des évaluations de risques sanitaires). Néanmoins, la valeur des sols en terme de fonctions écologiques ou encore les services écosystémiques associées à la biodiversité du sol n’est pas prise en compte. L’élaboration d’une méthodologie spécifique sur la valorisation hors site des terres végétales est en cours par un groupe de travail français dédié (livraison prévue fin 2021).

Les recherches bibliographiques montrent que des démarches spécifiques issus de travaux R&D pour la reconstitution ou la construction de sols, permettant de prendre en considération les fonctions du sol existent. Toutefois, elles restent à être approfondir et à se faire connaître des acteurs.

## 6.4 Les solutions de phytoremédiation

La phytoremédiation regroupe un ensemble de techniques qui utilisent des espèces végétales qui permettent d’immobiliser ou extraire des composés inorganiques et de dégrader des composés organiques présents dans l’environnement (Colombano et al., 2010). La définition de la « phytoremédiation » peut varier selon les sources. Par exemple, selon (ADEME, 2018), ce sont des techniques qui utilisent des espèces végétales pour extraire et transférer dans les parties

---

<sup>9</sup> Arrêté royal du 28 janvier 2013 relatif à la mise sur le marché et à l’utilisation des engrais, des amendements du sol et des substrats de culture et ses annexes

<sup>10</sup> AGW du 5 juillet 2018 relatif à la gestion et à la traçabilité des terres

<sup>11</sup> CCT Qualiroutes – <http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes/index.html>

<sup>12</sup> Arrêté du Gouvernement wallon du 14 juin 2001 favorisant la valorisation de certains déchets

récoltables des plantes (phytoextraction), extraire et volatiliser par transpiration (phytovolatilisation), contenir (phytostabilisation) ou dégrader (phyto-rhizodégradation) des polluants.

La phytoremédiation est pertinente pour des zones polluées présentant des surfaces très importantes, là où des techniques de dépollution plus conventionnelles (comme l'excavation) ne sont économiquement pas réalistes (Morel, 2010). Elles sont applicables sur une large variété de sols pollués, aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain, pour des sols contaminés à de faible profondeur (premier mètre correspondant à la profondeur des racines). L'applicabilité des phytotechnologies doit être validée selon les contraintes liées au site (topographie, surface, volume de terres à traiter, etc.), les caractéristiques des sols (granulométrie, perméabilité, taux de matière organique, etc.), les polluants concernés, etc. L'étude des éléments climatiques est également importante (Colombano et al., 2010).

Les principaux avantages de ces techniques sont leur adéquation avec les principes de développement durable et notamment de l'atteinte de l'objectif du ZAN, la possibilité d'une valorisation foncière, et la possibilité de gérer les terres in situ, par rapport à d'autres techniques conventionnelles de dépollution (utilisées hors site notamment). Elles ont pour intérêt de pouvoir être intégrées dans un projet de reconversion, par exemple dans une réflexion sur les besoins paysagers, le renfort de la biodiversité, etc.

Le recours au concept de phytomanagement est de plus en plus courant ces dernières années. Le groupe de travail IDfriches le définit comme « une approche de gestion d'un site dégradé ou délaissé permettant d'accroître progressivement sa valeur directe ou indirecte en faisant appel à un ensemble de techniques utilisant les végétaux » (Bourgeois et al., 2020). Selon IDfriches, il repose sur le couplage de la phytoremédiation avec des approches de renaturation, favorisant le développement des fonctions de sols<sup>13</sup>.

Plusieurs points de blocage à la mise en œuvre des phytotechnologies sont également identifiés aujourd'hui (ADEME, 2015; ID Friches, 2021). Il s'agit du manque d'expérience des professionnels de la dépollution, du besoin d'avoir des délais de dépollution courts, des espaces souvent limités pour les pollutions concentrées, et des polluants sur lesquels les phytotechnologies n'ont pas (encore) fait leur preuve (BTEX, PCB, pesticides, solvants chlorés).

De même, la mise en œuvre de ces techniques nécessite de maîtriser différentes contraintes (qualité du sol, gestion de l'eau, durée de traitement, surveillance à long terme, etc.). Les techniques de phytoremédiation restent peu utilisées, hormis la rhizodégradation (processus intégré dans la phytodégradation), qui commence à émerger notamment pour dépolluer des sols par les hydrocarbures. Plusieurs leviers ont été identifiés pour encourager le développement de ces techniques : évolution du cadre réglementaire, développement d'outils d'aide à la décision, formations des acteurs, des incitations économiques et sociétales, etc.

## 6.5 Éléments structurants de la revue des technologies de refonctionnalisation

Certaines des techniques évoquées sont en cours de développement, comme la construction ou la reconstitution de sol, motivées par la demande importante de terre végétale dans les aménagements. D'autres, comme la désimperméabilisation, reposent sur des techniques

---

<sup>13</sup> [https://www.axelera.org/user\\_files/2021/04/Programme-JT-Phytomanagement.pdf](https://www.axelera.org/user_files/2021/04/Programme-JT-Phytomanagement.pdf)

associées au concept de la ville perméable connues et largement utilisées par les collectivités. Mais les exemples d'actions concrètes de désimpermeabilisation sur des sols artificialisés sont encore limités et leurs impacts sur les fonctions et les services ne sont étudiés que depuis peu en France dans des programmes de recherche.

Egalement, le potentiel ou les contraintes associés à ces techniques commencent seulement à être étudiés dans le cadre de projets de recherche. Parmi les freins observés à ce jour. On peut citer, les contraintes de mise en œuvre et un manque de retours d'expérience dans le cas de la phytoremédiation. Par exemple, le coût (désimpermeabilisation selon les contexte – échelle micro ou macro notamment), la réglementation (construction et reconstitution de sols par ex), etc. Par ailleurs, la finalité de ces techniques n'est actuellement pas la prise en compte des fonctions et services associés. Ces techniques sont utilisées dans un objectif bien précis, mais la valorisation plus globale des sols et des sites est encore peu prise en considération.

Pour autant, il émerge une prise en compte de la valeur de sols de manière plus globale. On peut citer par exemple le phytomanagement. La naissance de tels concepts traduit une volonté de la part des acteurs de l'aménagement, de changer la perception de la valeur d'un sol, en y intégrant notamment sa valeur « écologique ». Cependant la revue de la littérature a également mis en avant le besoin de retours d'expérience, sur la mise en œuvre des actions de refunctionalisation de sols, notamment dans le cadre de projets de renaturation.

## 7. Les connaissances sur la qualité des sols en France et en Wallonie

### 7.1 Organisation des connaissances

Les connaissances sur les sols (données bancarisées dans des bases de données ou couches géographiques) en France et en Wallonie sont nombreuses et variées. Le suivi de la qualité des sols est principalement motivé par l'évaluation des impacts naturels et anthropiques sur les sols ou encore la fertilité en vue d'un usage agricole. Ainsi, les connaissances sur les sols français et wallons sont conséquentes, majoritairement pour les sols non artificialisés. L'intérêt de connaître la qualité des sols artificialisés (principalement urbains) est plus récent, en lien notamment avec la gestion des sols pollués. Par exemple, la carte des sols de la Belgique et sa version numérique la CNSW, outils de référence, ne permettent pas aujourd'hui de qualifier l'ensemble des sols urbains<sup>14</sup>.

Se sont ainsi développées sur le territoire français, diverses bases ou couches d'informations géographiques pour bancariser des données sur les sols, à différentes échelles allant de la commune, jusqu'au territoire national. Les données décrivent des aspects physiques, chimiques ou même, plus rarement, biologiques du sol, selon les objectifs visés par la mise en place de cette bancarisation. Ces données permettent de contribuer directement ou indirectement à la caractérisation de la qualité des sols ou des services écosystémiques. En Wallonie (Stephène et al., 2015), une politique de mise à disposition des données pour un public large ainsi qu'aux gestionnaires des sols au travers du géoportail wallon a été adoptée (WalOnMap | Géoportail de

---

<sup>14</sup> Cette cartographie ayant été réalisée entre 1947 et 1991, les zones urbaines étaient moins étendues.

la Wallonie)<sup>15</sup>. Cet accès à l'information est confirmé par le Décret sols wallon qui instaure la mise à disposition de plusieurs géodonnées (BDES, carte des concentrations de fond).

Un recensement des connaissances wallonnes et françaises ou référentiels de données a été réalisé par le projet SOILval (Limasset et al., 2021). Pour la France, ces données sont initialement bancarisées sous la forme de base de données. La mise à disposition sous forme cartographique n'est pas disponible pour toutes. Pour la Wallonie, l'ensemble des données collectées sur la qualité des sols est mis à disposition sous forme cartographique, sous un même géoportail wallon (WalOnMap). Ainsi la revue s'est attachée avec l'appui du GIS Sol (Groupement d'intérêt scientifique Sol)<sup>16</sup> à présenter les différentes bases de données françaises, et avec l'appui du SPW à présenter les données accessibles à partir du géoportail wallon (ou de sites thématiques qui renseignent sur la qualité des sols, en lien avec les paramètres physiques, chimiques ou biologiques mesurés dans les sols).

La revue a permis de faire ressortir pour chaque source d'informations, les différents objectifs visés, la prise en compte de la qualité des sols, leur échelle d'application, le potentiel de transfert de connaissance, etc. Une fiche technique SOILval a également été rédigée pour aider à la diffusion des connaissances acquises sur la qualité des sols (Quadu et al., 2021g).

## 7.2 Description des connaissances en France

Les principaux programmes, projets ou bases de données présentés dans ce chapitre sont rappelés en annexe 1.

Il existe plusieurs producteurs de données sur les sols en France. Un des principaux est le GIS Sol qui regroupe différents acteurs publics intervenant sur la thématique des sols au sens large. On citera d'abord quatre grands programmes d'acquisition des données sols non artificialisés (IGCS<sup>17</sup>, RMQS<sup>18</sup>, BDETM<sup>19</sup> and BDAT<sup>20</sup>). L'IGCS vise à identifier, définir et localiser les principaux types de sols d'une région ou d'un territoire, et de caractériser leurs propriétés physico-chimiques présentant un intérêt pour l'agriculture et pour l'environnement. Les données recueillies dans le cadre du programme IGCS sont bancarisées dans l'outil DoneSol<sup>21</sup>. Le programme RMQS a pour objectif de surveiller la qualité des sols sur le long terme et d'évaluer les impacts de facteurs naturels et anthropiques sur la qualité des sols. Les cartes et statistiques issues du RMQS sont consultables sur le site du GIS Sol, sur le dataverse INRAe<sup>22</sup> et sur le géoserveur INRAe<sup>23</sup>. BDETM repose sur plusieurs collectes de données depuis 1997 sur les sols dans le cadre du suivi des pratiques d'épandage de boues de stations de traitement des eaux usées sur les sols agricoles. Les données sont consultables sur le site du GIS Sol ou bien sur le géoserveur INRAe. La BDAT comprend des résultats d'analyses de terre (plus de 2 millions) réalisées sur des échantillons de

---

<sup>15</sup> <https://geoportail.wallonie.be/home.html>

<sup>16</sup> <https://www.gissol.fr/donnees>

<sup>17</sup> IGCS : Inventaire, Gestion et Conservation des sols (Inventory, Management and Conservation of Soils)

<sup>18</sup> RMQS : Réseau de Mesures sur la Qualité des Sols (Network of Soil Quality Measurements)

<sup>19</sup> BDETM : Base de Données sur les éléments en traces métalliques (Database on Trace Metals)

<sup>20</sup> BDAT : Base de Données d'Analyses de Terre

<sup>21</sup> <https://www.gissol.fr/outils/donesol-web-336>

<sup>22</sup> [data.inrae.fr](https://data.inrae.fr)

<sup>23</sup> <https://agroenvgeo.data.inra.fr/geonetwork/srv/fre/catalog.search#/home>

sols agricoles français prélevés depuis 1994 sur l'ensemble du territoire métropolitain<sup>24</sup>. L'outil cartographique GEOSOL<sup>25</sup> permet la visualisation de ces données.

D'autres sources d'informations nationales comme ASPITET<sup>26</sup>, BDSolU<sup>27</sup> ou l'inventaire minier national<sup>28</sup> viennent compléter le dispositif. Ces sources de données recensent principalement des données chimiques, physiques et agronomiques. Egalement, RENECOFOR (Réseau National de suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers)<sup>29</sup> banarise des données sur les sols. Enfin le Référentiel TypTerres<sup>30</sup>, en cours d'élaboration, s'appuie sur le Référentiel Régional Pédologique<sup>31</sup> pour définir des typologies simplifiées de sol par région en y associant des valeurs de propriétés physico-chimiques de référence.

La France recense les "Secteurs d'Information sur les Sols" (SIS), imposés par la loi ALUR, où la réalisation d'études de sols et la mise en place de mesures de gestion de la pollution, peut être demandée en cas de changement d'usage. La loi ALUR impose également à l'État de publier une carte des anciens sites industriels et activités de services (dénommée CASIAS), qui doit contenir entre autres, les informations contenues dans différentes bases de données françaises en lien avec les anciennes activités industrielles (BASIAS, BASOL).

Des producteurs de données comme l'ONB (Observatoire National de la Biodiversité) mettent à disposition des indicateurs sur l'abondance des vers de terre, l'occupation du sol, les habitats naturels menacés, l'évolution de la biodiversité bactérienne des sols, etc. L'Europe via la base de données CORINE Land Cover inventorie l'occupation des terres d'un point de vue biophysique. Enfin, on peut citer la mise en place de l'observatoire de l'artificialisation (CEREMA, IGN, INRAe) à la demande de l'état pour établir des orientations opérationnelles efficaces pour contraindre l'artificialisation.

Au-delà des démarches nationales, les collectivités territoriales ont pris conscience de la nécessité d'une meilleure connaissance sur leurs sols. Elles collectent donc des données sur les sols sur leurs propres territoires, pour répondre à leurs problématiques (pollution, désimperméabilisation, biodiversité, etc.), via des projets comme GeoBaPa, PHOEBUS ou METOTRASS ou les bases comme RMQS Biodiversité. GeoBaPa a pour objectif de définir un référentiel pédo-géochimique de la basse Vallée de la Seine et du bassin parisien. PHOEBUS<sup>32</sup> (Profondeur des entités hydrogéologiques et évaluation des contraintes à l'infiltration des eaux pluviales urbaines sur le territoire de Rennes Métropole) apporte entre autres des données sur les types de sols rencontrés ou encore la présence de zones humides notamment et les contraintes existantes (sites pollués, cimetières, captages et périmètres de captages). METOTRASS, a pour objectif de développer un référentiel de fond géochimique (dont l'arsenic, le plomb, le cuivre et le zinc), dans le cadre de la

---

<sup>24</sup> <https://www.gissol.fr/le-gis/programmes/base-de-donnees-danalyses-des-terres-bdat-62>

<sup>25</sup> <https://webapps.gissol.fr/geosol/>

<sup>26</sup> ASPITET : Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Eléments Trace Cette base va être intégrée à la BDETM et sera consultable sur un outil à développer.

<sup>27</sup> BDSolU : Base de Données des analyses de sols urbains <http://www.bdsolu.fr/>

<sup>28</sup> Données disponibles via le SIG Infoterre (<https://infoterre.brgm.fr/>), avec la couche « ressources minérales » ou via le site <http://sigminesfrance.brgm.fr/>.

<sup>29</sup> <http://www1.onf.fr/renecofor/@@index.html>

<sup>30</sup> (<https://sols-et-territoires.org/produits-du-rmt/typterres>)

<sup>31</sup> <https://www.gissol.fr/publications/fiche-referentiel-regional-pedologique-rrp-2192>

<sup>32</sup> <https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-68599-FR.pdf>

gestion des sites et sols pollués et des plans d'épandage de boues de station d'épuration (Le Guern et al., 2013). Le RMQS Biodiversité<sup>33</sup> est spécifique à la région Bretagne, propose des mesures de biodiversité des sols.

Enfin, le projet R&D SUPRA (Sols Urbains et Projets d'Aménagement) initié en 2017, a pour objectif d'évaluer les fonctions et SE fournis par les sols urbains, du profil de sol à l'aire urbaine, via le développement d'un outil d'aide à la décision. Les données seront bancarisées dans des bases de données existantes (données chimiques versées dans BDSolU, et les données agronomiques versées dans DoneSol).

En ce qui concerne la microbiologie des sols, le manque de données est identifié notamment par l'ADEME, dans son rapport « Aménager avec la nature en ville » (ADEME, 2018). Ainsi, le programme national de recherche (BIOindicateurs de la Qualité des Sols) a été mis en place. Ses objectifs sont de développer des méthodes pour mesurer la biodiversité et les fonctions des sols, utiliser les bioindicateurs des sols pour surveiller la qualité des sols et identifier des bioindicateurs pertinents pour l'évaluation des risques écologiques de la contamination des sols<sup>34</sup>.

### 7.3 Description des connaissances en Wallonie

L'ensemble des programmes ou couches de données wallons en lien avec la qualité des sols sont rappelés en annexe 1.

Différentes couches de données sont accessibles sur le géoportail wallon et compilent des données sur la qualité des sols. Il s'agit des couches Carte numérique des sols de Wallonie (CNSW)<sup>35</sup>, Carte des principaux types de sols de Wallonie<sup>36</sup>, Occupation du sol (WALOUS 2018)<sup>37</sup>, CARBIOSOL<sup>38</sup>, ERRUISSOL, LIDAXES<sup>39</sup>, Contextes écologiques marginaux et sensibles, et Banque de Données de l'Etat des Sols (BDES)<sup>40</sup>.

La CNSW compile l'ensemble des informations relatives à la Carte Numérique des Sols de Wallonie. La Carte des principaux types de sols de Wallonie a été dérivée de la Carte Numérique des Sols de Wallonie. La couche de données WALOUS 2018 reprend la cartographie de l'utilisation du sol de l'ensemble du territoire wallon pour l'année 2018 (par exemple, résidentiel, industriel, commercial, agricole, forestier, récréatif). CARBIOSOL est une série de couches de données qui regroupe l'ensemble des informations relatives à la cartographie des teneurs et stocks de carbone organique total (COT) des sols agricoles de Wallonie. Le projet "Carbone organique, biomasse et activité microbienne des sols : vers un indicateur de la qualité des sols de Wallonie" (CARBIOSOL), à l'origine de la création de cette couche de données, est destiné au développement d'indicateurs de la qualité biologique et du carbone organique du sol pour l'évaluation de l'État des sols en Wallonie.

---

<sup>33</sup> <https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/page/programme-rmq-biodiv>

<sup>34</sup> <https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/ADEMEBioindicateur/>

<sup>35</sup> [Carte Numérique des Sols de Wallonie | Géoportail de la Wallonie](#)

<sup>36</sup> [Carte des Principaux Types de Sols de Wallonie à 1/250000 | Géoportail de la Wallonie](#)

<sup>37</sup> [Occupation du sol en Wallonie - WALOUS 2018 | Géoportail de la Wallonie](#)

<sup>38</sup> [Carbone, Bio, Sol : CARBIOSOL ! | Géoportail de la Wallonie](#)

<sup>39</sup> [La carte des axes de concentration du ruissellement LIDAXES | Géoportail de la Wallonie](#)

<sup>40</sup> [Banque de Données de l'État des Sols \(BDES\) | Géoportail de la Wallonie](#)

La cartographie ERRUISSOL « zones à risque d'érosion hydrique diffuse<sup>41</sup> » représente la longueur de pente critique pour 2 seuils de perte en sol fixés (5 et 10t/ha.an). La cartographie ERRUISSOL « zones à risque de ruissellement diffus<sup>42</sup> » représente le taux (coefficient) de ruissellement potentiel sur le territoire wallon. Elle permet de mettre en évidence des zones productrices de ruissellement, et ce uniquement sur les terres agricoles et forestières. La couche de données LIDAXES – axe de concentration du ruissellement met en évidence les zones à risque d'inondation par ruissellement et/ou de coulée boueuse apparaissant suite à la concentration naturelle des eaux de ruissellement de surface. La couche « Contextes écologiques marginaux et sensibles<sup>43</sup> » identifie les sols sur lesquels existent de nombreux enjeux en termes de biodiversité et de SE associés. La couche BDES recense les parcelles cadastrales reprises à l'inventaire des terrains pollués et potentiellement pollués en Région wallonne.

Au-delà de ces couches de données, la Wallonie est également dotée d'importantes données géologiques sur son territoire (Carte géologique de Wallonie, Données géologiques de base). La Wallonie propose aussi l'accès aux données issues de l'Inventaire Permanent des Ressources Forestières Wallon (IPRFW) et du réseau REQUASUD<sup>44</sup>. La Base de données Sols de REQUASUD (ASBL REQUASUD) constitue un référentiel régional en matière d'analyses de terre permettant un diagnostic de la qualité des sols agricoles wallons. Elle permet de constater l'état de fertilité des terres en région wallonne. Ces cartes sont disponibles via l'application REQUASOL<sup>45</sup> et dans les brochures de REQUASUD. L'Inventaire permanent des ressources forestières de Wallonie (IPRFW) est un outil qui organise la caractérisation en continu des zones forestières de l'ensemble du territoire régional par échantillonnage. La pédologie y est renseignée.

D'autres couches de données sont accessibles sur le géoportail wallon, en lien avec des données écologiques : les fichiers écologiques des essences au droit de stations forestières, basés notamment sur la disponibilité en eau ou en éléments minéraux dans les sols<sup>46</sup>, les unités écologiques homogènes<sup>47</sup> ou encore la carte des liaisons écologiques<sup>48</sup>.

Le géoportail wallon reprend également des informations en lien avec les « Sites à Réaménager de droits » (périmètres des sites identifiés comme à réaménager (devant être assainis, réhabilités, rénovés ou reconstruits et bénéficiant d'un arrêté de réaménagement (SAR de droit))<sup>49</sup>, les zones de consultation de la DRIGM (zones pour lesquelles il est nécessaire de consulter la Direction des Risques industriels, géologiques et miniers (DRIGM)<sup>50</sup>), ainsi que la cartographie des principaux outils d'aménagement du territoire wallon (plan de secteur, schéma de développement communal, schéma d'orientation local, Zone d'Enjeux Régional, Zone d'Enjeux Communal, guide régional d'urbanisme...). La carte archéologique est aussi disponible sur le géoportail wallon.

---

<sup>41</sup> [ERRUISSOL | Géoportail de la Wallonie](#)

<sup>42</sup> [ERRUISSOL - Risque de ruissellement diffus | Géoportail de la Wallonie](#)

<sup>43</sup> [Contextes écologiques marginaux et sensibles | Géoportail de la Wallonie](#)

<sup>44</sup> [Base de données – Requasud](#)

<sup>45</sup> <https://requasol.requasud.be/>

<sup>46</sup> [Fichier Ecologique des Essences – Classes d'apport en eau \(AE\) | Géoportail de la Wallonie ; Fichier Ecologique des Essences – Niveau hydrique \(NH\) | Géoportail de la Wallonie ; Fichier Ecologique des Essences – Niveaux trophiques \(NT\) | Géoportail de la Wallonie](#)

<sup>47</sup> [LifeWatch - Ecotopes \(v.2.9-2015\) - Service de visualisation WMS | Géoportail de la Wallonie](#)

<sup>48</sup> [Liaisons écologiques – Article D.II.2, §2, alinéa 4 | Géoportail de la Wallonie](#)

<sup>49</sup> [Sites à réaménager de droit \(SAR\) | Géoportail de la Wallonie](#)

<sup>50</sup> [Zones de consultation de la DRIGM - Série | Géoportail de la Wallonie](#)

## 7.4 Éléments structurants de la revue des bases de données

Aujourd'hui, on observe le besoin d'améliorer la connaissance sur la qualité des sols, exprimés dans un certain nombre de projets R&D qui cherchent à répondre aux besoins de nombreux utilisateurs. En termes de besoins, on peut citer la réalisation de diagnostics de la qualité des sols (caractérisation des fonctions écologiques), la gestion des terres excavées, la réalisation de plans de gestion de dépollution ou écologique, la surveillance de la réhabilitation/assainissement de site pollués, le suivi et la maîtrise de l'artificialisation, etc. C'est ce qu'encourage le projet R&D SUPRA qui essaie de répondre à ces attentes, notamment en termes de communication, de diffusion, d'accès aux données, etc. En France, certains propriétaires de données mettent des freins sur la diffusion et le droit d'accès (par ex. sur les coordonnées des points de mesure). En Wallonie, on constate le besoin de faire évoluer la carte des sols wallonne orientée sur l'aptitude des sols à l'agriculture mais aussi la production résiliente en forêt. Elle devrait être davantage exploitée en appui à l'aménagement du territoire et couvrir plus les sols urbains.

L'évaluation des fonctions écologiques du sol nécessite encore l'acquisition de connaissances nouvelles qui se traduit en France par une recherche active sur ce sujet. Par ailleurs, les données en lien avec la qualité chimique, physique ou biologique en milieu urbain restent encore limitées. En France, la disponibilité, le format et la diffusion de ces données sont hétérogènes (en fonction des producteurs et/ou des gestionnaires de ces données notamment). Ces aspects mettent aujourd'hui en difficulté la réutilisation de ces données de manière globale et homogène sur l'ensemble du territoire français. Pour autant, que l'ensemble des acteurs en France aient de plus en plus la volonté d'une migration des données collectées en milieu urbain ou en milieu rural, vers des bases où les données sont géoréférencées et interopérables. Les webservices faisant appel aux standards de l'Open Geospatial Consortium (OGC) et répondant aux exigences de la directive INSPIRE tendent tout de même vers une interopérabilité des données. En Wallonie, cette interopérabilité des différentes bases de données géographiques existe et la disponibilité des données sur le géoportail permet une pratique aisée. Cependant, une appropriation de ces mécanismes par l'ensemble des acteurs et son évolution, voire une meilleure connaissance des informations disponibles sur la qualité des sols en Wallonie, doivent être encouragées. Malgré des développements récents importants En France comme en Wallonie, la mesure des paramètres biologiques nécessite encore d'acquérir des retours d'expériences et d'améliorer les référentiels d'interprétation (Blanchart et al., 2019).

## 8. Les outils d'aide à la décision en appui à la refonctionnalisation des sols artificialisés

### 8.1 Contexte

Des outils d'aide à la décision (OAD) ont émergé ces dernières années pour aider à une meilleure prise en compte des fonctions écologiques du sol, par le biais d'indicateurs pour les écosystèmes agricoles, forestier et urbains. Ces OAD peuvent appuyer un projet de refonctionnalisation des sols qui va agir sur les propriétés du sol attendu pour encourager le renforcement, le rétablissement ou la création de la fonctionnalité générale ou spécifique du milieu sol. Certains de ces outils reposent avant tout sur une démarche méthodologique à mettre en œuvre, illustrée dans un guide méthodologique par le biais de cas pratiques. D'autres proposent des outils numériques en complément de la démarche à mettre en œuvre. Les projets de recherche proposant de tels outils ou approches, semblent principalement s'intéresser à l'échelle de la parcelle agricole et/ou

urbaine. L'échelle du territoire est parfois intégré. D'après (Drobnik et al., 2018), les méthodes d'évaluation de la qualité des sols dédiées à la planification urbaine sont moins nombreuses que celles proposées en contexte agricole.

En contexte agricole ou forestier, des projets ou outils récents ont par ailleurs cherché à intégrer les fonctions écologiques sols et services écosystémiques (SE) associés, en proposant pour certains des indicateurs de la qualité des sols ou de SE. En France, par exemple INSENSE<sup>51</sup>, et PROSOL<sup>52</sup> ont développé des approches et OAD à appliquer en milieux forestiers. Les projets REVA<sup>53</sup>, AgroEcoSol<sup>54</sup>, ont été mis en œuvre pour le milieu agricole. L'OAD « Soil Navigator DSS »<sup>55</sup> développé dans le cadre du projet Landmark permet d'évaluer et optimiser les fonctions du sol dans le cadre des pratiques agricoles à l'échelle de la parcelle. Également, l'approche SOILSERV vise à consolider les méthodes d'évaluation des SE des sols, en identifiant les approches les mieux adaptées en fonction de l'échelle visée et de l'information disponible.

En Wallonie, il existe très peu d'outils spécialisés dans la prise en compte des fonctions écologiques du sol à proprement parler. Cependant, certains outils web permettant de prendre des décisions relatives à l'adéquation de pratiques d'utilisation du sol sur la base de sa qualité peuvent s'y apparenter. Dans le domaine forestier, on peut citer « le fichier écologique des essences »<sup>56</sup>, qui met en avant les différentes fonctions écologiques, économiques et sociales des forêts. En contexte de jardinage et de l'essor de l'agriculture urbaine, l'outil web SANISOL<sup>57</sup> est mis à disposition de tout jardinier wallon pour délivrer des recommandations spécifiques sur la base de la qualité du sol cultivé et du profil de l'utilisateur.

Une revue non exhaustive des outils d'aide à la décision français et wallon en appui à la refonctionnalisation des sols artificialisés et applicable à l'échelle de la parcelle a été réalisée dans le cadre de SOILval (Limasset et al., 2021). Cette revue est commune à la France et à la Wallonie. Une fiche technique SOILval a également été rédigée pour aider à la diffusion des connaissances acquises sur les OAD en appui à une meilleure prise en compte de la multifonctionnalité des sols (Quadu et al., 2021g).

## 8.2 Revue des outils développés en France et Wallonie

Les OAD français et wallons qui ont été revus dans le cadre de SOILval sont résumés en annexe 2.

Les OAD développés sous forme d'outils numériques, reposent le plus souvent sur des approches multi-critères, pouvant proposer des croisements de données géographiques, de la monétarisation, voire de la modélisation. Les données de sortie peuvent être sous forme cartographique, graphique, numérique ou textuel. On peut distinguer les outils selon qu'ils combinent qualité du sol, fonctions du sol et évaluation des SE, ou qu'ils se limitent à une approche

---

<sup>51</sup> Projet INSENSE : Indicateurs de SENSibilité des Ecosystèmes forestiers soumis à une récolte accrue de biomasse ([http://www.ofme.org/documents/FiliereBois/Recolte/2018\\_Ademe\\_Insense\\_livret-indics-sensib-sols-recolteBE.pdf](http://www.ofme.org/documents/FiliereBois/Recolte/2018_Ademe_Insense_livret-indics-sensib-sols-recolteBE.pdf))

<sup>52</sup> Projet PROSOL : Pour une exploitation forestière respectueuse des sols et de la forêt « PROSOL » ([https://www.ofme.org/documents/FiliereBois/Guide\\_FCBA-ONF-PROSOL.pdf](https://www.ofme.org/documents/FiliereBois/Guide_FCBA-ONF-PROSOL.pdf))

<sup>53</sup> REVA : Réseau d'expérimentation et de veille à l'innovation agricole (<https://www.ofsv.org/le-reva>)

<sup>54</sup> AgroEcoSol : Développement d'une filière technique et économique sur le diagnostic et le conseil pour une gestion agroécologique des sols cultivés (<https://www.aurea.eu/conseil-2/services-2/>)

<sup>55</sup> <https://landmark2020.eu/pillars/soil-navigator-pillar1/>

<sup>56</sup> <https://www.fichierecologique.be/resources/FO143-12-19.pdf>

<sup>57</sup> <http://sanisol.wallonie.be/>

par les SE. L'ensemble des outils revus s'appliquent principalement aux sols artificialisés, et par conséquent aux écosystèmes urbains.

L'OAD DESTISOL (Cherel et al., 2017; Séré et al., 2018<sup>58</sup>) propose un calcul d'indicateurs encourageant à trouver des solutions en aménagement de site qui maximisent l'obtention de SE (Blanchart, 2018). Il propose en particulier une intégration accrue des propriétés, des fonctions et des SE rendus par les sols dans les projets d'aménagement urbain ; visant une préservation des sols de manière générale et des sols les plus aptes à être support d'activités spécifiques. L'approche Bio-TUBES (Tagourdeau et al., 2020<sup>59</sup>) propose une démarche d'évaluation des fonctions du sol et des SE dans le cadre de réhabilitation écologique de sites dégradés. Elle propose la sélection d'indicateurs pour une évaluation de plusieurs fonctions de régulation sur lesquelles reposent des SE associés. Une méthode d'évaluation économique des SE est également proposée avec prise en compte des bénéficiaires dépendant des usagers des sols selon différents scénarios de gestion sur un même site.

Le projet avec la MEL (Métropole Européenne Lille) sur les fonctions du sol (Monfort et al., 2020; Monfort and Limasset, 2019<sup>60</sup>) a permis de développer une approche permettant aux agents de l'urbanisme de la MEL d'identifier à l'échelle d'une parcelle via une analyse documentaire et une visite de site, les fonctions des sols qui sont présentes ou qui pourraient se développer ainsi que les SE générés associés. L'OAD RECORD 1 (Baptist et al., 2018<sup>61</sup>) aussi appelé « Mesure de la biodiversité et évaluation des SE des milieux restaurés » propose une grille de sélection d'indicateurs permettant d'évaluer et de suivre l'impact des mesures de restauration mises en œuvre sur les sites et sols pollués. L'OAD RECORD 2 (RECORD, 2021<sup>62</sup>) aussi appelé « Outil de conception et de suivi de la réhabilitation écologique de sites dégradés intégrant les solutions fondées sur la nature » peut orienter un projet de réaménagement de manière à favoriser la réhabilitation écologique d'une partie de l'écosystème urbain par la mise en œuvre de solutions fondées sur la nature. Cet outil propose des indicateurs de suivi des fonctions et SE permettant de mesurer le succès de la réhabilitation écologique mise en œuvre sur le site. L'OAD Bénéfriches (méthode et fichier Excel à télécharger)<sup>63</sup> permet de quantifier les bénéfices nets socio-économiques et environnementaux d'un projet d'aménagement pour aider les collectivités et acteurs de l'aménagement à orienter leurs choix d'implantation entre le renouvellement urbain et l'extension urbaine.

L'Outil « Nature value explorer », transposé partiellement à la Wallonie (NVE – Wallonie, accessible à partir d'une plateforme)<sup>64</sup>, permet une évaluation rapide de l'impact d'un changement d'utilisation des terres sur la provision des SE (Liège Université, 2020). Il propose un outil d'évaluation qualitative, quantitative et monétaire des bénéfices de plusieurs solutions de conversion écologique de sites basé sur une série de bases de données cartographiques d'occupation et usages du sol. Il encourage également d'aborder un projet sous un angle concret, à des fins de sensibilisation et d'information. L'OAD Outil GAMMA (Grille d'Analyse Multicritère pour les Méthodes d'Assainissement – Wallonie, rapport méthodologique et outil numérique

---

<sup>58</sup> Consultable sur le site de l'ADEME

<sup>59</sup> Consultable sur le site de l'ADEME

<sup>60</sup> Consultable sur le site du BRGM

<sup>61</sup> Consultable sur le site de l'association RECORD, <https://record-net.org/>

<sup>62</sup> Consultable sur le site de l'association RECORD, <https://record-net.org/>

<sup>63</sup> Bénéfriches : un outil pour accompagner l'aménagement - ADEME Infos

<sup>64</sup> <https://www.natuurwaardeverkenner.be/>

accessibles à partir du site du Département du Sol et des Déchets du SPW)<sup>65</sup> s'adresse aux experts agréés. GAMMA ambitionne d'articuler la notion de Meilleure Technique Disponible (MTD) à la notion d'assainissement intrinsèquement durable. Il propose un critère de « restauration de la fonctionnalité du sol » considérant quatre facteurs principaux (la production de plante, le recyclage de la matière organique, la réserve de biodiversité et le stockage et l'épuration de l'eau).

Note : les travaux les plus avancés en matière de développement pour une application territoriale intégrant les fonctions écologiques des sols sont associés aux projets français R&D MUSE et SolUC3ion<sup>66</sup>. MUSE a développé une méthodologie qui permet de déterminer un indice de multifonctionnalité des sols à partir d'un ensemble d'indicateurs à intégrer dans le PLUi. Cet outil n'a pas fait l'objet de la revue SOILval.

### 8.3 Éléments structurants de la revue des AOD

On retient des approches et outils développés à ce jour dans le cadre de projets R&D, que la multifonctionnalité des sols est étudiée à toutes les échelles des territoires. Malgré une forte similitude entre les outils revus (philosophie de maximiser les bénéfices environnementaux au sens large), ils présentent des objectifs relativement différents. On peut identifier deux catégories d'outils. D'une part certains outils se positionnent selon l'usage final envisagé du site et proposent une approche SE sans prise en compte directe des spécificités du sol (Bénéfriches, Nature Value Explorer). Ces outils estiment les bénéfices potentiels en unité monétaire. L'état du sol et de ses fonctions est quelque part « caché » ou intégré dans les coûts estimés de réaménagement des sites.

D'autre part, les outils tels que DESTISOL, RECORD 1, RECORD 2 et MEL fonctions du sol et Gamma – Wallonie, bien qu'ayant des finalités et modalités diverses, encouragent différents acteurs d'un projet à interagir et les guident vers le choix des usages et pratiques les plus favorables au bon fonctionnement des sols en adéquation avec leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. Cependant les outils d'une manière générale ont encore du mal à faire le lien entre les fonctions du sol, qui sont très liées aux processus inhérents des sols, et les SE en lien avec les sols (Tagourdeau et al., 2020). Les SE s'estiment en fonction d'un usage envisagé du site, les fonctions se mesurent à partir des mesures *in situ*. Concernant la prise en compte des fonctions, un consensus ressort sur les fonctions du sol prises en compte dans les approches et les outils. Parmi ces fonctions, certaines semblent être évaluées plus fréquemment, et ce quel que soit l'usage du sol considéré : rétention, circulation et infiltration de l'eau, rétention et fourniture de nutriments, support physique stable pour les végétaux (Blanchart et al., 2019).

Compte tenu des outils développés à ce jour, il y a un besoin évident de transférer ces connaissances en termes de méthodes, de protocoles et d'outils auprès des acteurs de la gestion des sols. Les consultations d'acteurs réalisées dans le cadre de SOILval ont montré que des acteurs clés n'avaient pas forcément connaissance de toutes les approches disponibles aujourd'hui. Également, à ce jour il n'y a pas de retour d'expérience en France ou en Wallonie sur la prise en main actuelle ou anticipée de ces outils. En ce sens, il est nécessaire de faire connaître les méthodes d'évaluation, de mieux communiquer sur leur intérêt auprès des utilisateurs cibles et de les accompagner dans leur choix d'outils le plus adéquat (formation, création d'un centre de ressources dédié à la gestion durable des sols etc.).

---

<sup>65</sup><https://sol.environnement.wallonie.be/home/sols/sols-pollues/code-wallon-de-bonnes-pratiques--cwbp-/projet-dassainissement.html>

<sup>66</sup> <https://www.cerema.fr/fr/actualites/quelle-prise-compte-sols-documents-urbanisme-premier-rapport>

Ainsi se pose la question de pouvoir proposer des indicateurs pertinents en termes d'objectifs visés, de coûts et d'opérationnalité. Les projets Bio-TUBES et RECORD 1 & 2 ont travaillé récemment à ce besoin. RECORD 2 est le seul projet identifié dans le cadre de la revue qui proposerait une liste complète d'indicateurs de fonctions et de SE qui peuvent être utilisés pour le diagnostic, et le suivi de réhabilitation des sols artificialisés dégradés (RECORD, 2021).

## 9. Perspectives

Un des objectifs du projet SOILval était d'identifier les besoins R&D sur les grands sujets qui devraient être examinés dans le court, moyen et long terme pour faciliter la prise en compte de la qualité des sols dans la planification et l'aménagement du territoire. Une note R&D SOILval (Quadu et al., 2021h) a été rédigée en ce sens compilant les résultats des travaux réalisés dans le cadre de la revue juridique et état de l'art et des consultations auprès des acteurs.

Les besoins R&D identifiés adressent entre autre le besoin de renforcer les connaissances sur la qualité des sols ; d'encourager une prise en compte opérationnelle de la qualité écologique et la valeur environnementale des sols dans l'aménagement du territoire, de développer un corps juridique solide ; et d'accompagner, former et sensibiliser les parties prenantes sur la notion de qualité des sols et les outils et données existants. Il serait important que la nouvelle stratégie européenne pour des sols sains, publiée fin 2021<sup>67</sup>, puisse encourager une recherche effective et approfondie de ces sujets.

Les besoins R&D spécifiques sont synthétisés ci-dessous.

Il a été identifié le besoin de « **renforcer les connaissances sur la qualité des sols artificialisés et naturels en termes de fonctions écologiques et de valeurs environnementales associées et les rendre accessibles aux acteurs de la planification et de l'aménagement** ». Quatre axes sont retenus :

- la définition des données à collecter (paramètres du sol, ...) utiles à l'évaluation des fonctions écologiques des sols et leurs valeurs environnementales associées,
- la collecte, et l'accès aux données de qualité des sols afin qu'elles soient utilisables et transposables dans tout projet d'aménagement,
- la mutualisation des connaissances existantes et une meilleure interopérabilité des données,
- la définition des représentations cartographiques les plus adaptées à l'intégration de la qualité écologique des sols et des valeurs environnementales.

En parallèle de ce besoin, il s'agira de « **renforcer l'opérationnalité des outils en appui à la refonctionnalisation des sols en adéquation avec les enjeux et les usages du territoire** », et plus particulièrement :

- la proposition d'indicateurs de fonctions écologiques des sols permettant d'optimiser le suivi et l'évaluation de projets de refonctionnalisation des sols avec des points d'attention vis-à-vis de l'opérationnalité d'un paramètre : (i) sa capacité à représenter au moins une

---

<sup>67</sup> [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12634-Des-sols-sains-nouvelle-strategie-de-l%E2%80%99UE-pour-la-protection-des-sols\\_fr](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12634-Des-sols-sains-nouvelle-strategie-de-l%E2%80%99UE-pour-la-protection-des-sols_fr)

des fonctions identifiées, (ii) son rapport coût/bénéfice (apport d'informations), (iii) la fiabilité de la méthode (échantillonnage, mesure et analyse) et du référentiel d'interprétation, et (iv) sa facilité de mise en œuvre et d'interprétation ;

- la mise en place de plus de bases de données et référentiels intégrant les données liées à la caractérisation de la multifonctionnalité des sols plus facilement utilisables et transposables dans les documents fonciers ainsi que les études d'impact.

**Le besoin « d'encourager et capitaliser un retour d'expérience technico-économique et social, sur la mise en œuvre des actions de refunctionalisation de sols artificialisés » est ressorti.**

Quatre axes à renforcer sont identifiés :

- meilleure connaissance sur les coûts de mise en œuvre des solutions de refunctionalisation des sols,
- l'évaluation des bénéfices associés aux services écosystémiques rendus par les sols pour une vision systémique du territoire,
- proposition d'une palette d'outils d'aide à la décision pour favoriser la mise en œuvre de projet de refunctionalisation des sols,
- mieux appréhender le potentiel de renaturation des sols et le regard de la société sur ces projets.

**Le besoin « d'améliorer les dynamiques et outils fonciers, d'aménagement du territoire et d'urbanisme utiles à l'atteinte du ZAN et intégrant la qualité des sols » a été identifié. Il peut être décliné selon trois axes:**

- comment la valeur environnementale d'un sol remettrait en cause la décision de l'aménager et comment mesurer et comparer les effets d'un futur projet d'urbanisme sur la qualité des sols ,
- comment et sur quelle temporalité les outils fonciers peuvent s'adapter pour intégrer au mieux la qualité des sols et accompagner des modèles de décroissance de l'artificialisation ?
- comment optimiser l'utilisation des données sur la qualité du sol lors de la délivrance des permis d'urbanisme ? Quelles sont les données les plus pertinentes permettant de favoriser les fonctions des sols dans un projet d'urbanisme ?

**Egalement « Comment définir juridiquement la notion de "qualité des sols" au sein du Code de l'urbanisme français et du Décret sols wallon pour mieux encadrer les projets d'aménagement et comment en améliorer l'information foncière ? » a été identifié comme un besoin. Il pourrait être décliné selon trois axes :**

- dans quelle mesure le droit de propriété peut-il constituer un blocage à une meilleure prise en compte de la qualité des sols étant entendu qu'une fonction écologique doit lui être reconnue ? Quel est le rôle, les effets de la compensation en cas de perte de valeur foncière ?

- comment améliorer la connaissance des sols à l'échelle de la parcelle afin d'assurer le transfert de connaissance en cas de vente/location et quel rôle donner à la publicité foncière et la documentation cadastrale dans ce transfert de connaissance et l'intégration de la notion de qualité du sol à l'échelle parcellaire ?
- une évaluation annuelle de la réglementation peut-elle être envisagée sur base d'indicateurs relatifs à la qualité des sols ?

Et enfin le besoin « **de transférer les connaissances et accompagner les acteurs vers une vision systémique de l'aménagement intégrant la qualité et valeur environnementale du sol** » a été identifié. Il pourrait être décliné ainsi :

- identification des formes de sensibilisation et de formation les plus adaptées sur l'intérêt de prendre en compte la qualité des sols et les solutions, outils et bases de données en appui,
- accompagnement des acteurs de l'aménagement vers une vision plus systémique du territoire,
- identification des besoins et évolution des offres de formation et cursus éducatifs sur les géosciences et les matières multidisciplinaires.

## Références bibliographiques

- ADEME, 2018. Aménager avec la nature en ville - Des idées préconçues à la caractérisation des effets environnementaux, sanitaires et économiques.
- ADEME, 2015. Les phytotechnologies appliquées aux sites et sols pollués: état de l'art et guide de mise en oeuvre. EDP sciences, Les Ulis (Essonne).
- Baptist, F., Disca, T., Hellal, J., Limasset, E., Horiot, M., Binet, T., 2018. Mesure de la biodiversité et évaluation des services écosystémiques des milieux restaurés. Méthodes et retours d'expériences (No. 17- 1021/1A), RECORD. RECORD.
- Béchet, B., Bissonais, Y.L., Ruas, A., Schmitt, B., 2017. Sols artificialisés et processus d'artificialisation des sols : déterminants, impacts et leviers d'action - Synthèse de l'expertise scientifique collective 132.
- Blanchart, A., 2018. Vers une prise en compte des potentialités des sols dans la planification territoriale et l'urbanisme opérationnel 381.
- Blanchart, A., Calvaruso, C., Eglin, T., Pierart, A., Grand, C., 2019. Méthodologies d'évaluation des fonctions et des services écosystémiques rendus par les sols - Synthèse du séminaire du 12 juin 2019 à l'INRA d'ORLEANS Anne Blanchart(a), Christophe Calvaruso(b), Thomas Eglin(c), Antoine Pierart(c) et Cécile Grand(c).
- Born, C.-H., 2010. La protection juridique des sols en Région wallonne : une approche "désintégrée" p.20-53.
- Bourgeois, C., Martinez, C., Ohannessian, A., Marechal, A.-L., 2020. Guide IDfriches : Quels usages alternatifs pour les friches ? ID Friches 38.
- BRGM, 2020. Constitution de matériaux alternatifs en support de culture : reformation de sols urbains fertiles à partir de déchets pour végétaliser la ville - Retour d'expérience des projets de R&D sur la reconstitution et construction de sols.
- CDC Biodiversité, Humanité Biodiversité, 2021. Biodiv'2050 Mise en oeuvre de l'objectif de zéro artificialisation nette à l'échelle des territoires Mission économie de la biodiversité (No. Numéro 21).
- CEREMA, 2016. Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière - les matériaux de déconstruction issus du BTP (Guide d'application No. ISSN : 22776-0164), Références. CEREMA.
- Cherel, J., Séré, G., Boithias, L., Warot, G., Schwartz, C., Morandas, P., 2017. DESTISOL : Les sols, une opportunité pour un aménagement urbain durable.
- Colombano, S., Saada, A., Guérin, V., Bataillard, P., Bellenfant, G., Beranger, S., Hubé, D., Blanc, C., Zornig, C., Girardeau, I., 2010. Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices (No. RP-58609-FR.pdf). BRGM.
- Commission Européenne, 2012. Lignes directrices concernant les meilleures pratiques pour limiter, atténuer ou compenser l'imperméabilisation des sols (Document de travail).
- Coussy, S., Dubrac, N., 2020. Guide de valorisation hors site des terres excavées non issues de sites et sols pollués dans des projets d'aménagement [WWW Document]. URL [http://ssp-infoterre.brgm.fr/sites/default/files/upload/documents/2020\\_04\\_20\\_guide\\_valorisation\\_tex\\_non\\_ssp.pdf](http://ssp-infoterre.brgm.fr/sites/default/files/upload/documents/2020_04_20_guide_valorisation_tex_non_ssp.pdf) (accessed 4.27.21).
- Damas, O., Coulon, A., Bataillard, P., Benbrahim, M., Brun, F., Cannavo, P., Chenon, P., Coussy, S., Gossiaux, L., Guimont, S., Legret, M., Louvet, J.-C., Peyneau, P.-E., Rokia, S., Schwartz, C., Séré, G., Subileau, J., Vidal-Beaudet, L., 2016. Créer des sols fertiles. Du déchet à la végétalisation urbaine, Editions du Moniteur. ed. Antony.

- Desrousseaux, M., 2021. Projet SOILval - Policy Brief France – Etat des lieux et perspectives d'évolution de la qualité des sols en droit français dans un contexte d'aménagement, 6 pages.
- Drobnik, T., Greiner, L., Keller, A., Grêt-Regamey, A., 2018. Soil quality indicators – From soil functions to ecosystem services. *Ecological Indicators* 94, 151–169. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.052>
- European Commission, 2021. EU Soil Strategy for 2030 Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate - Communication from the commission to the European parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. Brussels, 17.11.2021 COM(2021) 699 final.
- European Commission, 2011. Communication to the EU Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Roadmap to a Resource Efficient Europe /\* COM/2011/0571 final \*/ 26p.
- France Stratégie, 2019. France Stratégie - Objectif « zéro artificialisation nette » : quels leviers pour protéger les sols ? 54.
- Godart, M.-F., Ruelle, C., 2019. Réduisons l'artificialisation des sols en Wallonie. Une information – Un projet de territoire – Des mesures applicables. Conférence Permanente du Développement Territorial. 86 p.
- Grand Est Agences d'Urbanisme, 2020. La Nature dans nos villes et villages Guide de mise en oeuvre dans les documents d'urbanisme.
- Grand Lyon, 2017. projet ville perméable Comment réussir la gestion des eaux pluviales dans nos aménagements ? Guide d'aide à la conception et à l'entretien.
- Hucq, A., 2021. Projet SOILval - Policy Brief Wallonie – L'intégration des qualités du sol dans le droit de l'aménagement du territoire, 6 pages.
- ID Friches, 2021. Fiche - Qu'est ce que le phytomanagement.
- Le Guern, C., Baudoin, V., Courtais, B., Houel, M., 2013. METOTRASS : Méthodologie optimisée pour l'évaluation des teneurs en éléments traces (As, Pb, Cu, Zn) dans les sols en domaine de socle : test sur le département de la Loire-Atlantique (No. BRGM/RP-63998-FR), BRGM.
- Liège Université, 2020. Logiciel NVE –Région atlantique. daptation, à la région atlantique wallonne, du logiciel Nature Value Explorer développé par le VITO, en vue de disposer d'un outil opérationnel d'évaluation des services écosystémiques en WallonieManuel utilisateur Juillet2020.
- Limasset, E., Merly, C., Bâlon, P., Desrousseaux, M., Quadu, F., Hucq, A., Born, C.-H., Malherbe, A., Baptist, F., 2021. Projet SOILval – Quelle prise en compte de la valeur des sols dans la planification et l'aménagement du territoire en France et en Wallonie. Pour une meilleure reconnaissance de la qualité des sols en contexte de mise en oeuvre des objectifs européens de zéro artificialisation nette - Analyse juridique et état de l'art (WP2).
- Merly, C., Baptist, F., Fournier, M., Limasset, E., Bâlon, P., Desrousseaux, M., Quadu, F., Hucq, A., Malherbe, A., Mefotie, F., 2021. Projet SOILval – Quelle prise en compte de la valeur des sols dans la planification et l'aménagement du territoire en France et en Wallonie. Pour une meilleure reconnaissance de la qualité des sols en contexte de mise en oeuvre des objectifs européens de zéro artificialisation nette – Synthèse des consultations avec les parties prenantes (WP3).
- Monfort, D., Limasset, E., 2019. Etude des interactions entre fonctions du sol et stratégie foncière en contexte urbain dégradé. (No. Rapport final BRGM/ RP-68659-FR).
- Monfort, D., Limasset, E., Mossman, J.-M., Lafeuille, C., Demeyer, L., 2020. Sensibiliser les acteurs de l'aménagement à l'importance des fonctions du sol et des services rendus lors de projets

- de reconversion de friches urbaines: Retour d'expérience en métropole lilloise. Etude et Gestion des Sols, 27, 377-392.
- Morel, J.-L., 2010. Stratégies de remédiation in situ des sols pollués - la phytoremédiation. p. 5. Parlement Européen, 2021. Résolution du Parlement européen du 28 avril 2021 sur la protection des sols.
- Plante&Cité, Valterra, Rittmo Agroenvironnement, ACTeon, Luc Durand, IFFSTAR, BRGM, Université de Lorraine-GISFI, Agrocampus Ouest-INHP, 2015. Programme SITERRE - Procédé de construction de Sols à partir de matériaux Innovants en substitution à la TERRE végétale et aux granulats de carrière - Rapport final, Ademe.
- Quadu, F., Bâlon, P., Limasset, E., Malherbe, A., 2021a. Projet SOILval - Fiche technique « La désimpermeabilisation des sols, pour un retour de la nature en milieu urbain ».
- Quadu, F., Bâlon, P., Limasset, E., Malherbe, A., 2021b. Projet SOILval – Fiche Technique, « Le génie pédologique pour recréer des sols fertiles... ».
- Quadu, F., Bâlon, P., Limasset, E., Malherbe, A., 2021c. Projet SOILval - Fiche Technique « Face aux défis de lutte contre l'artificialisation et étalement urbain en France et en Wallonie : 7 fiches pour vous accompagner à considérer les fonctions écologiques des sols en planification et aménagement du territoire. ».
- Quadu, F., Bâlon, P., Limasset, E., Malherbe, A., 2021d. Projet SOILval - Fiche Technique « SOL et sol... un accord parfait? ».
- Quadu, F., Bâlon, P., Limasset, E., Malherbe, A., 2021e. Projet SOILval - Fiche Technique « Le SDC et le SCoT... au service de la qualité écologique du sol. ».
- Quadu, F., Bâlon, P., Limasset, E., Malherbe, A., 2021f. Projet SOILval - Fiche Technique « L'évaluation environnementale... ou comment améliorer la qualité écologique des sols. ».
- Quadu, F., Bâlon, P., Limasset, E., Malherbe, A., 2021g. Projet SOILval – Fiche Technique « Connaitre la qualité des sols en France et en Wallonie et les outils d'aide à la décision en appui à la refonctionnalisation des sols. ».
- Quadu, F., Malherbe, A., Limasset, E., Merly, C., Bâlon, P., Desrousseaux, M., Hucq, A., Baptist, F., 2021h. Projet SOILval - Note R&D « Besoins en recherche et développement pour une meilleure intégration de la qualité des sols dans la planification et l'aménagement du territoire », 18 pages.
- RECORD, 2021. Outil de conception et de suivi de la réhabilitation écologique de sites dégradés intégrant les solutions fondées sur la nature. Exemples d'application en contexte urbain, 2021, 111 p, n°19-1024/1A.
- Séré, Chérel, Blanchart, Warot, Schwartz, 2018. Prise en compte des potentialités des sols dans l'aménagements urbain: du projet à la planification. Destisol & SUPRA. Séminaire ICGS.
- Stephenne, N.R., Beaumont, B., Veschkens, M., Palm, S., Charlemagne, S., 2015. Spatial data uncertainty in a webgis tool supporting sediments management in Wallonia. The International Archives of the Photogrammetry, XL-3/W3.
- Tagourdeau, O., Hellal, J., Montfort, D., Limasset, E., Chauvin, C., de, E., 2020. Enjeux de la reconversion d'une friche et comment évaluer la réhabilitation écologique d'un sol degrade - Synthèse - Evaluation des services et des fonctions lors de la restauration écologique d'une friche Projet Bio-TUBES.

## Annexe 1 – Synthèse des programmes/ bases de données ou couches de données en lien avec la qualité des Sols

Tableau 1. Programmes/ bases de données intégrant la notion de qualité des sols en France.

Programme/ba se de données/projet	Couverture géographiqu e	Types de sols visés		Objectifs initiaux								
		Sols agricoles/na turels	Sols urbains	Evaluer la qualité des sols artificialisés	Evaluer la qualité des sols non- artificialisés	Evaluer la fertilité (caractérisat ion physico- chimique) pour un usage agricole	Evaluer les impacts naturels sur les sols	Evaluer les impacts anthropique s sur les sols	Réutilisation des terres excavées	Infiltratio n des eaux pluviales urbaines	Connaiss ance générale des sols	
IGCS (DoneSol)	nationale	x			x	X						X
RMQS (DoneSol)	nationale	x	(x) (quelques sites)	(X)	x	X	x	x				X
BDETM	nationale	x			x			x				x
BDAT	nationale	x			x	X						x
BDSolU	nationale	x	x	x	x			x	x			
ASPITET	nationale	x			x		x	x				x
Inventaire minier national	nationale	x			x							
RENECOFOR	nationale	x			x		x	x				x
ORB	nationale	x	X		x	x	x	x				
GeoBaPa	territoriale	x	x	x	x			x	x			
METOTRASS	département ale	x			x			x				
RMQS Biodiversité	région	x			x	x	x	x				x
PHOEBUS (idem Tours, Lyon, Brest)	métropole	x (sur territoire de la Métropole de Rennes)	x	x	x						x	
SUPRA	métropole		x	x				x				

Tableau 2. Les couches de données intégrant la notion de qualité des sols en Wallonie.

Couches de données	Couverture géographique	Types de sols visés		Objectifs initiaux								
		Sols agricoles/ naturels	Sols urbains	Evaluer la qualité des sols artificialisés	Evaluer la qualité des sols non- artificialisés	Evaluer la fertilité (caractérisat ion physico- chimique) pour un usage agricole	Evaluer les impacts naturels sur les sols	Evaluer les impacts anthropiques sur les sols	Réutilisati on des terres excavées	Infiltration des eaux pluviales urbaines	Connaiss ance généra le des sols	
Carte numérique des sols de Wallonie (CNSW)	territorial	x	X <sup>1</sup>	x	x	x					x	x
Carte des principaux types de sols de Wallonie	territorial	x	x	x	x						x	x
WALOUS	territorial	x	x					x	x			x
IPRFW	territorial	x			x			x				x
REQUASUD	territorial	x			x	x		x				x
CARBIO SOL	territorial	x			x			x	x			x
ERRUISOL (érosion et ruissellemen t)	territorial	x		x	x			x	x		x	
LIDAXES	territorial	x						x	x		x	
BDES	territorial <sup>2</sup>	x	x					x	x			

<sup>1</sup> les sols urbains ne sont pas tous cartographiés sur la Wallonie

<sup>2</sup> selon inventaire des terrains pollués et potentiellement pollués et opportunités d'analyses

## Annexe 2 - Synthèse des outils d'aide à la décision qui permettent de considérer les fonctions écologiques des sols artificialisés et services écosystémiques associés

Tableau 3. Outils d'aide à la décision (OAD) recensés dans SOILval qui permettent de considérer les fonctions écologiques des sols artificialisés à l'échelle de la parcelle.

Nom de l'OAD	Objectifs majeurs de l'OAD	Echelle	Intégrations des fonctions du sol	Intégration des SE	Accès
DESTISOL (Fr)	Fournir aux acteurs de la programmation urbaine (aménageur, établissement public, collectivités locales...), dans les phases de conception « amont » de leurs projets, des recommandations en matière d'usages ou de destinations à donner aux sols urbains disponibles	Site	x		Rapport public et articles. Projet de maturation en cours DESTISOL'AU
Bio-TUBES (Fr)	Evaluer les SE et les fonctions écologiques des sols lors de la re-fonctionnalisation des sols dégradés après une opération de réhabilitation écologique d'une friche	Site	x	x	Rapport public
MEL Fonctions du sol (Fr)	Démarche d'identification et d'évaluation des fonctions des sols et SE associés – grille de repérage en appui à la stratégie foncière	Site	x	x	Rapport public et articles
RECORD 1 (Fr)	Mesure de la biodiversité et évaluation des SE des milieux restaurés. Méthodes et retours d'expériences	Site	x	x	Rapport public + outil accès réservé RECORD
RECORD 2 (Fr)	Outil de conception et de suivi de la réhabilitation écologique de sites dégradés intégrant les solutions fondées sur la nature. Exemples d'application en contexte urbain	Site	x	x	Rapport public + outil accès réservé RECORD
Nature Value Explorer (NVE) Wallonie (Wal)	Savoir comment son projet peut avoir une incidence sur les SE et le bien-être humain. Possibilité de créer son propre scénario.	Site et territoire		x	Outil accès libre (interface web)
Outil GAMMA (Wal)	Grille d'Analyse Multicritère pour les Méthodes d'Assainissement des sols pollués pour tenir compte de la notion d'assainissement intrinsèquement durable. Outil à destination des experts sols agréés dans le cadre du Décret sol.	Site	x		Rapport et fichier Excel accessible
Bénéfriches (Fr)	Evaluer les bénéfices socio-économiques de la reconversion de friches pour lutter contre l'artificialisation. Outil Bénéfriches	Site		x	Outil accès libre (classeur Excel)





Soil and land  
research funding  
platform for Europe

[www.soilver.eu](http://www.soilver.eu)