

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 œuvre des objectifs européens de zéro artificialisation nette

Etat de l'art juridique et technique (WP2)

EXPERTISES

 Soil and land research funding platform for Europe

Nov.
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 Thomas Eglin (ADEME), Isabelle Feix (ADEME), Cécile Grand (ADEME) et Anne Le Franc (ADEME) ;
- Les personnes suivantes pour leur appui pour relecture attentive du rapport Philippe Bataillard (BRGM), Cécile le Guern (BRGM), Antonio Bispo (INRAe), Thomas Eglin (ADEME), Esther Goidts (SPW), Patrick Engels (SPW), et Arnaud Warin (SPW).

Les représentants des partenaires du consortium de recherche SOILval ayant participé au projet SOILval sont Elsa Limasset (BRGM), Corinne Merly (BRGM), Pauline Bâlon (BRGM), Alain Malherbe (UCLouvain – CREAT), Fiorella Quadu (UCLouvain – CREAT), Aurélien Hucq (UCLouvain – SERES), Charles-Hubert Born (UCLouvain-SERES), Maylis Desrousseaux (CNAM), Marie Fournier (CNAM), Falonne Méfotie (CNAM) et Florence Baptist (Biotope).

CITATION DE CE RAPPORT

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 œuvre des objectifs européens de zéro artificialisation nette - Analyse juridique et état de l'art (WP2) - 111 pages.

Cet ouvrage est disponible en ligne sur :

<https://librairie.ademe.fr/> ;

<https://sol.environnement.wallonie.be/home/sols/projets-et-recherches.html>

<https://www.soilver.eu/news/>

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME, le SPW et la plateforme SOILVER

ADEME

20, avenue du Grésillé

BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat ADEME : 2003C0059

Arrêté ministériel du 28/11/20 pour le projet SOILval

Étude réalisée par Elsa Limasset, Corinne Merly, Pauline Bâlon, Maylis Desrousseaux, Fiorella Quadu, Aurélien Hucq, Charles-Hubert Born, Alain Malherbe, et Florence Baptist pour le projet SOILval financé par la plateforme européenne SOILVER (ADEME et SPW)

Projet de recherche coordonné par le BRGM

Appel à projets de recherche : SOILVER

Coordination technique - ADEME : Thomas EGLIN

Direction/Service : Direction Bioéconomie et Energies Renouvelables

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	8
1.1. Contexte	8
1.2. Problématique du projet SOILval	9
1.3. Objectifs généraux du projet SOILval	10
1.4. Objectifs et méthodes de l'analyse juridique et état de l'art	10
1.4.1 Analyser le contexte juridique de prise en compte de la qualité des sols dans le droit et les instruments d'aménagement du territoire	11
1.4.2 Améliorer la connaissance des solutions techniques opérationnelles, des outils en appui et de la connaissance de la qualité du sol	11
2. LES CONCEPTS CLES DE L'ETUDE	13
2.1. Sol	13
2.2. Occupation, utilisation et affectation du sol	13
2.3. Biodiversité et biodiversité des sols	14
2.4. Ecosystème, écosystème urbain, services écosystémiques	14
2.5. Bénéficiaires de SE, évaluation et valeurs associées aux services écosystémiques	18
2.6. Fonctions portées par les sols	14
2.7. Notion de qualité d'un sol	19
2.8. Concept de valeurs des sols	19
2.9. Refonctionnalisation d'un sol	20
2.10. Artificialisation	20
2.11. Désartificialisation et renaturation d'un sol	21
2.12. Zéro Artificialisation Nette (ZAN)	21
2.13. Solutions fondées sur la nature et infrastructures vertes	21
3. LA NOTION DE QUALITE DES SOLS EN DROIT FRANÇAIS: ETAT DES LIEUX ET PERSPECTIVE D'EVOLUTION VERS UNE APPROCHE PEDOLOGIQUE	22
3.1. Introduction	22
3.2. La qualité d'usage des sols, un objet connu du droit	22
3.2.1 La qualité agronomique des sols	22
3.2.1.1 En droit rural	22
3.2.1.2 En droit de l'urbanisme	23
3.2.2 La qualité physique des sols	24
3.2.2.1 En droit civil et droit des assurances	24
3.2.2.2 En droit des risques	24
3.2.3 La non dangerosité ou toxicité des sols	24
3.3. Les qualités environnementales des sols, une reconnaissance indirecte	26
3.3.1 Le sol habitat de biodiversité	26
3.3.2 Le sol garant de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques	27
3.3.2.1 Les zones humides à l'interface sol/eau	27
3.3.2.2 L'imperméabilisation des sols	28
3.3.2.3 La protection du service d'écrêtement des crues des sols par les zones de rétention temporaire des crues et des zones de mobilité des cours d'eau	28
3.3.3 La reconnaissance progressive de la qualité intrinsèque des sols en droit de l'urbanisme	29
3.4. De la connaissance à la restauration de la qualité des sols	30

3.4.1	Des qualités sous-évaluées dans les évaluations environnementales des projets	30
3.4.2	La remise en état des sites et sols pollués	30
3.4.3	La restauration écologique (anecdotique) des sols dégradés	31
3.4.4	De la renaturation à la désartificialisation des sols.....	31
3.4.4.1	L'eau	32
3.4.4.2	Les réserves naturelles	32
3.4.4.3	Le développement écologique des territoires	33
4.	LA QUALITE DES SOLS EN DROIT WALLON DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE	34
4.1.	Introduction	34
4.2.	La protection du sol en droit wallon	34
4.2.1	Quelques considérations générales sur le sol en droit wallon	34
4.2.2	Le sol et son décret	35
4.3.	Le sol en droit wallon de l'aménagement du territoire.....	39
4.3.1	La planification et le sol	39
4.3.1.1	Les schémas et le sol	40
a)	Schéma de développement territorial (« SDT ») et le sol.....	41
b)	Schéma de développement communal (« SDC ») et le sol.....	43
c)	Schéma d'orientation local (« SOL ») et le sol	44
4.3.1.2	Le plan de secteur et le sol	45
a)	Zonages en affectation et en surimpression	45
i.	Prescriptions des différentes zones destinées ou non à l'urbanisation.....	45
ii.	Périmètres en surimpression.....	47
b)	Compensation lors de la révision du plan de secteur	47
4.3.2	Évaluation des incidences environnementales des plans et schémas.....	48
4.3.2.1	Prise en compte de la qualité des sols dans l'évaluation des incidences	48
4.3.2.2	Prise en compte des incidences du rapport des incidences environnementales	49
4.3.3	Urbanisme et le sol.....	49
4.3.3.1	Guides d'urbanisme	49
4.3.3.2	Permis d'urbanisme.....	50
a)	Actes et travaux soumis à permis d'urbanisme.....	50
b)	Évaluation des incidences des projets d'urbanisme.....	51
c)	Liens avec le Décret Sols et sur la loi sur la conservation de la nature	52
d)	Conditions et charges d'urbanisme.....	52
4.3.4	Urbanisme opérationnel	53
4.4.	Remarques conclusives	54
5.	LES SOLUTIONS OPERATIONNELLES DE REFUNCTIONNALISATION DES SOLS	55
5.1.	Introduction	55
5.2.	Les solutions de désimperméabilisation	56
5.2.1	Notions de désimperméabilisation.....	56
5.2.2	Présentation des techniques de désimperméabilisation et échelles d'application... ..	57
6.2.2.1	Les actions ayant une emprise foncière limitée	57
5.2.2.2	Les actions ayant une emprise foncière importante – Macro-interventions.....	58
5.2.3	Quelles fonctions et services concernés.....	58
5.2.4	Préoccupations politiques et contexte réglementaire et méthodologique.....	59
5.2.5	Acteurs identifiés dans la mise en œuvre.....	60
5.2.6	Degré d'application, freins et perspectives pour appuyer le ZAN.....	60

5.3. Les solutions de génie pédologique : construction de sol et la reconstitution de sols	62
5.3.1 Notion de construction de sol et de reconstitution de sols.....	62
5.3.2 Quelles fonctions et services concernés ?.....	64
5.3.3 Contexte réglementaire.....	65
5.3.4 Echelles d'application et notions de couts	66
5.3.5 Les besoins des acteurs et les initiatives existantes.....	66
5.3.6 Degré d'application, freins et perspectives pour appuyer le ZAN.....	67
5.4. Les solutions de phytoremédiation	68
5.4.1 Notions de phytoremediation et phytomanagement.....	68
5.4.2 Les différentes techniques de phytoremédiation	69
5.4.3 Quelles fonctions et services concernés.....	71
5.4.4 Contexte réglementaire et méthodologique	72
5.4.5 Echelles d'applications	72
5.4.6 Acteurs identifiés pour sa mise en œuvre.....	73
5.4.7 Degré d'application, freins et perspectives pour appuyer le ZAN.....	73
6. LA CONNAISSANCE SUR LA QUALITE DES SOLS EN FRANCE ET EN WALLONIE	75
6.1. Introduction	75
6.2. Les bases de données en appui à la connaissance de la qualité des sols en France ..	76
6.3.1 Organisation des connaissances nationales.....	76
6.3.2 Démarches locales ou territoriales	79
6.3. La connaissance de la qualité des sols en Wallonie	81
6.4. Ce que l'on peut retenir.....	84
6.4.1 Diversité dans les données mises à disposition.....	84
6.4.2 Différence de couverture de données entre zones urbaines et zones agricoles	87
6.4.3 Standardisation de la collecte des données mais manque de référentiels.....	88
6.4.4 Mise disposition des données et perspectives d'évolution	88
6.4.5 Quel apport des bases dans la planification du territoire et l'aménagement de sites	90
6.4.5 Format des données	91
7. LES OUTILS D'AIDE A LA DECISION EN APPUI A LA RE FONCTIONNALISATION DES SOLS	92
7.1. Introduction	92
7.2. Les OAD en appui à la re fonctionnalisation des sols artificialisés revus dans SOILval	93
7.3. Ce que l'on peut retenir.....	97
7.3.1 Similitudes et différences dans les objectifs visés par les OAD	97
7.3.2 Prise en compte de la qualité des sols en termes de fonctionnalité des sols et des SE	97
7.3.3 Transfert et accès des connaissances vers leur prise en main des OAD par les parties prenantes.....	98
7.3.4 Besoins d'indicateurs pertinents et de référentiels de données.....	99
8. CONCLUSION / PERSPECTIVES.....	100

RÉSUMÉ

L'objectif du projet SOILval est de permettre une meilleure reconnaissance de la valeur des sols, notamment de qualité des sols en contexte de lutte contre l'artificialisation des sols et de gestion économe de l'espace, suite aux objectifs de Zéro artificialisation nette (ZAN) fixés par l'Europe d'ici 2050. En France, cet objectif s'inscrit dans le cadre du "Zéro Artificialisation Nette" prévu par le gouvernement français au travers du Plan Biodiversité (2018) et concrétisé par l'adoption de la loi dite « climat et résilience » du 22 août 2021. En Wallonie, il est intégré dans le cadre de la Déclaration de Politique Régionale (2019-2024).

Le projet SOILval, dans le cadre de son Work Package 2 a permis de faire un état des lieux juridique et technique de la reconnaissance du concept de valeur des sols (ou qualité des sols) dans la planification et l'aménagement du territoire en France et en Wallonie. Il a également permis de réaliser un état des lieux des solutions opérationnelles de refunctionalisation de sols avec les outils d'aide à la décision et données de qualité des sols en appui. En amont de l'état de l'art et de l'analyse juridique, un certain nombre de concepts clés a été revu, notamment pour vérifier si les définitions en France et Wallonie pour un langage commun dans le cadre du projet.

La première partie de la revue juridique repose sur une analyse de la prise en compte de la qualité des sols en droit français. Une analyse des textes identifiés comme prenant le mieux en compte la qualité des sols dans ses différentes acceptions est proposée. 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. 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.

La deuxième partie de la revue juridique met en avant la manière d'appréhender le sol dans le droit wallon. Le CoDT (Code du Développement territorial), qui régit 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 la doctrine pertinentes. Cette recherche vise spécifiquement à analyser comment le droit de l'aménagement du territoire appréhende le sol et sous quelles modalités.

Un état de l'art a été réalisé sur les solutions opérationnelles de refunctionalisation des sols artificialisés qui encouragent par définition une prise en compte des fonctions du sol. Ces solutions peuvent reposer par exemple sur de la dépollution, de la désimperméabilisation, de la construction/reconstitution de sols. Pour chacune de ces solutions, une revue est proposée sur les principes de mise en œuvre, leur intégration des fonctions écologiques des sols et les services écosystémiques associés. Selon les solutions, elles permettent de garantir à nouveau des fonctions telles que l'infiltration, l'épuration, le stockage du CO₂, la production de biomasse et le support de biodiversité, etc. La revue met aussi en avant les avantages et freins à la mise en œuvre de ces solutions.

L'état de l'art s'intéresse également au degré d'opérationnalité des outils d'aide à la décision français et wallons pouvant accompagner sur des projets de refunctionalisation des sols, ainsi que les connaissances sur la qualité des sols françaises et wallonnes qui peuvent venir en appui (bases de données, couches de données géographiques, etc.). Concernant les outils d'aide à la décision, sont principalement visés les outils, encourageant la prise en compte de la qualité du sol en termes de fonctions, voire proposant des analyses coûts/bénéfices à partir des services écosystémiques.

ABSTRACT

The objective of the SOILval project is to enable better recognition of the value of soils, and more specifically of soil quality in the context of the zero net land take and land management. In France, this objective is part of the "Zero Net Artificialisation» (ZAN) objective initially introduced by the French government through the Biodiversity Plan (2018) and then by the recent "climate and resilience" law of 22 August 2021. In Wallonia, it is integrated into the framework of the Regional Policy Declaration (2019-2024).

The SOILval project, as part of its Work Package 2, proposed to draw up a legal and technical analysis of the recognition of the concept of soil value (or soil quality) in regional planning and development in France and Wallonia. It also made it possible to carry out a state of the art of operational solutions for soil refunctionalisation with decision support tools and supporting soil quality data. Prior to the state of the art and the legal analysis, a number of key concepts were reviewed, in particular to check whether relevant definitions in France and Wallonia were compatible for a common language within the project.

The first part of the legal review is based on an analysis of the consideration of soil quality in French law. An analysis of the relevant texts taking the best account of soil quality in its various meanings is proposed. This legal state of the art selectively considers the texts of French law, both legislative and regulatory, which are being used in the case of changes in land use. The branches of law analysed are as follows: environmental law, rural law, forestry law, and more anecdotally, town planning law, public health law and local authority law. This choice stems on the one hand from the project's objectives and the stakeholders it mobilises, and on the other hand from the work already carried out on the consideration of soil in urban planning.

The second part of the legal review highlights the way in which soil is dealt with in Walloon law. The CoDT (Code du Développement Territorial), which governs Walloon land use and urban planning, is the main focus. Its analysis follows a preliminary examination of soil protection in Walloon law and more specifically the Soil Decree. The methodological approach is the one classically used in law, based on the relevant legislation, case law and doctrine. This research specifically aims to analyse how spatial planning law deals with soil and in what ways.

A state of the art has been carried out on operational solutions for the "refunctionalisation" of artificial soils which, by definition, encourage the consideration of soil functions. These solutions can be based, for example, on depollution, de-sealing or soil construction/reconstruction. For each solution, a review is proposed on the implementation principles, the integration of ecological functions with associated ecosystem services and on the advantages and obstacles to the implementation of these solutions. Depending on the solutions, they can guarantee soil functions such as infiltration, purification, CO₂ storage, biomass production and support for biodiversity, etc.

The state of the art also considered the degree of operability of the French and Walloon decision support tools that can assist stakeholders in soil refunctionalisation projects, as well as the French and Walloon soil quality knowledge base that can provide support. With regard to decision-making tools, the main focus is on tools that encourage the consideration of soil quality in terms of functions, or propose cost/benefit analyses based on ecosystem services concepts.

1. Introduction

1.1. Contexte

Le développement urbain et l'imperméabilisation des sols sur les terres naturelles, agricoles et forestières se poursuivent en Europe. Aujourd'hui, 3,5 millions d'hectares sont artificialisés en France, soit 6,4% du territoire. Entre 20 000 et 30 000 hectares sont grignotés chaque année sur la nature et les terres agricoles, soit plus de 4 terrains de football par heure (GT CCC, 2020). En Wallonie, en 30 ans, les terrains artificialisés ont progressé de 39 % pour atteindre en 2015 au moins 10 % du territoire wallon (CPDT, 2019). Entre 2010 et 2015 environ 12 km² sont artificialisés principalement des terres agricoles pour accueillir du bâti résidentiel. Ce sont essentiellement les terres agricoles qui pâtissent de ce phénomène (Godart and Ruelle, 2019). L'« artificialisation des sols » est considérée, voire dénoncée, comme un des principaux facteurs de dégradation des sols et de pertes de ces espaces au profit du développement urbain et artificiel des terres (Béchet et al., 2017).

L'artificialisation des sols porte en effet considérablement atteinte à la biodiversité et aux fonctions écologiques des sols (GT CCC, 2020), (France Stratégie, 2019a), (Born, 2010). En effet, les impacts directs de cette artificialisation sont la diminution de la biodiversité des sols, des habitats pour la flore et la faune, un risque de pollution des sols accru (pollution diffuse ou ponctuelle), une capacité réduite d'infiltration de l'eau et plus de ruissellement. L'artificialisation réduit aussi la capacité de stockage de carbone du sol contribuant ainsi au dérèglement climatique, encourage la formation d'îlots de chaleur et l'augmentation de la pollution de l'air et du bruit. Elle impacte ainsi de nombreux services rendus par les écosystèmes auxquels contribuent les sols. Elle perturbe le bon écoulement des eaux, voire augmente les risques naturels liés au ruissellement. Par la réduction des espaces agricoles qu'elle implique, elle limite aussi la productivité alimentaire. Enfin, l'étalement urbain s'accompagne d'une dépendance à la voiture, augmente les déplacements et éloigne les populations des emplois et des services publics.

Actuellement, malgré les initiatives régulières de la Commission européenne depuis la Stratégie thématique européenne pour les Sols de 2006 (Commission des communautés européennes, 2006) jusqu'à la création de la Mission « sol » en 2020, les législations portant sur l'aménagement du territoire ne prennent pas encore en compte la qualité du sol de manière intégrée, systématique et écologiquement cohérente, en particulier lors de l'examen des changements d'utilisation des sols (Born, 2010). Une nouvelle Stratégie européenne sur « Des sols sains » est cependant en préparation¹. Les études portant sur l'évaluation des valeurs du sol, telles que les fonctions d'un sol et services écosystémiques (SE) associés ne sont pas requises par les processus de décision de planification et d'aménagement sur ces territoires. Le sol y est depuis longtemps considéré, de son point de vue juridique, comme un terrain à bâtir avec une valeur foncière. Les politiques publiques reposent en effet sur des réglementations cloisonnées entre différents secteurs (agriculture, sylviculture, environnement, urbanisme, biodiversité, etc.). Selon (Bierry et al., 2015), cette situation se traduit également par une multiplication de décisions croisées entre autorités compétentes qui sont devenues aujourd'hui des contraintes pour aller vers des approches plus intégratives de l'ensemble des valeurs des sols.

Selon (Born, 2010), les sols, au même titre que l'eau et la végétation font partie d'écosystèmes complexes. Ils ne peuvent dès lors être gérés séparément, bien que la protection de l'environnement soit compartimentée. Depuis, les travaux du Millenium Ecosystem Assessment (MEA), du groupe de travail international sur les sols de la FAO (FAO, 2015) ainsi que le rapport de l'IPBES sur la dégradation et la restauration des terres (IPBES, 2018) de même que la réflexion sur la cartographie des SE au niveau européen (EC DG ENV, 2018) offrent une nouvelle grille de lecture, tournée vers la reconnaissance des fonctions et des services rendus par les sols. La qualité des sols *via* le concept de service peut également permettre la reconnaissance et la protection de leur valeur environnementale. Cette valeur correspond à certaines aménités rendues par les sols, telles que la contemplation d'un paysage, mais aussi aux seules fonctions écologiques qui s'apprécient indépendamment de tout bénéfice humain (Desrousseaux, 2021). Ainsi, des cadres conceptuels de prise en compte et d'évaluation des SE ont été développés ces dernières

¹ 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

années en France et en Wallonie : « l'évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques² (EFESE) et le « Cadre d'évaluation Wal-ES »³ (Wal-ES, 2016).

Afin d'inverser le phénomène d'artificialisation, pour des raisons environnementales mais aussi d'autonomie alimentaire, la Commission européenne a fixé un objectif de « zéro artificialisation nette » (ZAN) d'ici 2050 dans sa « Feuille de route pour une Europe économe en ressources » (European Commission, 2011). Depuis, certains Etats Membres essaient de réduire de manière progressive l'artificialisation (Godart and Ruelle, 2019). Chaque pays est libre d'organiser son propre plan d'actions dans l'atteinte de ces objectifs. Le rapport 2018 de la plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les SE (IPBES, 2018) met effectivement en avant que, bien que d'importance globale, les sols sont principalement traités à l'échelle nationale, voire régionale en Europe.

En France, des objectifs de « ZAN » ont été fixés dans le Plan Biodiversité de 2019 (MTES, 2018), puis dans la loi climat et résilience du 22 août 2021, aux articles 191 à 226⁴. La circulaire sur la gestion économe de l'espace⁵ de 2019 avait auparavant demandé un renforcement de la mobilisation de l'Etat local en faveur d'une plus stricte application du droit en vigueur en matière de consommation de l'espace, et de gérer le territoire avec un objectif de convergence et de cohérence des politiques publiques en matière d'énergie, de climat, d'écologie, d'urbanisme, de cohésion et d'agriculture. La stratégie nationale bas carbone (SNBC) lancée en 2020 prévoit par ailleurs que l'artificialisation des espaces naturels, agricoles et forestiers doit être limitée et son rythme diminué en encourageant l'inscription de nouveaux projets d'aménagement dans l'enveloppe urbaine existante. Les propositions de la Convention citoyenne pour le climat (CCC) poursuivaient le même objectif de limiter drastiquement la consommation d'espace (GT CCC, 2020).

En Wallonie, le « Stop béton » a été annoncé sous l'ancienne législature par le gouvernement wallon à travers son nouveau Code de développement territorial (CoDT) (SPW, 2018) afin d'atteindre des objectifs de zéro artificialisation nette d'ici 2050. Depuis, l'objectif européen de ZAN n'apparaît pas explicitement en Région Wallonne. La Déclaration de Politique Régionale wallonne (2019-2024)⁶ encourage à court terme de poursuivre un objectif de réduction de la consommation des terres non artificialisées en la plafonnant d'ici 2025, en vue de freiner l'étalement urbain et d'y mettre fin à l'horizon 2050.

1.2. Problématique du projet SOILval

Bien que quelques collectivités ont déjà été amenées dans le cadre de leur stratégie foncière à considérer les fonctions ou services associés aux sols urbains (Monfort et al., 2020), les objectifs européens de ZAN n'ont à ce jour pas encore été déclinés de manière opérationnelle, ni en France, ni en Wallonie. Il existe cependant en France de nombreux outils réglementaires et économiques y compris de nature fiscale pour lutter contre l'artificialisation, mais ils sont encore mal articulés entre eux souvent facultatifs et peu utilisés (Comité pour l'économie verte, 2019). Des décrets d'application de la loi climat et résilience 2021 sont en attente également en France.

Pour suivre et évaluer l'atteinte des objectifs français et wallons en matière de réduction de l'artificialisation et d'étalement urbain, la prise en compte de la qualité des sols en termes de fonctions écologiques paraît primordiale. S'il importerait que l'objectif européen de ZAN se traduise par le suivi de l'imperméabilisation, du changement d'usage des sols et la forme du développement urbain (Feix, 2020), les autorités locales que ce soit en France ou en Wallonie ont besoin d'être accompagnées et d'accéder à des ressources pour une meilleure compréhension de la qualité des sols dans une optique de recyclage de leur foncier, notamment en contexte de désartificialisation (ou renaturation). Même si une désartificialisation conduit, dans la majorité des cas, à ne restaurer que partiellement l'écosystème d'origine, il serait possible d'atteindre le ZAN en mettant en œuvre des mesures ambitieuses en termes d'urbanisme avec un niveau d'artificialisation résiduelle pouvant être compensé par de la renaturation, et sous réserve qu'un modèle économique adapté permette d'en rendre le coût raisonnable (France Stratégie, 2019a). Ainsi se pose une série de questions auxquelles le projet SOILval va tenter de répondre

² <https://www.ecologie.gouv.fr/levaluation-francaise-des-ecosystemes-et-des-services-ecosystemiques>

³ <http://www.wal-es.be/fr/wal-es.html?IDC=5732>

⁴ [Légifrance - Publications officielles - Journal officiel - JORF n° 0196 du 24/08/2021 \(legifrance.gouv.fr\)](https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043411)

⁵ [Instruction du Gouvernement du 29 juillet 2019 relative à l'engagement de l'État en faveur d'une gestion économe de l'espace \(https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf/circ?id=44820\)](https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf/circ?id=44820)

⁶ https://www.wallonie.be/sites/default/files/2019-09/declaration_politique_regionale_2019-2024.pdf

dans le cadre de ses différents Work package. Quelles sont les techniques opérationnelles en réaménagement aujourd'hui qui intègrent au mieux les fonctions écologiques des sols dans un projet de désartificialisation (ou renaturation) ? Quels sont les outils d'aide à la décision et les connaissances en qualité des sols en appui pour accompagner dans le choix de projets de réaménagement ? Quels sont les outils de planification et de développement territorial adaptés à cette prise en compte ? Quels sont les leviers ou blocages juridiques pour cette mise en œuvre ? Quelles perspectives d'améliorations peuvent être envisagées ?

Note : Pour faciliter la lecture de ce document, ces objectifs européens seront par la suite cités comme « objectifs Zéro Artificialisation Nette ou ZAN », que ce soit en référence aux objectifs français de « Zéro Artificialisation Nette » ou objectifs wallons de réduire l'artificialisation et l'étalement urbain.

1.3. Objectifs généraux du projet SOILval

L'objectif du projet SOILval est de permettre une meilleure reconnaissance de la valeur des sols - reposant sur la notion de qualité des sols, et la notion de fonctions des sols et SE associés – dans la planification et l'aménagement du territoire en France et en Wallonie, et plus particulièrement en contexte des objectifs de ZAN encouragés par l'Europe.

Le projet SOILval vise à évaluer comment ce concept de valeur des sols est reconnu et intégré en France et en Wallonie dans les instruments juridiques et processus décisionnels de planification. Le projet étudie également comment ce concept est intégré dans les solutions opérationnelles de refunctionalisation des sols. Les outils d'aide à la décision pour la mise en œuvre de ces solutions opérationnelles et la connaissance de la qualité des sols en appui sont revus en parallèle.

Sur la base d'un cadrage sur les concepts clés, le projet se décline en 5 sous- objectifs.

- 1) Réaliser une analyse juridique sur l'intégration de la notion de qualité des sols et concept de SE associés dans les instruments d'aménagement du territoire et dans le droit interne en France et Wallonie ; identifier les principales difficultés et défis qui existent pour accompagner les processus décisionnels (objet du présent rapport – travaux du Work Package 2);
- 2) Améliorer la connaissance des solutions techniques et opérationnelles de refunctionalisation des sols, des outils français et wallons d'aide à la décision en appui à ces actions de refunctionalisation et de la connaissance sur la qualité des sols (objet du présent rapport – travaux du Work Package 2);
- 3) Sur la base de consultations, améliorer la connaissance des besoins, difficultés, retours d'expérience des acteurs français et wallons sur la mise en œuvre des solutions opérationnelles, des outils et contexte juridique intégrant la qualité des sols en contexte de ZAN (travaux du Work Package 3);
- 4) Analyser les résultats issus de l'état de l'art, de l'analyse juridique et les consultations d'acteurs afin de rédiger des recommandations pour mieux intégrer les valeurs des sols dans la planification de l'utilisation des terres, en particulier dans le contexte de la mise en œuvre du ZAN, à travers une série de fiches techniques, une note R&D et deux notes d'orientation de politique publique (travaux du Work Package 4) ;
- 5) Diffuser les résultats SOILval à travers les réseaux européens français et wallons existants (travaux du Work package 5).

1.4. Objectifs et méthodes de l'analyse juridique et état de l'art

L'objet de ce rapport est de présenter les résultats de l'état de l'art et de l'analyse juridique, réalisés dans le cadre du « Work Package 2 » du projet SOILval. Il se focalise sur les objectifs 1 et 2 mentionnés précédemment. L'état de l'art et l'analyse juridique reposent avant tout sur l'expertise pluridisciplinaire des partenaires du groupement SOILval, à savoir principalement des experts en sciences du sol, en gestion des sites et sols pollués, en écologie, en urbanisme/aménagement et en droit européen, français et wallon. Certains partenaires assurent la coordination de certains volets de l'expertise et participent aux croisements des points de vue, d'autres contribuent plus spécifiquement au chapitre relatif à leur strict domaine de spécialité. L'état de l'art et l'analyse juridique ont été ainsi réalisés dans le cadre de trois grands domaines thématiques : droit en aménagement du territoire, solutions opérationnelles de refunctionalisation des sols, outils d'aide à la décision et bases de données en appui.

Les résultats présentés dans ce rapport seront repris par les partenaires et abordés avec les parties prenantes dans le cadre du Work Package 3 « Consultation ». Ce travail constituera une base solide pour formuler des propositions dans le cadre du Work package 4 « Analyse et recommandations » et pour diffuser les connaissances dans le cadre du Work package 5.

1.4.1 Analyser le contexte juridique de prise en compte de la qualité des sols dans le droit et les instruments d'aménagement du territoire

Le groupement SOILval propose d'évaluer et analyser l'intégration de la qualité des sols dans les instruments juridiques français et wallons. La première partie de la revue juridique repose sur une analyse de la prise en compte de la qualité des sols en droit français. Une analyse des textes identifiés comme prenant le mieux en compte la qualité des sols dans ses différentes acceptions est proposée. 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. 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. La deuxième partie de la revue juridique met en avant la manière d'appréhender le sol dans le droit wallon. Le CoDT (Code du Développement territorial), qui régit 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. Cette recherche vise spécifiquement à analyser comment le droit de l'aménagement du territoire appréhende le sol et sous quelles modalités.

La revue juridique a reçu le soutien des experts du CNAM, de l'UCL SERES et l'UCL CREAT. La revue du sol en droit wallon de l'aménagement du territoire a également été appuyée par la réalisation d'un post doctorat encadré par l'UCL-SERES et sur la base de retour d'expériences des chercheurs de l'UCL- CREAT.

1.4.2 Améliorer la connaissance des solutions techniques opérationnelles, des outils en appui et de la connaissance de la qualité du sol

Le groupement SOILval propose de réaliser un état de l'art sur les solutions opérationnelles de refonctionnalisation des sols artificialisés qui encouragent par définition une prise en compte des fonctions du sol. Ces solutions peuvent reposer par exemple sur de la dépollution, de la désimperméabilisation, de la construction/reconstitution de sols. Il s'agit de mettre en avant quelle intégration des notions de fonctions portée par les sols et les SE associés elles proposent et quels sont les avantages et freins à la mise en œuvre de ces solutions. Le lien entre les solutions et la reconquête des fonctions écologiques liées au sol sera mis en avant pour chacune d'entre elles. En effet, selon les solutions, elles permettent de garantir à nouveau des fonctions telles que l'infiltration, l'épuration, le stockage du CO₂, la production de biomasse et le support de biodiversité...

L'état de l'art s'intéresse également au degré d'opérationnalité des outils d'aide à la décision français et wallons pouvant accompagner sur des projets de refonctionnalisation des sols, ainsi que les connaissances françaises et wallonnes sur la qualité des sols qui peuvent venir en appui (bases de données, couches de données géographiques, etc.). Concernant les outils d'aide à la décision, sont principalement visés les outils encourageant la prise en compte de la qualité du sol en termes de fonctions, voire proposant des analyses coûts/bénéfices à partir des services. En effet, il est proposé d'identifier si des outils opérationnels ou en vue d'être opérationnels permettent aujourd'hui d'évaluer les impacts négatifs et bénéfiques socio-économiques concernant la mise en œuvre des solutions opérationnelles de refonctionnalisation des sols et quelle place les valeurs des sols y occupe.

L'état de l'art sur les solutions techniques de refonctionnalisation, les outils d'aide à la décision et la connaissance sur la qualité des sols a principalement reçu le soutien des experts du BRGM, UCL-CREAT et Biotope. Il a été réalisé à partir de la revue de publications scientifiques, de littérature grise, de rapports issus de projets de R&D français et wallons passés ou en cours, et d'initiatives opérationnelles françaises et wallonnes (par ex. des communications sur des projets de réaménagements réalisés par des communes). Cet état de l'art s'est aussi appuyé sur des échanges ponctuels avec des acteurs français et wallons, fortement impliqués dans les thématiques sur la connaissance de la qualité des sols (en France avec l'appui du GIS SOL (Groupement d'intérêt scientifique SOL) et en Wallonie avec les experts du SPW).

2. Les concepts clés de l'étude

En amont de l'état de l'art et de l'analyse juridique, un certain nombre de concepts clés a été revu, notamment afin de vérifier si les définitions en France et Wallonie étaient compatibles afin d'assurer un langage commun dans le cadre du projet.

2.1. Sol

En France, il n'existe pas de politique nationale de protection des sols à proprement parlé, au même titre que pour d'autres milieux tel que l'eau. Il n'existe pas de définition réglementaire du mot « sol ». La Loi française Biodiversité a cependant introduit dans le code de l'environnement que les « sols concourent à la constitution de ce patrimoine [les espaces, ressources et milieux naturels terrestres et marins, les sites, les paysages (...), les êtres vivants et la biodiversité font partie du patrimoine commun.] » (Loi Biodiversité, 2016, Art L.110-1). En Wallonie, le sol fait partie intégrante du patrimoine commun de la Région Wallonne (art. 1§1 du Décret relatif à l'assainissement et à la gestion du sol du 1er mars 2018; voy. ég. L'article D.1 du Code de l'environnement qui dispose que "l'environnement et, notamment, (...) le sol (...) fait partie du patrimoine commun des habitants de la Région Wallonne"). Le sol est défini par le décret Sols comme étant "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° dudit décret).

Selon l'Association Française pour l'Etude du Sol (AFES, 2017), il est difficile de retenir une définition unique pour le terme sol. Par exemple, la définition de l'AFES qui ne se veut pas exhaustive est cohérente avec le décret Sol wallon. « Le sol est un volume qui s'étend depuis la surface de la Terre jusqu'à une profondeur marquée par l'apparition d'une roche dure ou meuble, peu altérée, ou peu marquée par la pédogenèse. L'épaisseur du sol peut varier de quelques centimètres à quelques dizaines de mètres, ou plus. Il constitue, localement, une partie de la couverture pédologique qui s'étend à l'ensemble de la surface de la Terre. Il comporte le plus souvent plusieurs horizons correspondant à une organisation des constituants organiques et/ou minéraux (la terre). Cette organisation est le résultat de la pédogenèse et de l'altération du matériau parental. Il est le lieu d'une intense activité biologique (racines, faune et micro-organismes) (AFES, 2017) ».

2.2. Occupation, utilisation et affectation du sol

Que ce soit en France ou en Wallonie, on peut distinguer les notions d'occupation, de l'utilisation et l'affectation du sol (Figure 1).



Figure 1 - Illustrations de l'occupation, de l'utilisation et de l'affectation du sol selon (Godart and Ruelle, 2019)

L'occupation du sol est définie par l'ONU comme « la couverture (bio-)physique de la surface des terres émergées ». Elle fait référence à des caractéristiques physiques, par exemple : espace boisé, herbacé, construit, etc. Selon (Godart and Ruelle, 2019), l'occupation du sol est largement étudiée par télédétection spatiale, notamment par l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE) au travers de sa base de données « Corine Land Cover » (CLC). Elle peut par ailleurs donner une indication de l'usage (ou du non-usage) que l'homme fait des espaces.

L'utilisation du sol fait référence aux activités ou usages que les humains déploient : par exemple, l'agriculture, l'habitat, l'activité économique, etc. (Godart and Ruelle, 2019). A une même occupation du sol, par exemple « végétation herbacée » pourrait correspondre plusieurs utilisations : un jardin résidentiel ou une prairie par exemple. De même, un type d'utilisation du sol peut recouvrir plusieurs types d'occupation : une zone résidentielle se compose de pelouses, de bâtiments, de surfaces imperméabilisées, etc.

L'affectation du sol désigne la ou les utilisation(s) que l'on peut juridiquement en faire. Elle est fixée par la réglementation urbanistique en vigueur, généralement sous forme de plan de zonage (« land use plan » en anglais) (Godart and Ruelle, 2019). En Wallonie, c'est principalement le plan de secteur qui définit l'affectation des sols. Certaines zones du territoire sont destinées à l'urbanisation (zones d'habitat, d'activités économiques, etc.) et d'autres ne sont pas destinées à l'urbanisation (zone agricole, zone d'espaces verts, etc.). En France, on utilise les notions de destinations et sous-destinations définies selon le code de l'urbanisme. Et les notions d'usages en gestion de la pollution d'installations classées selon le code de l'environnement. En Wallonie, le Décret sol définit cinq usages pour distinguer différents scénarios d'évaluation des risques posés par une pollution du sol : I – naturel, II – agricole, III – résidentiel, IV – récréatif ou commercial, V – industriel ⁷. Ces cinq usages sont ensuite croisés avec les usages de fait⁸ et les usages de droit (liés aux plans de secteur)⁹, et ce afin de pouvoir fixer les scénarios à considérer pour l'évaluation des risques et les éventuels objectifs d'assainissement des sols

2.3. Biodiversité et biodiversité des sols

Selon le texte original de la Convention sur la diversité biologique (CDB) ainsi que l'Article L. 110-1 du Code de l'environnement, la biodiversité (ou diversité biologique) se définit comme la « variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie : cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes. » (Nations Unies 1992). La biodiversité du sol peut être définie comme la variation de la vie du sol, des gènes aux communautés, des fonctions qu'elle assure et les complexes écologiques dont ils font partie. La biodiversité des sols englobe la diversité de la vie sous terre. Les sols sont l'un des principaux réservoirs mondiaux de biodiversité, et jusqu'à 90 % des organismes vivants des écosystèmes terrestres sont associés à des habitats souterrains au cours de leur cycle de vie. Les deux principaux groupes d'organismes du sol sont les microorganismes du sol et la faune du sol de plus grande taille ; cette dernière s'étend des invertébrés, tels que les larves d'insectes et les vers de terre, aux mammifères, reptiles et amphibiens qui passent une grande partie de leur vie sous terre (Nations Unies FAO, 2020).

2.4. Fonctions portées par les sols

Selon l'EFESE (MEEM et FRB, 2017), les fonctions écologiques correspondent à des phénomènes propres à l'écosystème qui résultent de la combinaison de l'état des écosystèmes, des structures et des processus écologiques et qui se déroulent avec ou sans la présence de l'Homme. (Baptist et al., 2018), précise que les fonctions écologiques désignent les processus naturels inhérents à un écosystème tels que la fonction chlorophyllienne ou le cycle de l'eau. Selon (Tagourdeau et al., 2020), chaque fonction est composée de processus écologiques, qui sont la résultante de l'état d'un ensemble de paramètres physico-chimiques et biologiques interprétables par des indicateurs. Chacune des fonctions d'un écosystème peut ainsi être génératrices de SE. Trois grandes catégories de fonctions peuvent être distinguées (Baptist et al., 2018):

- Les fonctions hydrogéomorphologiques : elles comprennent l'ensemble des fonctions liées au cycle de l'eau (rétention, infiltration de l'eau/recharge de nappes, ralentissement du ruissellement, stabilisation des sols contre l'érosion);
- Les fonctions biogéochimiques : ensemble des fonctions épuratoires (recyclage et rétention de la matière organique, élimination de polluants, rétention de particules), mais aussi la séquestration du carbone, la fertilité;
- Les fonctions biologiques : elles comprennent les fonctions supports d'habitats et la connectivité écologique.

Selon (Tagourdeau et al., 2020), une liste des fonctions écologiques réalisées par les sols et qui contribuent à la fourniture de SE a également été dressée par l'EFESE (Figure 2).

⁷ Annexe 1 du décret sol - <http://environnement.wallonie.be/legis/solsoussol/sol006annexe1.pdf>

⁸ Annexe 3 du décret sol - <http://environnement.wallonie.be/legis/solsoussol/sol006annexe3.pdf>

⁹ Annexe 2 du décret sol - <http://environnement.wallonie.be/legis/solsoussol/sol006annexe2.pdf>

Fonction écologiques des sols (EFESE)	
1-Retention, circulation et infiltration eau	
2-Stockage, recyclage et transformation MO	
3-Retention et fourniture nutriments organismes sol et végétaux	
4-Filtre, tampon et dégradation des polluants	
5-Habitats organismes sol et contrôle biodiversité	
6-Support physique stable pour végétaux	
7-Contrôle composition chimique atmosphère	
8-contribution processus climatique	
9-Altération et formation Sol	

Figure 2 - Les fonctions écologiques portées par les sols d'après la méthodologie EFESE d'après (Tagourdeau et al., 2020)

Dans une étude, visant à sensibiliser les acteurs de l'aménagement à l'importance des fonctions du sol et des services rendus, 4 catégories de fonctions sont proposées comme pouvant être liées au sol et au sol dans un écosystème urbain (Monfort et al., 2020). Cette classification également dédiée aux « fonctions portées par le sol » reprend la classification de « fonctions écologiques » telle que proposée par (Baptist et al., 2018), les fonctions écologiques des sols selon EFESE, et la notion des services que peuvent apporter le sous-sol à l'homme (De Cleen et al., 2016). La Figure 3 met en avant les principales fonctions écologiques qui peuvent être portées par le sol. Une quatrième catégorie de fonctions de sols est proposée. Ce n'est pas une fonction dite écologique mais elle est à également considérer dans un écosystème urbain, où le sol et le sous-sol peuvent être mobilisés en tant que support des activités humaines.

Fonctions hydro-géo-morphologiques	Fonctions biogéochimiques	Fonctions biologiques	Fonctions géotechniques
Infiltration et rétention de l'eau	Séquestration du carbone	Habitat	Support physique bâtiments et infrastructures
Stabilisation contre l'érosion	Recyclage et rétention de la matière organique	Connectivité écologique	
Ralentissement de l'écoulement	Rétention et fourniture des nutriments (fertilité)		
	Rétention, stabilisation ou dégradation de polluants		

Figure 3 - Les quatre catégories de fonctions liées au sol et au sous-sol dans un écosystème urbain source (Monfort et al., 2020)

La Figure 4 illustre les liens entre les fonctions, les services et processus pour trois SE qui pourraient être recherchés à l'issue d'une réhabilitation d'un site aux sols dégradés (d'après le projet Bio-TUBES (Tagourdeau et al., 2020)).

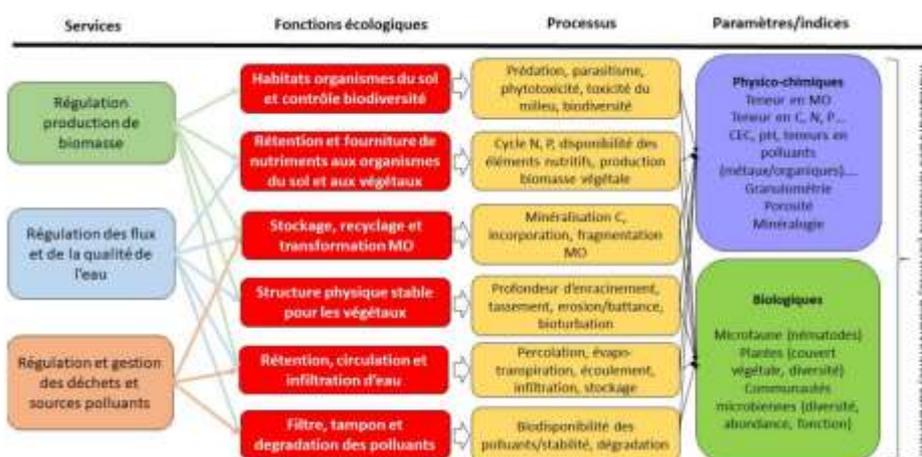


Figure 4 - Exemple des liens entre les fonctions, services et processus : exemples de trois services écosystémiques clés de la réhabilitation des sols dégradés source (Tagourdeau et al., 2020)

2.5. Ecosystème, écosystème urbain, services écosystémiques

D'après l'EFESE, un écosystème est un ensemble dynamique d'organismes vivants (plantes, animaux et microorganismes) appelé la biocénose, qui interagissent entre eux et avec le milieu (le biotope) dans

lequel ils vivent, se nourrissent et se reproduisent (MEEM et FRB, 2017). La plateforme Wal-ES¹⁰, ne propose pas de définition de l'écosystème, mais précise que la réalisation de services écosystémiques (SE) dépend fondamentalement des processus biologiques en action dans les écosystèmes naturels, semi-naturels ou largement modifiés par l'homme. Tous les écosystèmes ne produisent pas les mêmes services. En effet, en fonction du contexte écologique (altitude, topographie, types de sol) et des actions humaines qui y sont menées, les mêmes écosystèmes peuvent répondre de manière bien différente. En s'inspirant du référentiel européen MAES (pour "Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services"), Wal-ES propose une typologie des écosystèmes wallons. Cette typologie met en avant les différences en termes de production de biens et de services issus, en fonction du contexte écologique, et surtout de la disponibilité de données cartographiques. L'EFESE propose également une typologie de 6 écosystèmes qui s'étendent à l'ensemble des écosystèmes terrestres et marins de France métropolitaine et d'outre-mer (CGDD, 2016). La définition d'écosystème de l'EFESE est cohérente avec les concepts Wal-ES.

Le périmètre d'un écosystème varie en fonction de l'angle et de l'échelle géographique d'analyse. Le sol, une parcelle, un quartier, une ville ou un territoire peuvent être considérés comme un écosystème à part entière. Wal-ES ne définit pas d'« écosystème urbain » à proprement parlé mais un « écosystème artificialisé » avec des sous-catégories (Jardins et parcs, Friches et végétations rudérales, Zones urbanisées). L'EFESE définit l'« écosystème urbain » comme un « méta-écosystème composé d'une juxtaposition d'écosystèmes élémentaires sur un territoire urbain défini administrativement » (CGDD, 2018a), où le bâti et l'humain n'en font pas partie. A contrario, selon l'UICN (Union internationale pour la conservation de la nature), l'écosystème urbain concerne l'ensemble des zones où des constructions humaines ont été réalisées et où la surface de ces infrastructures est supérieure à celle des zones naturelles présentes dans le périmètre. Il contient l'ensemble des zones construites, les réseaux (routiers, ferroviaires, etc.) mais aussi les espaces verts créés par l'Homme (UICN France, 2013). On retrouve aussi la notion de surfaces artificialisées dans la typologie d'habitats urbains proposée par EFESE (CGDD, 2018a). Ils sont listés et déclinés en 3 sous-niveaux de détails. Dans le niveau 1, il est proposé 5 catégories dont les « surfaces fortement artificialisées ou imperméabilisées ou hors-sol », aux côtés des « espaces à surface majoritairement végétalisée », des « eaux de surface et zones littorales », des « zones productives, culture ou élevage », et des « linéaires végétalisés / arbres isolés ». La définition d'écosystème urbain de l'UICN qui a l'avantage de considérer des habitats artificialisés et non artificialisés tels que décrits par EFESE est cohérente avec la notion d'écosystème artificialisé de Wal-ES.

Selon le Millenium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), les SE sont les bénéfices que l'homme retire directement ou indirectement des fonctions des écosystèmes et ils reposent sur l'ensemble des processus écologiques qui assurent leur fonctionnement. Le rapport européen MAES reprend cette définition et classe les services selon 3 catégories (production, régulation et maintenance et culturels)¹¹. Les cadres conceptuels sur les services écosystémiques sont présentés en Figure 5. Pour l'EFESE, le fonctionnement des écosystèmes permet aux sociétés humaines d'en retirer un ensemble d'avantages sous la forme de biens et de SE (MEEM et FRB, 2017). Le cadre conceptuel wallon de la plateforme Wal-ES³ exprime également que les écosystèmes fournissent des SE aux humains qui en tirent des bénéfices, qui contribuent à leur bien-être. L'EFESE souligne que les écosystèmes peuvent être aussi à l'origine de contraintes pour certains bénéficiaires comme par exemple par la présence de pathogènes, de ravageurs des cultures, d'espèces exotiques envahissantes, lixiviation des polluants retenus dans le sol, etc. mais elle ne retient pas cette notion de « disservice » dans son approche globale (MEEM et FRB, 2017). Il est à noter que cette vision très anthropocentrée est toutefois critiquée car ne considère pas les contributions fonctionnelles des écosystèmes qui profitent pourtant aux systèmes naturels.

¹⁰ <http://www.wal-es.be/fr/ecosystemes.html?IDC=5733>

¹¹ http://www.worldsoilday2017.eu/pdfs/Soils4EU_D1.2_ecosystemservices_MAES.pdf

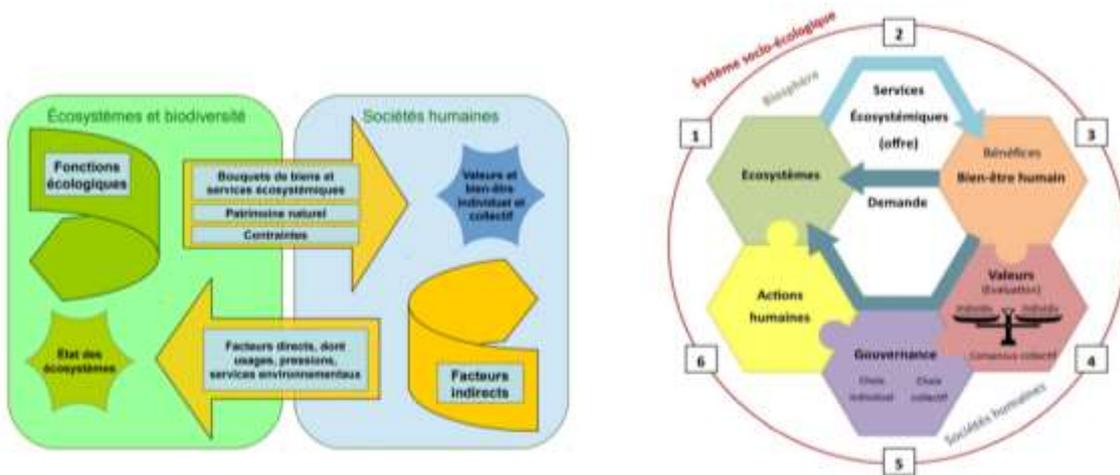


Figure 5 - Représentation schématique du cadre conceptuel EFESE à gauche d'après MEEM et FRB, 2017 et du schéma conceptuel Wal-ES à droite source (MEEM et FRB, 2017) et Wal-ES

Une synthèse des classifications de SE issues de plusieurs travaux sont présentées en Figure 6. Seules les classifications proposées par (Blanchart, 2018a), (De Cleen et al., 2016) et (Monfort and Limasset, 2019) sont consacrées aux SE liées aux sols d'écosystèmes urbains. Certains services ne sont en effet pas spécifiques au sol, et doivent être évalués en lien avec ce qu'ils supportent telle que la végétation, les infrastructures etc. On retrouve dans la classification de (De Cleen et al., 2016), le support physique des activités et infrastructures (lié au sous-sol) comme un service à part entière. Pour (Blanchart, 2018), celui-ci est intégré dans le dans la catégorie d'approvisionnement. Les services de « support habitat et de biodiversité » mis en avant par le (MEA, 2005), sont considérés comme des fonctions par l'EFESE. Ainsi, ils n'apparaissent pas dans la plupart des classifications de SE recensées. La plateforme Wal-ES¹² a défini une typologie des SE en fonction de leur présence en Wallonie. Celle-ci liste une soixantaine de services répartis entre trois grandes catégories : les SE de production, de régulation et culturels qui correspondent aux grandes catégories proposées par le CICES et (Monfort et al., 2020). (Monfort et al., 2020) propose une classification selon trois catégories de services adaptée aux sols urbains déjà mobilisés ou attendus potentiellement à terme sur le territoire d'une grande métropole française, la métropole européenne lilloise (Figure 7). Cette classification n'est cependant pas adaptée aux villes littorales qui peuvent avoir d'autres services en lien avec le milieu marin.

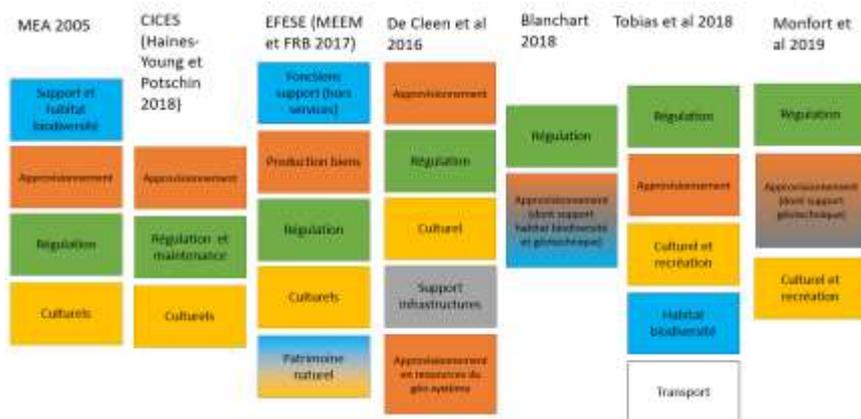


Figure 6 - Synthèse des grandes catégories de services écosystémiques issues de plusieurs travaux. Source (Monfort et al., 2020)

¹² <http://webservice.wal-es.be/fr/plateforme-wal-es.html?IDC=5888>

Famille de services	Services	Principaux groupes de bénéficiaires
Services de régulation	Protection contre les inondations	Riverains et collectivité
	Protection contre l'érosion	
	Régulation du climat local	Riverains et collectivité
	Régulation du climat global	Monde
	Qualité de l'eau et des sols	Exploitant, riverains et collectivité
Services d'approvisionnement	En aliments	Exploitants et consommateurs selon bassin de consommation
	En biomasse non alimentaire (bois, chauffage, textile)	Exploitants et consommateurs selon bassin de consommation
	Stock et approvisionnement d'eau potable	Exploitants, riverains et collectivité
	En énergie (hors biomasse)	Exploitants et consommateurs
	Support physique bâtiment et infrastructures	Exploitants ou occupants
Services culturels	Paysage et esthétique	Riverains et visiteurs
	Loisir et récréatif	Exploitants, riverains et visiteurs
	Préservation patrimoine naturel et architectural	Riverains, visiteurs, collectivité et monde

Figure 7 - Classification de services écosystémiques liés au sol en milieu urbain, ainsi que les principaux groupes de bénéficiaires adaptées à la métropole européenne Lilloise (Monfort et al., 2020)

2.6. Bénéficiaires de SE, évaluation et valeurs associées aux SE

La prise en main du concept de SE ne peut se faire sans l'identification et le recensement **de bénéficiaires d'un SE** considéré notamment en contexte de réaménagement. Plusieurs catégories de bénéficiaires de SE qui reflètent des échelles spatiales variées sont souvent proposées : les exploitants ou occupants des parcelles, les riverains/visiteurs occasionnels,) la collectivité *et* la société ou le monde dans son ensemble (Monfort et al., 2020), (Tagourdeau et al., 2020). (Wal-ES, 2016) identifie également comme bénéficiaires de SE, plusieurs catégories d'acteurs : bénéficiaires réels et potentiels de services, coproducteurs et consommateurs de services, etc.

En Wallonie, l'évaluation des SE consiste à mesurer et exprimer l'importance, quantitative et qualitative, des services qui peuvent être générés, c.à.d. exprimer l'importance de la contribution des écosystèmes au bien-être humain, en déterminant les valeurs attribuées par les humains aux SE. Ces valeurs, accordées individuellement et collectivement, influencent selon Wal-ES, les processus de prise de décisions (gouvernance) en matière de gestion de la biosphère. Ces décisions se traduisent en actions humaines sur les écosystèmes qui *in fine*, ont un impact, voulu ou non, sur la capacité des écosystèmes à fournir des SE (voir cadre conceptuel Wal-Es en Figure 5). Selon (Wal-ES, 2016), la valeur des SE ne se restreint pas à la seule dimension monétaire. La valeur attribuée aux SE peut être de multiples natures (biophysique, sociale, culturelle, économique, ...) et peut s'exprimer de différentes façons : en termes d'importance qualitative, de quantités physiques (volume, poids, nombre, ...), de valeur monétaire, etc. Wal-ES encourage à ce que l'ensemble des valeurs accordées aux SE soient connus pour pouvoir capturer la diversité des besoins des différents bénéficiaires de ces services, de manière à les satisfaire au mieux. Le cadre conceptuel WAI-ES distingue globalement trois grands domaines de valeurs associées à des SE :

- Les valeurs biophysiques, qui reflètent l'importance physique, quantitative, des SE ;
- Les valeurs sociales, qui reflètent l'importance sociale, morale et culturelle des SE;
- Les valeurs monétaires, qui reflètent l'importance des SE en termes d'utilité, telle qu'elle peut être appréhendée par le marché (valeur d'échange).

A chacun de ces domaines de valeurs est associé un ensemble de méthodes d'évaluation spécifiques qui sont proposées par le cadre conceptuel.

Selon (CGDD, 2016), l'EFESE vise aussi à permettre l'expression des multiples valeurs de la biodiversité, à destination des décideurs et du débat public. Le cadre conceptuel de l'EFESE propose une évaluation des SE par bouquets de biens et de SE pour documenter, dans la mesure du possible, les compromis et les synergies qui peuvent exister entre différents services, sans nécessairement en proposer une valeur unique. L'accent porte ainsi sur l'explicitation des interactions entre biens et SE, voire la modélisation de ces interactions afin de rendre compte des conditions d'arbitrage. L'évaluation des SE peut se référer à des mesures distinctes des avantages retirés du fonctionnement des écosystèmes qui comme pour Wal-ES, peuvent être exprimés selon différentes dimensions du bien-être individuel et collectif. EFESE a choisi dans ses travaux de se concentrer sur les composantes suivantes : 1. Les besoins économiques 2. La santé 3. Les relations sociales 4. Le cadre de vie 5. Le besoin de sécurité, physique et économique.

La valeur sociale du sol est aussi évoquée dans les travaux de (Poyat, 2018) qui montrent que la connaissance du sol par des élus locaux, au sens pédologique du terme, n'induit aucunement la mise en

place de pratiques durables. En revanche, le sol est conservé à partir du moment où les SE qu'il supporte sont reconnus d'intérêt général à l'échelle locale. Il parle alors de valeur sociale, une notion qui traduit une reconnaissance partagée d'un ou plusieurs SE par les élus locaux, et plus largement par les habitants d'un territoire. La connaissance de cette valeur sociale peut être considérée comme une étape préalable à la conception d'outils d'aide à la décision, destinés à intégrer la question du sol au sein des processus de planification urbaine.

A noter, que selon (Wal-ES, 2016), une critique de « l'approche SE » repose sur sa difficulté à prendre en compte la valeur inhérente ou intrinsèque des écosystèmes, des espèces et de la biodiversité, c'est-à-dire la valeur qu'ils possèdent indépendamment de leurs relations aux humains. De manière analogue, (Dufour et al., 2016) reprochent au concept des SE d'évacuer de fait les contributions sans intérêts pour l'homme, notamment les contributions fonctionnelles des écosystèmes. En ce sens, et au-delà des biens et SE qui relèvent de l'utilisation des écosystèmes et des valeurs d'usage, l'évaluation menée dans le cadre de l'EFESE intègre également la valeur du patrimoine naturel. Dans le cadre d'EFESE, la notion de patrimoine naturel est associée aux valeurs que les sociétés humaines attachent à un élément de biodiversité et qui conduisent à lui attribuer un statut particulier en raison de son caractère remarquable ou de sa dimension identitaire. Cette contribution particulière des écosystèmes se prête difficilement à la quantification.

2.7. Concept de valeurs des sols

Lorsqu'il s'agit du sol, un grand nombre d'urbanistes d'aménageurs ont encore tendance à évoquer uniquement, la notion de valeur sous-entendant une valeur foncière du sol ou monétaire du sol. La plupart des urbanistes et aménageurs considèrent le sol principalement au travers de sa dimension foncière et de ses capacités à accueillir des aménagements et des constructions. Or comme évoqué précédemment, le sol fait partie intégrante d'un écosystème, et a la capacité d'assurer de nombreuses fonctions génératrices de services et de valeurs autres que foncières et monétaires. Dans le cadre de SOILval, il a été initialement proposé de regrouper sous le terme « valeur des sols », les notions de fonctions écologiques supportées par le sol, les SE associées et la biodiversité du sol. D'après la littérature la notion de valeur semblerait plutôt s'associer à la notion de service et ne pas inclure la notion de fonctions des sols. Par exemple Cordell, H. K., et al. (2005) mettent en avant que la valeur "écologique" du sol est le niveau des bénéfices fournis par les fonctions du sol, résultant de la combinaison de ses composants et de leurs interactions avec l'environnement, et contribuant à soutenir toute forme de vie indigène. Les valeurs du sol peuvent profiter à la fois aux êtres humains, aux végétaux et aux animaux (définition adaptée de Cordell, H. K., et al. (2005)). Selon (Comité pour l'économie verte, 2019), on retrouve de plus en plus souvent la notion de valeur des sols plutôt associée à la valeur socio-économique de SE rendus par les sols, c'est-à-dire la valeur d'usage capitalisée d'une parcelle naturelle ou agricole par rapport à cette même parcelle artificialisée.

2.8. Notion de qualité d'un sol

Il n'existe pas de définition unique et consensuelle concernant la notion de qualité des sols que ce soit en France ou en Wallonie. Les concepts de « qualité d'usage d'un sol » et « qualité écologique d'un sol » peuvent cependant se distinguer.

Le plus souvent, lorsque l'on parle de « qualité d'un sol », on sous-entend sa qualité vis-à-vis d'un usage donné (concept de « qualité d'usage ») où la qualité d'un sol se définirait selon sa capacité à assurer une ou plusieurs fonctions spécifiques pour un usage donné. Par exemple, Doran et Parkin (1994) proposent une définition en ce sens intégrant la notion d'usage « la qualité d'un sol est la capacité d'un type de sol à fonctionner au sein d'un écosystème et d'un usage, permettant la production biologique, le maintien de la qualité de l'environnement et la préservation de la santé des plantes, des animaux et de l'Homme ».

Il existe également un autre concept de qualité du sol, la « qualité écologique ou qualité intrinsèque » d'un sol. Elle repose sur la considération de l'ensemble des fonctions d'un sol (multifonctionnalités) qui ne considèrent pas l'usage actuel ou futur du sol qui en est fait par l'homme. Une telle définition encourage à la prise en compte de la valeur intrinsèque des sols en la considérant comme une ressource environnementale à part entière. Elle apparaîtrait comme la méthode garantissant au mieux la mise en œuvre d'une politique efficace pour la protection des sols (Desrousseaux, 2021). Mais la traduction juridique de la qualité écologique ou intrinsèque ne se retrouve ni en droit international, ni en droit européen, ni en droit français ou wallon. Des évolutions sont cependant en train d'émerger. Le droit rural français s'ouvre par exemple progressivement à la prise en compte de la multifonctionnalité des sols. La

Loi Climat et résilience française propose également une définition de l'artificialisation prenant en compte les fonctions du sol.

2.9. Refonctionnalisation d'un sol

Tout comme pour la définition de qualité de sols, il n'existe pas de définition officielle de la refonctionnalisation des sols en France ou en Wallonie. Cependant, les travaux de recherche portant sur les fonctions des sols font ressortir la définition suivante : La refonctionnalisation d'un sol peut comprendre le renforcement, le rétablissement ou la création de la fonctionnalité générale ou spécifique du milieu sol, en agissant sur les propriétés du sol attendues (Monfort and Limasset, 2019).

Plusieurs actions possibles sont envisageables pour viser une refonctionnalisation d'un sol à l'échelle d'un site. Les sols en place peuvent être amenés à être désimperméabilisés, en permettant aux fonctions liées au petit cycle de l'eau d'être de nouveau effectives. Un sol peut être reconstitué sur place, voire dans certains cas, excavé puis remplacé par un nouveau sol entièrement construit avec des matériaux extérieurs. Enfin, une refonctionnalisation du sol peut être également anticipée dans le cadre d'un processus de dépollution/assainissement de sites pollués conduisant à l'élimination ou la réduction des polluants présents dans le sol. L'ensemble des technologies de refonctionnalisation dans le cadre de renaturation des sols sont décrites au chapitre 6.

2.10. Artificialisation

La loi française climat et résilience 2021 fixe la définition de l'artificialisation comme : l'altération durable de tout ou partie des fonctions écologiques d'un sol, en particulier de ses fonctions biologiques, hydriques et climatiques, ainsi que de son potentiel agronomique par son occupation ou son usage (Loi Climat et Résilience 2021). La loi précise également qu'« au sein des documents de planification et d'urbanisme, lorsque la loi ou le règlement prévoit des objectifs de réduction de l'artificialisation des sols ou de son rythme, ces objectifs sont fixés et évalués en considérant comme : a) Artificialisée une surface dont les sols sont soit imperméabilisés en raison du bâti ou d'un revêtement, soit stabilisés et compactés, soit constitués de matériaux composites ; b) Non artificialisée une surface soit naturelle, nue ou couverte d'eau, soit végétalisée, constituant un habitat naturel ou utilisée à usage de cultures ». Un décret en Conseil d'Etat fixera les conditions d'application de cette loi. Il établira notamment une nomenclature des sols artificialisés ainsi que l'échelle à laquelle l'artificialisation des sols doit être appréciée dans les documents de planification et d'urbanisme.

Le lexique de la déclaration de politique régionale définit l'artificialisation des terres comme le processus par lequel des surfaces sont retirées de leur état naturel, forestier ou agricole. En effet, la déclaration de politique régionale de 2019-2024 se donne pour objectif de freiner l'étalement urbain et d'y mettre fin en 2050. Les objectifs de développement territorial inscrits au sein du schéma de développement territorial ont pour but « la lutte contre l'étalement urbain et l'utilisation rationnelle des territoires et des ressources » (art. D.II.2§2, al. 2, 1° CoDT). Le schéma de développement territorial adopté et non entré en vigueur fixe comme objectif de réduire la consommation des terres non artificialisées à 6 km²/an d'ici 2030, soit la moitié de la superficie consommée actuellement et tendre vers 0 km²/an à l'horizon 2050. Cette notion est reprise de la définition de l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE) qui décrit ce phénomène (land take en anglais) comme « *changement d'état effectif d'une surface agricole, forestière ou naturelle vers des surfaces artificialisées (tissus urbains, zones industrielles et commerciales, infrastructures de transport et leurs dépendances, mines et carrières à ciel ouvert, décharges et chantiers, espaces verts urbains (espaces végétalisés inclus dans le tissu urbain), et équipements sportifs et de loisirs y compris les golfs)* ».

Ces définitions de l'artificialisation reposent sur un changement dans l'« utilisation » du sol, où les espaces verts en milieu urbain (parcs, équipements sportifs et de loisirs, etc.), de même que les espaces non construits associés à l'habitat (par exemple les espaces de cours et jardins, etc.) font également partie des terres artificialisées (Figure 8). Les terres imperméabilisées ne sont qu'un sous-ensemble des terres artificialisées. Selon (Godart and Ruelle, 2019), l'artificialisation s'accompagne en effet d'une plus ou moins grande imperméabilisation du sol, en fonction de différents facteurs : densité de population, organisation formelle du tissu urbain, matériaux de revêtement utilisés, etc.



Figure 8 - Terrains artificialisés et non artificialisés selon (Godart and Ruelle, 2019)

En Wallonie, le caractère « artificialisé » ou non du sol est déduit de la « nature cadastrale » des parcelles (Godart and Ruelle, 2019). Ceci implique que peu importe son degré de construction ou d'imperméabilisation, la totalité d'une parcelle cadastrale sera considérée soit comme artificialisée, soit comme non-artificialisée. Dans un futur proche, d'autres sources que la base de données cadastrale pourraient être utilisées, dont les cartes d'utilisation et d'occupation des sols qui ont été élaborées au SPW (projet WALOUS). Une réflexion en vue de stabiliser une définition de l'artificialisation est en cours en Wallonie, intégrant notamment le développement d'une typologie de la surface du territoire wallon basée sur son caractère artificialisé et imperméabilisé.

2.11. Désartificialisation et renaturation d'un sol

La loi française climat et résilience 2021 fixe la définition de renaturation ou désartificialisation d'un sol comme correspondant à des actions ou des 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. Jusqu'à l'arrivée de la loi, ces termes n'étaient pas toujours définis avec consensus parmi les acteurs en France. Certaines sources ont proposé une définition différente notamment s'interrogeant sur l'état initial de référentiel à atteindre pour désartificialiser (ex. *l'ensemble des processus permettant de ramener un sol dénaturé, c'est-à-dire ayant subi des perturbations, à un état proche de son état naturel initial* (France Stratégie, 2019a)). Il n'y a pas de définitions wallonnes de la désartificialisation ou renaturation qui ont pu être recueillies dans le cadre de cet état de l'art.

2.12. Zéro Artificialisation Nette (ZAN)

Selon la loi climat et résilience 2021 « l'artificialisation nette des sols est définie comme le solde de l'artificialisation et de la renaturation des sols constatées sur un périmètre et sur une période donnée. Le concept de ZAN n'apparaît pas explicitement en Région Wallonne en dehors de sa définition de l'artificialisation des terres reprenant les objectifs européens de ZAN.

2.13. Solutions fondées sur la nature et infrastructures vertes

Les Solutions fondées sur la Nature (ou SfN) correspondent à des actions de réhabilitation (écologique ou de dépollution), de gestion et/ou de préservation visant à maintenir, restaurer ou créer des écosystèmes naturels. Ces actions visent à répondre directement aux enjeux de société de manière efficace et adaptative tout en assurant le bien-être humain par la fourniture de SE et les avantages pour la biodiversité et le fonctionnement d'autres écosystèmes *in situ*. Le recours aux solutions dites « fondées sur la nature » (SfN) permet le renforcement des liens humains et nature (RECORD, 2021). Les solutions fondées sur la nature ont un réel intérêt dans le cadre d'action de refunctionalisation des sols, voire de projet de renaturation compte-tenu du focus sur les fonctions écologiques des sols.

Selon les sources, les solutions fondées sur la nature et infrastructures vertes sont apparentées ou légèrement dissociées. Une infrastructure verte peut être considérée comme un réseau constitué de zones naturelles et semi-naturelles et d'autres éléments environnementaux (réseaux d'espaces verts, ceintures vertes, maillage vert, etc.) faisant l'objet d'une planification stratégique, conçu et géré aux fins de la production d'une large gamme de SE (aménités diverses destinées à l'humain et permettant la détente, la récréation, l'alimentation, la limitation de l'étalement urbain, etc.) ou qui constituent des zones d'intérêt et d'enjeux biologiques (Godart and Ruelle, 2019).

3. La notion de qualité des sols en droit français: état des lieux et perspective d'évolution vers une approche pédologique

3.1. Introduction

Les usages des sols sont multiples et leurs répercussions sur l'environnement sont devenues « un problème commun au droit de l'urbanisme, de l'environnement et de la construction » (Billaudot and Besson-Guillaumot, 1979). Le droit accorde plusieurs types de valeur aux sols, mais toutes ne sont pas synonymes de protection, bien au contraire et ces valeurs peuvent par ailleurs conduire à une hiérarchisation des sols, entre les « bons » et les « mauvais » (Claval, 2000). Cet état de l'art, fondé à la fois sur les lois et règlements, sur des documents institutionnels et sur la littérature juridique publiée à l'échelle nationale en France, 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 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-elle en cause la décision de l'artificialiser. Dans la perspective de contribuer à la définition de l'objectif du ZAN (MTES, 2018), 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. Cette définition correspondrait alors à la notion de « qualité des sols », dont la reconnaissance par le droit constituerait une avancée pratique et conceptuelle (Desrousseaux, 2016), qui ne viendra ni du droit international (Doubmé-Billé and Steichen, 2010) ni du droit de l'Union européenne (Bertrand, 2018).

A partir de l'état du droit, il s'agira de démontrer que :

- La valeur accordée aux sols est essentiellement relative, puisqu'elle dépend de la destination qui lui a été attribuée (voir paragraphe 3.2),
- De façon plus anecdotique mais avec une méthode qui retiendra toute notre attention, certains régimes juridiques attestent de la possibilité de prendre en compte la valeur environnementale des sols (voir paragraphe 3.3),
- Partant de ces deux approches, *a priori* antinomiques, force est de constater que le domaine de la « restauration » des sols dégradés offre des perspectives d'évolution intéressantes dans le cadre de la réflexion sur le ZAN (voir paragraphe 3.4).

3.2. La qualité d'usage des sols, un objet connu du droit

L'utilisation des sols comme une ressource en eux-mêmes ou comme une surface support d'activités est encadrée par le droit mais ne traduit pas, en majorité, une volonté ni d'utilisation durable ni la recherche de qualités environnementales autres que celles déterminées par l'usage projeté. Après un état des lieux du droit en la matière, il a été possible d'identifier trois grandes catégories de qualités des sols, traduites parfois sous forme de seuils quantitatifs : la catégorie la plus développée est celle liée à l'exploitation agricole des sols (voir paragraphe 3.2.1), puis celle des caractéristiques des sols est également encadrée (voir paragraphe 3.2.2). Enfin, dans le but de préserver la santé humaine et d'autres compartiments de l'environnement, se dessine un seuil juridique de « non toxicité » du sol (voir paragraphe 3.2.3).

3.2.1 La qualité agronomique des sols

3.2.1.1 En droit rural

La qualité agronomique des sols fait l'objet de mesures et est intégrée à des bases de données nationales tels que la base de donnée des analyses de terre (BDAT) et le réseau de mesures de la qualité des sols (*cf. infra*, §7). Les résultats de ces analyses n'entraînent pas de conséquences juridiques directe, à l'exception de celles effectuées afin dans le but de contrôler les reliquats azotés et qui permettent aux exploitants d'ajuster leur plan de fumure. Ils permettent aux exploitants d'ajuster au mieux leurs pratiques selon les caractéristiques physico-chimiques de leurs terres.

En revanche cette connaissance des sols joue un rôle important notamment lors des échanges de parcelles qui ont lieu à l'occasion d'opérations d'aménagement fonciers agricoles forestiers et environnementaux (AFAFE ; Art. L. 123-1 à 35 et R. 123-1 à 7 du Code rural et de la pêche maritime). Un temps, indifférente aux différentes pratiques agricoles (Boulaine, 1992; Libes, 2011), cette procédure

intègre désormais dans la valeur d'échange, le fait qu'une parcelle soit cultivée en agriculture biologique ou qu'elle soit située dans une zone d'appellation protégée (Art. L. 123-4 c. rur.). Par ailleurs, certains départements, de leur propre initiative, procèdent à des études pédologiques, comme c'est le cas dans l'ex Haut-Rhin (Party et al., 2014). Il n'est pas nouveau d'établir que tous les sols agricoles n'ont pas la même qualité, en revanche l'attention nouvelle portée aux qualités biologiques est en elle-même une avancée que le droit reconnaît mais n'exige pas en dehors des démarches volontaires engagées par les exploitants.

La productivité, qui dépend en partie du sol, aura par ailleurs pour conséquence d'augmenter la valeur d'un bail rural. L'article L. 411-4 du Code rural et de la pêche maritime prévoit la réalisation d'un état des lieux dans le mois qui précède l'entrée en jouissance ou dans le mois suivant celle-ci, afin de déterminer « les améliorations apportées par le preneur ou les dégradations subies par les constructions, le fonds et les cultures ». L'état des terres importe, donnant droit à une indemnité au bénéficiaire du preneur sortant, d'autant s'il s'agit d'une remise en activité des terres concernées par une procédure de mise en valeur des terres incultes ou manifestement sous-exploitées (Art. L. 411-77 c. rur.).

L'amélioration en droit rural n'est autre qu'une augmentation du potentiel de production des sols (Gain, 2008) résultant de travaux de « transformation du sol » ou « d'un changement de culture entraînant une augmentation du potentiel de production du terrain de plus de 20 p. 100 » (Art. L. 411-71 c. rur.). En l'occurrence, le calcul et les conditions d'octroi de cette indemnité ne se préoccupent nullement de la conduite par l'exploitant de pratiques alternatives. La notion d'amélioration repose encore sur des critères quantitatifs. La Cour de cassation retient effectivement « l'évaluation par la méthode des bilans puisqu'il ne peut être tenu compte que de l'amélioration de la fertilité du sol et non du savoir-faire et de la technicité de l'exploitant »¹³.

Le seuil de productivité des sols en tant que composante de leur qualité est en conclusion très peu sélectif et tout autant protecteur, et la plupart des sols peuvent devenir des « terres arables ». Des évolutions se font toutefois sentir et même si en droit rural, le recours aux bioindicateurs n'est toujours pas obligatoire (Bispo et al., 2009; Cluzeau, 2004), des pratiques agroenvironnementales recréent le lien entre la production et le fonctionnement des sols (Exemple du bail rural environnemental, art. L. 411-27 c. rur.).

3.2.1.2 En droit de l'urbanisme

Le **règlement du plan local d'urbanisme (PLU/I)** identifie des zones agricoles en fonction du potentiel « agronomique, biologique ou économique des terres agricoles » (Art. R. 151-22 c. urb.). Le terme de « potentiel » fait l'objet d'interprétations jurisprudentielles et doctrinales (Stahl, 2013) et on en retient que certes la qualité des sols peut légitimer leur « protection » au titre du PLU/I, il n'en demeure pas moins que cette protection est relative et dépend grandement du parti d'aménager des communes. Autrement dit, le classement en zone à urbaniser d'un sol présentant un tel potentiel peut être possible au regard des justifications d'urbanisation d'une commune (Jegouzo, 2001; Rouhaud, 2012). Le principe de l'équilibre (Art. L. 101-2 c. urb.) oriente les politiques publiques vers la sur-densification des espaces déjà artificialisés, forçant la prise de décision en faveur de la préservation des sols agricoles et naturels et évolue entre « aménagement et protection » (Jacquot, 2001). Dès lors, l'objectif poursuivi par ces documents d'urbanisme revendique la réalisation d'un développement durable du territoire qui doit concilier la préservation de l'environnement, le développement économique et l'équité sociale. Cette idée est mise en œuvre par une politique d'aménagement du territoire capable d'identifier des espaces « que l'on décide de conserver en l'état - ou à peu près - en raison de [leurs] qualités physiques propres » (Janin, 1990).

Les zones agricoles protégées (ZAP), créées par la loi d'orientation agricole du 1^{er} juillet 1999 (codifié à l'art. L. 112-2 c. rur), s'affranchissent du zonage des documents d'urbanisme pour prendre en compte les réalités du terrain. Ce mécanisme fait écho aux périmètres de protection des espaces agricoles et naturels périurbains (PAEN ; Art. L. 113-15 à 28 c. rub.), mais méritera d'être mentionnée en ce qu'il comporte une dimension qualitative. La qualité de la production d'une zone agricole ou sa situation géographique sont les deux critères alternatifs nécessaires à leur protection. Cette protection prend la forme de servitudes d'utilité publique annexées au PLU. Leur création a pour conséquence de soumettre « tout changement d'affectation ou de mode d'occupation du sol qui altère durablement son potentiel agronomique, biologique ou économique (...) à l'avis de la chambre d'agriculture et de la commission départementale

¹³ Cass. Civ. 3^{ème}, 27 octobre 2009, n°08-21.169.

d'orientation de l'agriculture ». Il s'agit d'un avis simple réputé favorable à défaut de réponse. Mais si cet avis s'avère négatif, une décision motivée du préfet sera alors requise pour permettre un tel changement.

3.2.2 La qualité physique des sols

3.2.2.1 En droit civil et droit des assurances

La qualité physique première du sol est sa capacité à supporter des constructions (bâti ou infrastructures) et le droit civil s'est intéressé historiquement à cet aspect sous l'angle du droit des obligations. L'art. 1792 du Code civil dispose en effet que « Tout constructeur d'un ouvrage est responsable de plein droit, envers le maître ou l'acquéreur de l'ouvrage, des dommages, même résultant d'un vice du sol, qui compromettent la solidité de l'ouvrage ou qui, l'affectant dans l'un de ses éléments constitutifs ou l'un de ses éléments d'équipement, le rendent impropre à sa destination ». Cette expression étonnante renvoie aux causes d'ouverture à garantie dans les contrats d'assurance et fait l'objet de nombreuses études sous cet angle-là.

On en retient deux points intéressants qui pourraient faire l'objet de questions de droit nouvelles. Le premier point pose la question de savoir comment adapter cette règle au contexte du changement climatique (Hautereau-Boutonnet, 2019) lequel, par des phénomènes de sécheresses de plus en plus intenses va certainement trouver les limites de la mise en œuvre du fonds de solidarité en lien avec les catastrophes naturelles ? D'autant plus que selon Gilbert Legay, « il apparaît en pratique que la majorité des dommages soi-disant dus au phénomène de sol consécutif à la sécheresse, est en réalité due à une faute de construction que le problème de sol n'a fait que révéler (Legay, 1991). Dans cette hypothèse et même dans la mesure où l'on considérerait, de façon surprenante, que le vice du sol puisse être assimilé à une cause étrangère, le vice du sol ne serait pas, dans la majorité des cas, la cause exclusive des dommages et l'assureur, compte tenu de la rédaction des clauses types d'assurance de dommages et de responsabilité obligatoire, ne pourrait donc pas se prévaloir de l'exclusion concernant la cause étrangère » (1991).

Le second point invite à étudier plus en profondeur les diagnostics de sol élaborés et les dommages assurés pour éventuellement s'en inspirer dans le cadre des procédures de délivrance des autorisations d'urbanisme (voir paragraphe 4.2.3).

3.2.2.2 En droit des risques

La législation relative aux risques naturels s'intéresse à la stabilité du sol. Cette question embrasse une problématique plus large que celle du projet SOILval aussi cet état des lieux ne traitera pas de la gestion de l'érosion des sols et en particulier des côtes, ni de la restauration des terrains en montagne (cf. (Desrousseaux, 2016)). En revanche les projets d'aménagement peuvent être réorientés en raison des défaillances de structure du sol, ce qui est en lien avec le paragraphe précédent. Le droit ne fait pas état expressément de qualité du sol, bien qu'il en soit question.

Dans ce contexte, l'intérêt général et même l'ordre public résidant dans la protection des biens et des personnes établit un lien direct entre la structure du sol (et du sous-sol) et la planification ainsi que les autorisations d'urbanisme (Art. L. 562-1 et s. c. env.). Ainsi le plan de prévention des risques naturels prévisibles (PPRNP) peut s'attacher aux caractéristiques physiques des sols, c'est notamment le cas pour les risques de séisme, de mouvement de terrain ou d'effondrement de cavités souterraines ou de marnières (Art. R. 563-10 c. env.).

Naturellement, ce cadre juridique demeure exclusivement anthropocentré et ne peut être apparenté à une forme de protection du sol, si ce n'est très indirectement du fait de la restriction voire l'interdiction des usages qui en découle. C'est ce paradigme qui guide la législation relative aux sites et sols pollués.

3.2.3 La non dangerosité ou toxicité des sols

Le droit des sites et sols pollués, longtemps appréhendé sous l'angle de la législation « déchets » ou du régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE ; Art. L. 511-1 et s. c. env.), bénéficie désormais d'un chapitre (VI) dans le Code de l'environnement¹⁴. La pollution ou le risque de

¹⁴ Ordonnance n° 2010-1579 du 17 décembre 2010 portant diverses dispositions d'adaptation au droit de l'Union européenne dans le domaine des déchets, JO 18 décembre 2010, p. 22301 ; Ordonnance n° 2011-253 du 10 mars 2011

pollution des sols, constituent un seuil dont le franchissement entraîne l'application d'un régime spécial de responsabilité et la mise en œuvre de pouvoirs de police spéciale. L'article L. 556-1 du Code de l'environnement ne définit pas la pollution d'un sol, mais il convient de se référer au droit de l'Union européenne qui considère comme étant constitutif d'une pollution « l'introduction directe ou indirecte, par l'activité humaine, de substances, de vibrations, de chaleur ou de bruit dans l'air, l'eau ou le sol, susceptibles de porter atteinte à la santé humaine ou à la qualité de l'environnement, d'entraîner des détériorations des biens matériels, une détérioration ou une entrave à l'agrément de l'environnement ou à d'autres utilisations légitimes de ce dernier »¹⁵. La pollution concerne l'ensemble des milieux et l'environnement dans sa globalité et fait référence à un standard de qualité variable, car si « Le seuil devient l'outil indispensable pour caractériser un trouble, définir une pollution » (Grevêche, 2002), il n'a pas été défini pour le cas des sols. A l'inverse de l'air et de l'eau, il n'existe pas de législation relative à la qualité du sol et les atteintes qui lui sont portées renvoient à un seuil très bas de qualité environnementale, et seulement en référence à la présence de certains éléments polluants identifiés, comme c'est le cas dans le régime d'épandage des boues de stations d'épuration¹⁶. La pollution se mesure surtout par les effets qu'elle cause et pour le cas des sols, le curseur du droit est assez haut. On reprendra la notion objective de pollution des sols identifiée par Eléonore Mauléon : le sol « peut être dit *pollué* lorsque, saturé, il a dépassé sa capacité d'autorégénération ». Alors il peut devenir *polluant*, à partir du moment où « il exerce une influence polluante sur l'extérieur » (Moléon, 2003).

La pollution des sols est également présumée. La base de données BASOL du Ministère chargé de l'environnement porte sur « les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif ». Le critère principal d'inscription du site sur ladite base est la nature de l'activité industrielle passée. La politique nationale en matière de sites et sols pollués permet de déterminer des actions prioritaires qui sont pour l'essentiel concentrées sur la protection de la santé humaine. La circulaire du 17 décembre 2012 relative aux diagnostics des sols dans les lieux accueillant les enfants et les adolescents¹⁷ n'en est qu'un exemple. Elle complète la circulaire du 8 février 2007 relative à l'implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles qui a mis en place un mécanisme de mise en balance des intérêts : sont analysés, d'une part la nature des établissements concernés (les crèches, écoles maternelles et élémentaires, établissements hébergeant des enfants handicapés relevant du domaine médico-social, ainsi que les aires de jeux et espaces verts attenants, les collèges et lycées, les établissements accueillant en formation professionnelle des élèves de la même tranche d'âge), dont la construction est prévue sur d'anciens sites industriels dont les sols sont effectivement pollués, au regard des disponibilités spatiales de la commune, et d'autre part les risques potentiels et leur ampleur. La santé devient un objet de tractation lorsque des sols sains viennent à manquer. Seulement, ces seuils traduisent une conception de la qualité des sols qui se limite essentiellement à son absence de toxicité : le droit aspire à faire cesser les atteintes à l'ordre public et est guidé par la détermination de l'usage futur (Billet, 2018).

Certaines législations, comme celles de la Wallonie et de la région de Bruxelles-Capitale, tout en restant concentrées vers cette absence de toxicité, ont élaboré un système de valeurs qui classent les sols en fonction de leur degré de pollution.

Ce que le droit français met en avant, et la loi ALUR l'a formulé comme un objectif clair, c'est à la fois la nécessité de réutiliser des sols déjà dégradés afin d'éviter l'artificialisation de nouvelles surfaces, mais aussi le fait que les sols ont vocation à accueillir des usages et que le principe de compatibilité entre l'usage projeté et l'état du sol s'intéresse davantage au résultat qu'aux moyens mis en œuvre pour l'atteindre. En d'autres termes, le procédé de dépollution peut être destructeur du sol. Il en découle un important

portant modification du titre V du livre V du code de l'environnement, JO 11 mars 2011, p. 4450 ; pour un tour d'horizon actualisé, cf. F. LABELLE et D. THIERRY (dir.), *Droit des sites et sols pollués, Bilans et perspectives*, L'Harmattan, 2018, 286 p.

¹⁵ Directive 2010/75/UE du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles (prévention et réduction intégrées de la pollution) (refonte), art. 3, JOUE L334. 17 déc. 2010, p. 17; Ordonnance n° 2012-7 du 5 janvier 2012, JO 6 janvier 2012, p. 237.

¹⁶ L'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées, fixe en son annexe I les valeurs limites de concentration en éléments-traces dans le sol et interdit l'épandage des boues « Si les teneurs en éléments-traces métalliques dans les sols dépassent l'une des valeurs limites », art. 11 a), JO 31 janvier 1998, p. 1563.

¹⁷ Circulaire du 17 décembre 2012 relative aux diagnostics des sols dans les lieux accueillant les enfants et les adolescents - Deuxième vague de diagnostics, NOR: DEVP1238100C, (Texte non paru au journal officiel).

gaspillage de terres excavées, traitées *ex situ* et alors qualifiées juridiquement de déchets et dont l'entreposage soulève d'autres questions corollaires au projet SOILval (Labrousse and Simon, 2020).

3.3. Les qualités environnementales des sols, une reconnaissance indirecte

Progressivement le droit de l'environnement et de l'urbanisme se sont enrichis de considérations en lien avec les différentes fonctions rendues par les sols. Toutes ne sont pas aujourd'hui protégées ni même prises en compte, toutefois certains textes attestent d'une évolution prometteuse, portée par l'essor des sols dans le débat public (IPBES, 2018; MTES, 2018). Cette partie de l'état des lieux juridiques se concentrera sur la façon dont les projets d'aménagement peuvent être modifiés ou empêchés par la biodiversité présente dans les sols (voir paragraphe 3.3.1), par répercussion des mécanismes de protection de l'eau et des milieux aquatiques (3.3.2) ou (plus rarement) par la préservation de leur volet culturel et paysager (voir paragraphe 3.3.3). D'une manière générale, les évolutions du droit de l'urbanisme et du droit de l'environnement en la matière seront enfin soulignées (voir paragraphe 3.3.4).

3.3.1 Le sol habitat de biodiversité

Parmi les fonctions écologiques du sol figure son rôle d'habitat de biodiversité et le constat de la science est qu'une grande partie de la diversité qu'il contient reste aujourd'hui à découvrir (Orgiazzi et al., 2016). La protection de la biodiversité reposant sur un système de liste identifiant des espèces connues et répertoriées, la biodiversité des sols reste majoritairement à l'écart des mécanismes classiques (Art. L. 411-1 et s. c. env. par exemple). La biodiversité des sols est constituée pour une grande part de micro-organismes et comme le relève Rémi Chaussod, « L'établissement d'une liste finie d'espèces microbienne et leur description n'a guère de sens, la notion d'espèce étant peu assurée chez les procaryotes, les frontières étant particulièrement floues. Il semble au contraire beaucoup plus pertinent d'évaluer les capacités des micro-organismes à varier et à s'adapter, et d'évaluer les limites de ces capacités adaptatives et évolutives » (Chaussod, 1996).

On imagine ainsi que rares sont donc les situations où un projet d'aménagement se verrait remis en cause par la biodiversité du sol. En revanche, sans que la typologie du sol soit nécessairement spécifique à la présence d'une espèce, il va sans dire que la présence d'une espèce végétale protégée à sa surface, ou encore le fait qu'un rongeur y niche (par ex. le Hamster d'Alsace), entraîne alors des conséquences juridiques importantes.

La directive « Habitats » (1992) a recensé cent-quatre-vingt-dix-huit types d'habitats naturels d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation¹⁸ et parmi lesquels soixante-cinq sont prioritaires. Dans la majeure partie de ces habitats identifiés par le projet CORINE biotope¹⁹, la typologie des sols joue un rôle important. C'est en effet le cas des marais et prés salés, des steppes, des dunes, des landes, des pelouses sèches et calcicoles, des prairies, etc. Même si le sol participe à la qualification de l'habitat, ses caractéristiques pédologiques ne sont pas identifiées. À aucun moment il n'est fait mention de sa typologie ni de son stade de formation, qui pourtant pourraient servir à identifier la valeur de l'habitat ou de l'espèce qui y « réside ». Pour l'essentiel, les habitats de la directive européenne sont identifiés au moyen de critères géographiques ou par la végétation, à l'instar des forêts dites « de conifères des montagnes tempérées » ou « méditerranéennes » et « macaronésiennes »²⁰.

Cependant, le manuel d'interprétation des habitats de l'Union européenne publié en octobre 1999²¹ accorde davantage d'attention aux sols, démontrant malgré tout leur importance. La composition chimique et physique des sols est retenue, à l'instar des pelouses calcaires, des prairies à Molinie sur sols calcaires, tourbeux ou argilo-limoneux qui se développent sur des sols pauvres en azote et en phosphore ou encore des Alvars nordiques qui se caractérisent par un sol pulvérulent. La nature du sol permet de déterminer la présence d'une végétation spécifique qui constituera l'habitat ou la zone géographique d'une espèce de faune ou de flore à protéger. *A contrario*, d'autres espèces moins sélectives peuvent évoluer sur des sols de différentes compositions et un même type d'habitat peut être constitué sur

¹⁸ Annexe I de la directive Habitats 92/43 du 21 mai 1992.

¹⁹ CORINE *biotopes-Technical Handbook*, vol. 1, p. 73-109, Corine Biotope/89-2.2, mai 1988, partiellement mis à jour en février 1989; CORINE *Biotopes manual, Habitats of the European Community*, EUR. 12587/3, Officer for Official Publications of the European Communities, 1991.

²⁰ Annexe I, §94 et 95 de la directive 92/43 du 21 mai 1992, préc.

²¹ Manuel d'interprétation des habitats de l'Union européenne, EUR 15/2, octobre 1999, 132 p.

différents types de sols, comme les *Turloughs*, sortes de zones humides situées principalement en Irlande et dont la nature du sol peut être à base de roche calcaire, de tourbe, de marne, d'argile ou d'humus.

Enfin, la prise en compte de la biodiversité du sol par le droit de l'environnement et le droit de l'urbanisme est une problématique qui vient nourrir celle plus large de la préservation de la « biodiversité ordinaire » (Treillard, 2019).

3.3.2 Le sol garant de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques

3.3.2.1 Les zones humides à l'interface sol/eau

L'intégration des éléments de qualité des sols dans les mécanismes de protection de l'eau n'est pour l'heure, pas aboutie. En revanche, il était impossible de séparer l'eau des sols dans le cadre de la protection des zones humides, et le droit, international comme français, se fonde sur les caractéristiques des sols pour délimiter et identifier ces espaces mixtes. Elles permettent de confirmer la localisation de zones humides dont l'expression ne retransmet pas l'immense diversité pédologique. Dénuée de valeur scientifique (Derex, 2013), elle englobe sous un même régime juridique les marais, les étangs, les tourbières, les polders etc. L'art. L. 211-1 du Code de l'environnement les définit comme suit : « on entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire, ou dont la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ». Après un inquiétant débat ouvert par le Conseil d'Etat en 2017 concernant le caractère cumulatif ou alternatif des critères « eau » et « végétation » (le Conseil d'Etat les ayant interprétés de manière restrictive comme cumulatifs au regard de l'arrêté du 24 juin 2008), le législateur est venu effacer le flou de la loi en insérant un « ou » là où un « ; » semait le doute.

L'article R. 211-108 du Code de l'environnement dispose qu'en fonction de régions biogéographiques prédéterminées, « Les critères à retenir pour la définition des zones humides (...) sont relatifs à la morphologie des sols liée à la présence prolongée d'eau d'origine naturelle et à la présence éventuelle de plantes hygrophiles ». Il précise en outre « [qu'] en l'absence de végétation hygrophile, la morphologie des sols suffit à définir une zone humide ». Les types de sols à prendre en compte sont précisés par un arrêté ministériel du 24 juin 2008 modifié au 1^{er} octobre 2009²². Il présente la particularité de se fonder sur le référentiel pédologique élaboré par l'Association française pour l'étude des sols (Baize and Girard, 2009) et en son annexe I sont mentionnés plus d'une dizaine de types de sols dont les histosols, les rédoxisols, les planosols typiques, les sols salsodiques, les podzols humides etc. Le régime français des zones humides fait office d'exemple en matière de prise en compte des caractéristiques des sols puisqu'il s'attache à la particularité de chaque type de sol afin d'en conclure à l'identification d'un espace à protéger. Il nie l'uniformité juridique dans laquelle les sols sont enfermés, au sein même du droit de l'environnement. Les précisions réglementaires en ce domaine donnent ainsi une dimension hautement écologique au « terrain » de l'article L. 211-1 s'y référant. On regrette cependant une trop faible mise en œuvre de ce régime, et en particulier la destruction des zones humides « ordinaires » (CGEDD, 2013).

L'usage agricole, responsable pour une part importante de leur assèchement²³ concentre l'essentiel des préoccupations, mais il ne faut pourtant pas négliger l'impact que les projets d'aménagements (routes, lotissements, zones commerciales etc.) font peser sur ces espaces. Par renvoi de l'article L. 214-1 du Code de l'environnement relatif aux autorisations en matière d'aménagement ayant des impacts sur l'eau, l'article R. 214-1 fait figurer « l'assèchement, [la] mise en eau, [l']imperméabilisation, [le] remblais de zones humides ou de marais » au titre des activités soumises au régime d'autorisation administrative si la surface concernée est supérieure ou égale à 1 hectare, et au régime de déclaration si elle est comprise entre 0,1 et 1 hectare. De la même manière, les zones humides comprises dans un site Natura 2000 sont protégées par la procédure des évaluations d'incidences lorsqu'elles sont d'une superficie supérieure à 0,01 hectare. S'agissant du régime d'autorisation de l'article R. 214-1, les interprétations jurisprudentielles sont périlleuses. Il n'existe qu'un faible nombre de décisions relatives à l'imperméabilisation des zones humides et deux d'entre elles illustrent que le juge se concentre davantage sur le contenu des mesures compensatoires plutôt que sur la qualité du milieu impacté. Par exemple, la Cour administrative. Par

²² Arrêté du 1^{er} octobre 2009 modifiant l'arrêté du 24 juin 2008 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement, JO 24 novembre 2009, p. 20137.

²³ Lire sur ce sujet R. ROMI, Les espaces humides-Le droit entre protection et exploitation des territoires, L'Harmattan, 1992, 122 p.

exemple, la Cour administrative d'appel de Nancy a annulé un projet de ZAC au motif qu'il était incompatible avec le SDAGE car les mesures compensatoires prévues ne couvraient pas une surface suffisante par rapport à celle détruite. À l'inverse, la Cour administrative d'appel de Lyon a été saisie d'un recours formé par le Ministère chargé de l'environnement. Il demandait l'annulation du jugement du Tribunal administratif qui avait annulé, sur recours de la Fédération Rhône-Alpes de protection de la nature de l'Isère, un arrêté préfectoral autorisant la réalisation de travaux et d'ouvrages hydrauliques. La Fédération avançait l'insuffisance de l'étude d'impact réalisée ainsi que l'incompatibilité du projet avec le SDAGE. Après avoir relevé que le projet en cause n'impliquait « pas de remblaiement » et ne prévoyait qu'une « faible imperméabilisation des sols » assortie de mesures compensatoires jugées adéquates²⁴, la Cour a annulé le jugement. Ces deux décisions relèvent l'importance portée par le juge sur la superficie concernée par le projet et la nature des mesures compensatoires, mais il semblerait que les pratiques de l'administration aient évolué sur ce point.).

3.3.2.2 L'imperméabilisation des sols

La capacité des sols à filtrer l'eau afin de limiter les phénomènes d'inondation est certainement la fonction la mieux préservée par le droit. Le fait de ne pas imperméabiliser un sol peut poursuivre des objectifs qualitatifs, tels que la préservation d'un puits de captage d'eau potable, comme quantitatifs dès lors qu'il s'agit d'évacuer les eaux de pluie ou d'écrêter la crue d'un cours d'eau.

La préservation des sols afin de préserver l'eau est un constat largement partagé par la doctrine (Desrousseaux, 2016; Farinetti, 2013). Les communes en sont les principales actrices et il leur appartient, dans le cadre de leur compétence « eau et assainissement » de délimiter « Les zones où des mesures doivent être prises pour limiter l'imperméabilisation des sols et pour assurer la maîtrise du débit et de l'écoulement des eaux pluviales et de ruissellement » (Art. L. 2224-10 CGCT).

Le recours à la planification est par ailleurs un moyen de limiter cette imperméabilisation. Le schéma directeur de gestion des eaux (SDAGE) et le schéma d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE) (Art. L. 212-3 c. env.) qui doit y être compatible, ne traitent pas spécifiquement de l'imperméabilisation des sols, mais tous deux identifient nécessairement les zones déjà imperméabilisées. Déterminé dans chaque bassin hydrographique, le SDAGE offre une approche globale des masses d'eau souterraines et de surface et intègre de ce fait des éléments hydrogéologiques. Le SAGE est établi à une échelle inférieure, celle du sous bassin ou groupement de sous-bassins correspondant à une unité hydrographique ou à un système aquifère. Il a un impact considérable sur l'imperméabilisation du sol dans la mesure où les SCOT (Art. L. 131-1 c. urb. 8°) doivent être compatibles avec leurs dispositions. Le juge administratif exerce cependant un contrôle normal mais de plus en plus « appuyé » (Boyer and Denier-Pasquier, 2022).

Les plans de prévention des risques inondations (Art. L. 566-1 à 13 c. env.) (PPRI) élaborés à l'échelle du bassin prévoient des mesures qui comprennent notamment « les dispositions pour la réduction de la vulnérabilité des territoires face aux risques d'inondation, comprenant des mesures pour le développement d'un mode durable d'occupation et d'exploitation des sols, notamment des mesures pour la maîtrise de l'urbanisation et la cohérence du territoire au regard du risque d'inondation (...) ».

3.3.2.3 La protection du service d'écrêtement des crues des sols par les zones de rétention temporaire des crues et des zones de mobilité des cours d'eau

Les servitudes d'utilité publique énoncées à l'article L. 211-2 du Code de l'environnement ont pour objet de « créer des zones de rétention temporaire des eaux de crues ou de ruissellement, par des aménagements permettant d'accroître artificiellement leur capacité de stockage de ces eaux, afin de réduire les crues ou les ruissellements dans des secteurs situés en aval », mais aussi de « créer ou restaurer des zones de mobilité du lit mineur d'un cours d'eau en amont des zones urbanisées dans des zones dites " zones de mobilité d'un cours d'eau ", afin de préserver ou de restaurer ses caractères hydrologiques et géomorphologiques essentiels ». Elles concernent les terrains riverains d'un cours d'eau ou de la dérivation d'un cours d'eau ou situés dans leur bassin versant ou dans une zone estuarienne et sont prises par arrêté préfectoral suite à une enquête publique, conformément au Code de l'expropriation. Ces servitudes très spécifiques régissent les usages du sol dans un périmètre déterminé et soumettent les propriétaires à certaines obligations, dont la première est de ne pas nuire aux aménagements nécessaires à l'écoulement des eaux. En outre, la loi prévoit un droit de préemption au bénéfice de la collectivité. Ces servitudes ont

²⁴ CAA Lyon, 19 avril 2011, MEEDDAT, n° 09LY01834.

été créées par l'article 48 de la loi du 30 juillet 2003²⁵ relative à la prévention des risques, sous le chapitre II destiné à l'utilisation du sol. Le rapport déposé devant l'Assemblée nationale nous éclaire sur les motivations de telles dispositions : le mécanisme des servitudes a été préféré à celui, plus lourd, de l'expropriation et s'inscrit dans la logique de l'élaboration d'une politique de l'eau plus « douce » et plus « en amont » des zones de crue (Assemblée Nationale, 2003).

Elles renforcent ainsi le lien existant entre les capacités d'absorption des sols et les risques d'inondation, utilisant ces dernières afin d'opérer un ralentissement dynamique des crues (Mazière, 2009). La construction de digues, de remblais ou d'enrochement sont par exemple interdits. Cependant, si elles préservent les sols de l'imperméabilisation ou de tout recouvrement, puisque pour la zone de mobilité par exemple l'accent est mis sur les caractéristiques géomorphologiques, force est de constater que l'instauration d'une zone de rétention temporaire confronte l'objectif de préserver les zones urbanisées en amont avec celui de la préservation de l'état initial des sols : le rapport déposé devant l'Assemblée Nationale mentionne un exemple franco-allemand « où plus de 600 hectares de forêt ont été transformés en zones de rétention des crues, en application de l'article 7 de la convention signée le 6 décembre 1982 entre l'Allemagne et la France » (Mazière, 2009). Ces zones considérées comme soumises à de fortes contraintes environnementales par les rapporteurs de la loi, ont soulevé quelques interrogations quant à leur utilisation en général, au-delà de l'interdiction de leur imperméabilisation. La question s'est en effet posée pour les collectivités propriétaires des parcelles soumises à telle servitude : la commission considère que toute latitude devrait être laissée aux collectivités locales « pour prescrire les aménagements nécessaires, au risque sinon de voir ces collectivités publiques tentées d'en faire des terrains boisés, ce qui pourrait nuire à la qualité et à la diversité des paysages et limiterait l'activité agricole » (Assemblée Nationale, 2003). Elle ajoute en outre qu'il faut considérer que « les terrains acquis par le jeu du droit de délaissement ou du droit de préemption urbain sont par nature des terrains sur lesquels l'exploitation agricole ne peut plus être menée dans des conditions normales et équilibrées » (Assemblée Nationale, 2003). Il importe donc aux collectivités de mener une politique mesurée et réfléchie qui doit s'affranchir du seul objet de la lutte contre les inondations. La servitude d'utilité publique se révèle être un outil efficace de préservation des sols contre l'imperméabilisation lorsque des enjeux liés à l'eau interviennent. Leur faible mise en œuvre est toutefois à regretter.

3.3.3 La reconnaissance progressive de la qualité intrinsèque des sols en droit de l'urbanisme

Peut-être au bénéfice de résultats de projets de recherche (Uqualisol-ZU²⁶ ; MUSE²⁷), la question de la prise en compte des valeurs ou qualités des sols dans les projets d'aménagement arrive à un stade presque construit dont la suite pourrait probablement être celle d'une intégration par le droit. Le terme de qualité, volontairement choisi pour l'écho dont il dispose en droit de l'environnement et en droit de l'urbanisme pour identifier le bon état des milieux, ne peut plus être entendu que comme reflétant leur seule qualité d'usage (Desrousseaux, 2016; Meynier, 2020; Misonne, 2011). Un changement de paradigme semble s'amorcer et si l'on regrette, dans le cadre de la lutte contre l'artificialisation des sols, la suppression de l'objectif de la « gestion économe des sols » au titre des principes du droit de l'urbanisme (ex Art. L. 110 c ; urb.), d'autres dispositions offrent de nouvelles perspectives.

En effet, l'art. L. 101-2 6° du Code de l'urbanisme comporte parmi ses objectifs la préservation de la qualité du sol. Cette qualité n'est pas définie ni ne renvoie à un régime juridique existant, toutefois par résonance avec la qualité de l'air et de l'eau figurant dans la même disposition, on peut en faire une analyse téléologique et en déduire que la qualité à laquelle il est fait référence peut être, entre autres choses, environnementale. Des avancées législatives et réglementaires, notamment apportées par la loi Climat et résilience, précisent aujourd'hui le contenu de cette notion. La définition de l'artificialisation des sols évolue dans le sens d'une prise en compte des fonctions du sol, tandis qu'un décret viendra identifier lesquelles et avec quelles conséquences. Cette loi donne une assise législative à la notion d'artificialisation des sols, tandis qu'à ce jour seules une instruction (du 29 juillet 2019 relative à l'engagement de l'État en faveur d'une gestion économe de l'espace) et une circulaire (du 24 août 2020 sur le rôle des préfets en matière d'aménagement commercial dans le cadre de la lutte contre l'artificialisation) la mentionnent, à l'exception des exigences de bilans en termes de mesures attendues

²⁵ Loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages, JO 31 juillet 2003, p. 13021.

²⁶ <https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/563-uqualisol-zu-preconisation-d-utilisation-des-sols-et-qualite-des-sols-en-zone-urbaine-et-peri-urbaine.html>

²⁷ <https://www.cerema.fr/fr/actualites/projet-muse-integrer-multifonctionnalite-sols-documents>

par les SCOT et les PLU/I depuis la loi Grenelle II (2010) (art. L. 141-10 c. urb. pour les SCOT ; art. L. 151-4 c. urb. pour les PLU).

Cette réforme attendue aura par ailleurs des conséquences en matière de « désartificialisation des sols ». L'instruction gouvernementale (2019) y fait d'ailleurs référence mais sans en préciser ni le degré ni la méthode (cf. 3.10 et 6 du rapport). En effet, l'instruction invite les préfets à encourager « les projets ou les démarches visant la réhabilitation, la renaturation ou la désartificialisation de zones anthropisées ». Un parallèle peut dès lors être fait avec les différentes façons dont le droit accompagne ou contraint à la restauration des sols.

3.4. De la connaissance à la restauration de la qualité des sols

La notion de qualité des sols étant non définie, il n'existe pas en droit de critères objectifs auxquels les différents acteurs de l'aménagement peuvent se référer. Aussi, la prise en compte des impacts sur les sols par les évaluations environnementales reste aujourd'hui insuffisante (3.3.1). Ce défaut de connaissance a par la suite des répercussions sur la façon dont vont être remis en état (3.3.2) voire restaurés (3.3.3) les sols dégradés. Ainsi se pose la question des critères exigés de la future « désartificialisation » (3.3.4).

3.4.1 Des qualités sous-évaluées dans les évaluations environnementales des projets

L'adoption de la directive 2014/52/EU²⁸ a imposé aux Etats membres de l'Union européenne de prendre en compte les impacts des projets sur la ressource en sol. Plus exactement, la version anglaise du texte mentionne le terme « land », ce qui a été traduit en français par les « terres ». On comprend ainsi, mais avec quelques incertitudes, que l'objet visé porte sur la surface de terres impactées par un projet, plutôt que sur les qualités. En effet, ce texte qui réforme l'évaluation environnementale s'inscrit dans la logique poursuivie par la Commission européenne dans sa « Feuille de route pour une Europe efficace dans l'utilisation des ressources », de parvenir à « supprimer d'ici à 2050 toute augmentation nette de la surface de terres occupée » (COM (2011)571).

Or, en dépit d'un intérêt croissant pour cette question, un projet de recherche mené à l'échelle européenne montrait une évolution très timide des pratiques (SURFACE, 2017-2021), ce qui démontre que la tendance à sous-estimer les impacts d'un projet sur les sols n'est pas une particularité française. A notre échelle, le rapport annuel de l'autorité environnementale de 2019 tirait des conclusions sévères : « *L'artificialisation des sols se poursuit et les mesures de compensation restent privilégiées par rapport à l'évitement et à la réduction des impacts et, même lorsqu'elles sont prévues et mises en œuvre, encore très en deçà des destructions occasionnées, faute de prendre en compte une approche écosystémique et de considérer les fonctionnalités liées à la biomasse et à la capacité de stockage du carbone. Les objectifs « zéro artificialisation nette » et « zéro perte nette de biodiversité » restent encore des horizons peu concrets* » (p. 5).

D'une part, le champ d'application du mécanisme de l'évaluation environnementale n'est pas calibré pour intégrer les projets ayant un impact sur le sol, d'autre part, l'approche surfacique montre d'importantes lacunes dans sa mise en œuvre. On en déduit un défaut de connaissances sur les impacts des activités humaines sur les sols à l'échelle de la parcelle mais aussi d'un territoire, pour ceux régis par des documents de planifications soumis à une telle évaluation. Il en résulte un intérêt relatif lors des opérations de remise en état des sols.

3.4.2 La remise en état des sites et sols pollués

La question de la remise en état des sols pollués est largement traitée par la doctrine juridique, notamment sur la question de la détermination des responsables de la pollution (Billet, 2018; Deharbe, 2005), accompagnée de celle de la détermination des délais de prescription (Trebulle, 2010) qu'il s'agisse de la mise en œuvre de la législation « Déchets », « ICPE », ou plus récemment « sols pollués » (Boivin et Souchon, 2014).

Dans le cadre de cet état de l'art, une partie est consacrée au seuil de non dangerosité ou toxicité des sols (4.1.3) comme dessinant un seuil de qualité minimal. Ici, il s'agira de démontrer que ce que le droit met en avant, et la loi ALUR l'a formulé comme un objectif clair, c'est à la fois la nécessité de réutiliser des sols déjà dégradés afin d'éviter l'artificialisation de nouvelles surfaces, mais aussi le fait que les sols ont

²⁸ DIRECTIVE 2014/52/UE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 16 avril 2014 modifiant la directive 2011/92/UE concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement.

vocation à accueillir des usages et que le principe de compatibilité entre l'usage projeté et l'état du sol s'intéresse davantage au résultat qu'aux moyens mis en œuvre pour l'atteindre. Il en découle un important gaspillage de terres excavées, traitées *ex situ* et alors qualifiées juridiquement de déchets et dont l'entreposage soulève d'autres questions corollaires au projet SOILval (Labrousse and Simon, 2020). L'heure est certes aux arbitrages dans un contexte de densification et de recyclage du foncier, mais le cadre juridique mis en place apparaît, sous divers aspects, inadapté à la forte rémanence de certains polluants dans les sols. Des interrogations ont été soulevées à cet effet dans le cadre du projet BATICOV (2017) vis-à-vis des pollutions volatiles du sol vers les bâtiments.

A titre de proposition, ne serait-il pas opportun d'envisager, en plus de la prise en compte de l'usage futur des sols, la restauration de tout ou partie de leurs fonctions sur les parties non imperméabilisées du site du projet ? Au-delà, pour le cas des friches industrielles situées dans des espaces naturels protégés, ne pourrait-on pas exiger le recours à la restauration écologique ?

3.4.3 La restauration écologique (anecdotique) des sols dégradés

Lorsqu'ils sont dégradés, en réalité essentiellement pollués, les sols peuvent faire l'objet d'une remise en état, imposée soit par la législation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (Art. L. 511-1 et s. c. env.), soit et depuis plus récemment, par la législation relative aux sols pollués (Art. L. 556-1 à 3 c. env.). Cette remise en état n'est que faiblement encadrée par le droit et renvoie à une *Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués* (2017) guidée par le principe de « compatibilité entre l'usage futur et l'état des sols » (Art. L. 556-2 c. env.). En dépit d'expériences concluantes (Heckenroth et al, 2016), la restauration écologique des sols reste anecdotique et exceptionnelle (IPBES, 2018), sauf si d'autres législations l'exigent comme ce peut être le cas dans un site Natura 2000.

La restauration écologique est définie par la *Society for Ecological restoration* comme « une action intentionnelle qui initie ou accélère l'autoréparation d'un écosystème en respectant sa santé, son intégrité et sa gestion durable ». La restauration peut être mise en œuvre « pour réparer des écosystèmes dont la dégradation a une origine humaine (la plupart des cas) ou naturelle (incendies, inondations, tempêtes, etc.) dans la mesure où l'écosystème ne peut retrouver son stade antérieur à la perturbation ou sa trajectoire d'évolution historique »²⁹. La restauration s'inscrit dans le temps long afin que l'écosystème perturbé puisse de lui-même retrouver ses fonctions. Les sols bénéficient d'une grande résilience et malgré des dégradations prolongées comme une artificialisation sur plusieurs décennies, ils peuvent être refunctionalisés.

Dans le cadre du ZAN, la question de la désartificialisation des sols est posée et interrogée actuellement les services techniques sur le degré de désartificialisation qui pourrait être exigé, mais surtout atteint. Les obligations du maître d'ouvrage d'un projet en la matière pourraient s'orienter vers l'exigence de « renaturation » qui est un concept déjà connu dans le cadre de la restauration de l'eau et des milieux aquatiques. Ainsi la renaturation du sol artificialisé s'effectuerait selon les préceptes de la restauration écologique et non selon ceux des sites et sols pollués, ce qui permettrait de mettre l'accent sur les services rendus par les sols. Une telle proposition viendrait notamment préciser l'instruction du Gouvernement du 29 juillet 2019 relative à l'engagement de l'État en faveur d'une gestion économe de l'espace. Le texte, pris en amont de la loi relative à la lutte contre le dérèglement climatique encore en discussion, oscille entre différente méthode de désartificialisation en invitant les préfets à encourager « les projets ou les démarches visant la réhabilitation, la renaturation ou la désartificialisation de zones anthropisées ».

3.4.4 De la renaturation à la désartificialisation des sols

Le présent rapport évoque en son point 3 (cf. supra) les pistes de mise en œuvre de la désartificialisation des sols. Les différences entre les procédés ne seront donc pas développées ici. Il s'agira en revanche s'interroger sur la façon dont le droit pourrait intégrer la notion de désartificialisation. Pour des raisons de cohérence avec les acteurs de l'eau et des milieux aquatiques, mais aussi de compréhension à l'échelle internationale, l'aspect pratique de parler de « renaturation » doit être souligné. Comme évoqué supra (voir paragraphe 3.3.3), les textes qui encadrent pour l'heure la désartificialisation n'ont pas précisé le procédé auquel il pourra être recouru. La loi « Climat et résilience », fixe la définition de renaturation ou désartificialisation d'un sol comme correspondant à des actions ou des opérations de

²⁹ Society For Ecological Restoration International, L'abécédaire sur l'écologie de la restauration, Science & Policy Working Group (Version 2, octobre, 2004), p. 2.

restauration ou d'amélioration de la fonctionnalité d'un sol, ayant pour effet de transformer un sol artificialisé en un sol non artificialisé. Jusqu'en août 2021, cette notion de renaturation était jusqu'alors en effet connue du droit sans pour autant y être définie. 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 viendra nécessairement interroger les pratiques des aménageurs notamment en matière de réversibilité des ouvrages. 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.

De façon surprenante eu égard à son usage, jusqu'à l'adoption de la loi climat et résilience 2021, la notion de renaturation ne dispose pas de base légale en droit français. Les deux types de sources dans lesquelles il y est fait mention sont des décrets et des circulaires. Elle a donc une base réglementaire. Un contentieux a d'ailleurs été soulevé à ce sujet : les requérants invoquaient l'illégalité d'un arrêté préfectoral au motif qu'il exigeait la « renaturation » de la réserve naturelle de la Crau polluée par la fuite d'hydrocarbures d'un pipeline. Le préfet ayant entre temps retiré son arrêté, le tribunal administratif de Marseille n'avait pu statuer sur cette question³⁰.

Les domaines y ayant recours sont celui de l'eau à titre principal, mais aussi des réserves naturelles et de manière plus anecdotique (un seul texte), celui du développement écologique des territoires.

3.4.4.1 L'eau

La renaturation concerne essentiellement les cours d'eau. D'un point de vue institutionnel, cette compétence ressort du « bloc communal » et est affiliée au « service public de la gestion des milieux aquatiques et de la prévention des inondations selon les précisions de la stratégie d'organisation des compétences locales de l'eau (SOCLE)³¹.

Dans le cadre de l'identification des cours d'eau, la loi exige l'existence d'un lit « d'origine naturelle »³², mais il est précisé par voie de circulaire que « en fonction des usages locaux, des bras artificiels (tels que des biefs) laissés à l'abandon et en voie de renaturation peuvent être considérés comme des cours d'eau »³³. Dans le cadre de notre étude, cette précision n'est pas sans intérêt, dans la mesure où on peut en déduire que des sols, mêmes artificialisés peuvent faire l'objet d'opération de renaturation et être considérés, selon les contextes locaux, comme n'étant plus artificiels. Par ailleurs, s'agissant du contrôle des débits minimaux des cours d'eau, certains cours d'eau peuvent être classés en « atypiques » en cas d'absences de certaines espèces (Art. R. 214-108 c. env.). Il en découlera la possibilité de modifier le débit du cours d'eau. Toutefois, une circulaire précise qu'il appartient au pétitionnaire de démontrer « que l'absence des espèces est un état de fait historique du cours d'eau lié à des paramètres naturels non influencés par des aménagements anthropiques, et ne peut être compensée par des opérations de renaturation. »³⁴. Enfin, la finalité environnementale évidente des projets de renaturation de cours d'eau peut déroger à la législation IOTA³⁵.

3.4.4.2 Les réserves naturelles

Sans pouvoir avancer pour l'heure d'éléments d'explications, il est apparu dans le cadre des recherches effectuées pour ce projet que la notion de renaturation trouvait à s'appliquer localement. On la retrouve en effet sous forme d'objectif dans les décrets de création de trois réserves naturelles : celle de la forêt

³⁰ TA Marseille, 25 janvier 2011, n° 1002424.

³¹ Note du 7 novembre 2016 relative à la stratégie d'organisation des compétences locales de l'eau

³² Définition d'un cours d'eau (art. L.215-7-1 c. env+ CE. 21 oct. 2011, min. de l'Écologie c. EARL Cintrat, n° 334322, publiée au Recueil) : « Constitue un cours d'eau un écoulement d'eaux courantes dans un lit naturel à l'origine, alimenté par une source et présentant un débit suffisant la majeure partie de l'année. L'écoulement peut ne pas être permanent compte tenu des conditions hydrologiques et géologiques locales. »

³³ Instruction du Gouvernement du 3 juin 2015 relative à la cartographie et l'identification des cours d'eau et à leur entretien.

³⁴ Circulaire du 5 juillet 2011 relative à l'application de l'article L. 214-18 du code de l'environnement sur les débits réservés à maintenir en cours d'eau

³⁵ Décret n°2017-1845 du 29 décembre 2017 relatif à l'expérimentation territoriale d'un droit de dérogation reconnu au préfet ; Note technique du 5 février 2018 relative à l'instruction des dossiers de déclaration au titre de la loi sur l'eau.

d'Orient³⁶, celle de la Petite Camargue alsacienne³⁷ et celle du Haut-Rhône français³⁸. On y comprend que des travaux de renaturation, notamment d'espaces forestiers artificialisés, peuvent être prévus par le plan de gestion des réserves. Ainsi, en Petite Camargue, le décret prévoit toute activité sylvicole à l'exception notamment « des opérations réalisées afin de favoriser le maintien de l'équilibre écologique des peuplements, d'étêter les saules, d'exploiter les essences allochtones en vue de la renaturation d'espaces forestiers artificialisés, de reconstituer des peuplements typiques de la forêt alluviale ou de restaurer des milieux ouverts alluviaux, sous réserve qu'elles soient définies dans le plan de gestion approuvé » (Art. 9).

On s'étonne alors que ce vocabulaire soit limité aux réserves alors qu'il pourrait être étendu aux autres mécanismes de protection des espaces naturels tels que les parcs nationaux ou de protection des espèces tels que Natura 2000. Il semblerait que la notion de « restauration » y soit préférée.

3.4.4.3 Le développement écologique des territoires

Enfin, la mention de la renaturation dans une instruction relative au fonds de soutien à l'investissement en faveur des territoires pourrait sembler anecdotique³⁹, mais elle est en réalité révélatrice d'un mouvement plus important de prise en compte de la fonctionnalité des écosystèmes en milieu urbain. En effet, parmi les projets éligibles, sont identifiés comme « grande priorité thématique », ceux qui portent sur « Le développement écologique des territoires, la qualité du cadre de vie, la rénovation thermique, la transition énergétique, le développement des énergies renouvelables ». Une liste d'exemple vient compléter cette catégorie, parmi lesquelles figurent les projets de renaturation ou d'atténuation des effets des canicules. Le lien avec la couverture des sols semble évident et ces investissements s'inscrivent dans une démarche d'accompagnement des collectivités pour qu'elles portent des actions de désimperméabilisation des sols. Ce type d'actions peut par ailleurs parfaitement allier les exigences de qualité de l'eau (renaturation des berges) avec celles du cadre de vie. Elles constitueront peut-être des leviers pour désartificialiser certains espaces, dans la mise en œuvre du ZAN des sols.

A travers les différents exemples existants en droit, on peut en conclure que la renaturation est un procédé conduisant potentiellement à la désartificialisation d'un milieu, dès lors qu'elle poursuit une exigence de refonctionnalisation.

³⁶ Décret n°2002-996 du 9 juillet 2002 portant création de la réserve naturelle de la forêt d'Orient (Aube).

³⁷ Décret n°2006-928 du 27 juillet 2006 portant création de la nouvelle réserve naturelle nationale de la Petite Camargue alsacienne (Haut-Rhin).

³⁸ Décret n° 2013-1123 du 4 décembre 2013 portant création de la réserve naturelle nationale du Haut-Rhône français.

³⁹ Instruction du 2 février 2021 relative à la composition et règles d'emploi des dotations et fonds de soutien à l'investissement en faveur des territoires en 2021.

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

4.1. Introduction

Ce chapitre aborde la question de l'intégration des enjeux du sol au sein du droit wallon de l'aménagement du territoire. La protection du sol en droit wallon a déjà fait l'objet de plusieurs études doctrinales (Born, 2010; Cartuyvels and Renoy, 2019; Gors et al., 2021; Jans, 2010; Vanheusden, 2010). L'objet de cette recherche est plus circonscrit : cette recherche vise spécifiquement à analyser comment le droit de l'aménagement du territoire appréhende le sol et sous quelles modalités. L'hypothèse que nous formulons est que le droit wallon de l'aménagement du territoire, réglé essentiellement au sein du CoDT, traduit une posture à l'égard du sol qui reconnaît sa multifonctionnalité : le sol, vivant (Pessis, 2020) et véritable écosystème est également vecteur d'usages anthropiques. Comme l'expriment les travaux préparatoires du décret Sols, « le sol remplit de nombreuses fonctions vitales pour l'homme et les écosystèmes. Ainsi, il permet notamment la production d'aliments et de biomasse, ainsi que le stockage, la filtration et la transformation de substances diverses. Il sert d'habitat naturel à une multitude d'organismes vivants. De plus, il constitue le support physique pour les activités humaines et économiques (infrastructure, logement, sites d'activités industrielles, exploitations agricoles) » (Parlement Wallon, 2017). Le droit opère alors la médiation entre ces différentes postures, valeurs exprimées sur le sol, en les traduisant différemment dans son propre langage. Autrement dit, en définitive, c'est le langage juridique exprimé par le CoDT sur le sol qu'il s'agit de relever et d'analyser.

Pour ce faire, méthodologie juridique est celle classiquement usitée en droit qui se fonde sur la législation, la jurisprudence et doctrine pertinentes. Le CoDT, en tant que législation relative à l'aménagement du territoire et de l'urbanisme wallon, sera l'objet principal de notre étude (II). Il conviendra de mesurer dans quelles rationalités le CoDT développe à l'égard du sol et dans quelle mesure celui-ci puise dans d'autres régimes normatifs. Préalablement, en guise de contexte, il s'agira d'esquisser rapidement les contours du sol en droit wallon, et plus spécifiquement au sein du décret Sols (I). Nous terminerons, sans conclure, par quelques remarques provisoires (III)⁴⁰.

4.2. La protection du sol en droit wallon

Les statuts du sol sont multiples, et les textes applicables sont nombreux. D'aucuns y voient un « véritable capharnaüm » (Born, 2010, p. 50). Il s'agira d'y faire un peu d'ordre (A) avant d'analyser succinctement le décret relatif à la gestion et à l'assainissement des sols (« Décret Sols ») qui constitue la législation principale wallonne qui traite spécifiquement du sol, et mérite, à ce titre, section séparée (B).

4.2.1 Quelques considérations générales sur le sol en droit wallon

En droit belge, l'apparente simplicité d'une régionalisation⁴¹ de la protection du sol et du sous-sol, au même titre que la conservation de la nature (art. 6§1 II, 1° et 6§1, III de la loi spéciale de réformes institutionnelles du 8 août 1980) ne peut tromper. Les statuts du sol et son régime juridique n'en sont pas moins complexes et éparpillés.

D'une part, différents statuts lui sont attribués et traduisent la pluralité de conceptions et de valeurs qui lui est projetée. D'abord, le sol est d'abord un bien approprié au sens du Code civil (art. 552 ancien Code Civil et art. 3.62 Code Civil). L'on devrait néanmoins parler de fonds plutôt que de sol dans cette hypothèse (Gors et al., 2021, p. 668). Sous la maîtrise de son propriétaire, il s'ensuit de ces dispositions que, sauf intervention(s) de la loi, le degré de protection du sol est lié au sort que le propriétaire souhaite lui réserver. Notons que s'impose de plus en plus la notion, issue de la littérature anglophone, de « landstewardship », que l'on pourrait tenter de traduire par celle d'« intendance », qui vise à contrebalancer les prérogatives du propriétaire par l'imposition d'obligations pour des raisons

⁴⁰ La version de ce rapport est provisoire et s'étoffera notamment des inputs qui se dérouleront dans le cadre des ateliers.

⁴¹ L'on notera que quelques éléments pertinents pour cette problématique sont encore la compétence de l'état fédéral ; il en va ainsi des normes de produit (art. 6, § 1er, II, al. 2 de la loi spéciale). Il s'agit de règles qui « déterminent de manière contraignante les conditions auxquelles un produit doit satisfaire, lors de la mise sur le marché, entre autres en vue de la protection de l'environnement » (Cour Constitutionnelle, n° 10/1995, 2 février 1995, point B.1.3).

écologiques (Vanheusden, 2018). Sans nécessairement constituer des synonymes, la « fonction écologique de la propriété », largement étudiée par la littérature juridique, promeut un argumentaire similaire en légitimant les justifications faites au droit de propriété eu égard à sa fonction écologique (Grimonprez, 2015; Leray, 2019; Millet, 2015).

Ensuite, le sol fait partie intégrante 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. Ceci entre en écho avec le fait que le sol constitue une ressource non renouvelable à l'échelle humaine. Le sol, pris comme élément de l'environnement, est alors entendu comme élément naturel, et non seulement support d'usages anthropiques. En ce sens, l'on ne peut se contenter de voir le sol comme une chose appropriable ; la notion de patrimoine commun « transpropriant »⁴² la propriété de celui-ci (Sambon, 2020, p. 15). D'autre part, les textes traitant du sol sont nombreux. Leur énumération exhaustive prendrait la forme d'un inventaire à la Prévert. Le 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° dudit Décret⁴³), ne règle pas l'entièreté des questions touchant au sol. Le Code du développement territorial (« CoDT »), par son objet, intéresse directement le sol et l'usage que l'on peut en faire (voy. *infra*).

L'on retrouve des dispositions qui intéressent le sol dans de nombreuses autres législations wallonnes. Sans souci d'exhaustivité, l'on citera pêle-mêle, la loi sur la conservation de la nature qui peut protéger le sol indirectement via les réserves naturelles, forestières ou par les sites Natura 2000, le Code de l'eau en ce qu'il établit les objectifs environnementaux relatives aux eaux souterraines qui sont comprises dans la définition juridique du sol (art. D. 22 du Code de l'Eau), le décret du 11 mai 1999 relatif au permis d'environnement qui permet au Gouvernement d'édicter des conditions générales, sectorielles ou intégrales pour les installations et activités classées en vue d'atteindre les objectifs du décret qui visent notamment la préservation du sol et du sous-sol, le Code forestier qui contient quelques dispositions relatives directement à la protection du sol en bois et forêts (not. son article 46), le Code Wallon de l'agriculture qui a notamment pour objectif la préservation de la biodiversité et des sols qu'il vise d'atteindre au travers des exigences de la conditionnalité environnementale qui intéressent le sol ou via des mesures de lutte contre l'érosion des sols agricoles, le décret du 27 juin 1996 relatif aux déchets ou encore des dispositions relatives à l'utilisation des pesticides au sein du décret du 10 juillet 2013 instaurant un cadre pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable. L'on relèvera également, 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 septique, l'arrêté du Gouvernement wallon du 30 novembre 1995 relatif à la gestion des matières enlevées du lit et des berges des cours et plans d'eau du fait de travaux de dragage ou de curage qui contient des dispositions de qualité des matières enlevées du lit et des berges des cours et plans d'eau en vue d'une valorisation sur les sols ou encore la loi du 12 août 1911 sur la conservation de la beauté des paysages qui impose à tout exploitant de mines, minières ou carrières de restaurer l'aspect du sol « en boisant ou en garnissant de végétation les excavations, déblais ou remblais destinés à subsister d'une manière permanente. Les plantations seront exécutées à mesure de l'achèvement partiel successif des travaux »

4.2.2 Le sol et son décret

Le décret du 1^{er} mars 2018 relatif à la gestion et à l'assainissement des sols (« Décret Sols ») constitue la principale législation qui traite des sols en Région Wallonne. Ce décret, rappelant que le sol fait « partie intégrante du patrimoine commun », reconnaît les « fonctions vitales pour l'homme et les écosystèmes » que le sol remplit comme, notamment, « la production d'aliments et de biomasse, le stockage, la filtration et la transformation de substances diverses » (art. 1§1, al. 1). Le sol en tant que valeur pour *soi* et en tant que valeur pour *l'humain* est reconnu. La notion de « qualité des sols » apparaît à plusieurs reprises. Le

⁴² La transpropriation est un concept théorie par F. Ost qui le définit comme imposant « une logique complexe qui prend en compte les usages multiples que permettent les espaces et les ressources, et met en place des réseaux de droits d'accès, d'usage et de contrôle débordant les découpages issus de la propriété autant que de la souveraineté » (F. Ost, *La nature hors-la-loi*, La Découverte, 1995, p. 323).

⁴³ Cette définition est relativement proche de celle du décret relatif au permis d'environnement (*M.B.*, 8 juin 1999) qui définit quant à lui le sol comme « la couche superficielle de l'écorce terrestre située entre le substratum rocheux et la surface, constituée de particules minérales, de matières organiques, d'eau, d'air et d'organismes vivants » (art. 1, 27°). Ces deux définitions offrent comme points communs de définir le sol comme une couche superficielle composée d'organismes vivants.

décret Sols vise à « **préserver et à améliorer la qualité du sol**, à prévenir l'appauvrissement du sol ainsi que l'apparition de la pollution du sol » (art. 1 §1, al. 3). Il énonce également que les actions de la Région Wallonne visent « dans une approche intégrée à préserver la **qualité du sol**, à lutter contre les nombreuses menaces qui pèsent sur le sol, à remédier à la dégradation des sols et à promouvoir une **utilisation durable du sol** » (art. 1§1, al. 2).

Les objectifs sont donc bien clairs : il s'agit de préserver et améliorer la qualité du sol, tant pour sa valeur intrinsèque que d'usages anthropiques. La notion de qualité des sols n'est cependant pas définie⁴⁴. Le décret comporte une dimension préventive (art. 3 et s.) et une dimension curative (art. 19 et s.). L'article 3 dispose que « [t]oute personne est tenue de prendre les mesures appropriées afin de préserver le sol et de prévenir toute pollution nouvelle du sol ». Cette disposition instaure une obligation générale de prévention, en vue de protéger le sol. Préserver le sol, à la différence de prévenir de toute pollution - la prévention serait plus large que la contamination -, n'implique pas l'instauration d'un seuil. Les titulaires de l'obligation générale vise l'« ensemble des citoyens, des acteurs économiques, et des pouvoirs publics » (Hauzeur, 2019, p. 287). Cette obligation générale de prudence comporterait tant un volet passif qu'actif, interprété à l'aune de l'obligation générale de prudence. Bien qu'intéressante, la portée pratique de cette disposition semble limitée en ce que son contour est néanmoins imprécis, ne pouvant constituer au plus une obligation de moyens qui n'est de toutes façons pas sanctionnée pénalement (Born, 2010, p. 17). Il en va de même pour l'article 4, dernier alinéa, comporte une disposition similaire à l'article 3 en ce qu'il expose que « Quiconque modifie ou exploite un sol veille à **prévenir l'érosion** qui pourrait menacer la **qualité du sol** à long terme, par des techniques de génie rural et d'exploitation appropriées, telles qu'un aménagement antiérosif des parcelles, des techniques culturales antiérosives, une rotation des cultures ». L'article 4, premier alinéa, offre quant à lui d'une série d'habilitations faites au gouvernement en vue de « protéger le sol et d'en assurer une utilisation durable et respectueuse de l'environnement, de **préserver et de restaurer sa qualité** et de prévenir les processus de dégradation et d'altération qui l'affectent » (art. 4, nous soulignons). Ces habilitations sont diverses et concernent notamment la gestion des terres incorporées dans le sol mais peuvent également viser gestion d'ouvrages susceptibles de porter atteinte à la **qualité des sols** ou la réglementation de certains usages du sol et de l'utilisation des matières organiques ou les fertilisants destinés à être épandus notamment dans le cadre d'activités agricoles. Pour l'instant, seul un arrêté du gouvernement wallon du 5 juillet 2018 relatif à la gestion et à la traçabilité des terres a été adopté sur base de cette disposition⁴⁵.

Le décret Sols est néanmoins plus explicite quant aux contours à donner à la qualité des sols visés dans sa partie curative. La pollution du sol est définie comme « la présence sur ou dans le sol de polluants qui sont préjudiciables ou peuvent être préjudiciables, directement ou indirectement, à la **qualité du sol** » (art. 2, 3°). La pollution touche donc à la **qualité du sol** et est définie à partir de la notion de polluant, quant à elle définie comme « produit, préparation, substance, composé chimique, organisme, ou micro-organisme qui, en raison de sa concentration, est constitutif d'une pollution et généré par l'activité humaine » (art. 2, 2°). Sans entrer dans toutes les subtilités, la qualité du sol trouve ici sa concrétisation juridique dans les valeurs « seuils » et « particulières » (*Décret relatif à la gestion et à l'assainissement des sols*, 2018, pt. art. 2, 23 et 24°) qui sont à la fois le fait générateur d'obligations et en même temps le seuil d'extinction des obligations (*Décret relatif à la gestion et à l'assainissement des sols*, 2018, pt. art.19). Les valeurs visent essentiellement à assurer la compatibilité de l'usage avec l'état de la qualité du sol. La définition de la valeur seuil est établie au sein de l'annexe I (« Normes »), qui va distinguer selon les usages (de I à V) les valeurs seuils (Cf. Tableau 1 ci-dessous). Ces normes sont établies sur base des analyses de « risques effectués pour trois types de cibles : l'homme, les eaux souterraines et les écosystèmes, et ce

⁴⁴ Il importe de remarquer que le décret Sols n'est pas la seule législation qui émet certaines normes destinées à qualifier la qualité du sol. Transposant la directive 86/278/CEE du Conseil du 12 juin 1986 relative à la protection de l'environnement et notamment des sols, lors de l'utilisation des boues d'épuration en agriculture, l'arrêté du Gouvernement wallon 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 réglemente l'usage des boues sur ou dans le sol notamment via l'établissement de normes d'immission qui consacrent des valeurs limites de concentration dans le sol de métaux lourds tels qu'établies par une annexe de l'arrêté.

⁴⁵ Arrêté du Gouvernement wallon du 5 juillet 2018 relatif à la gestion et à la traçabilité des terres et modifiant diverses dispositions en la matière, *M.B.*, 12 octobre 2018. Le principe qui innove cet arrêté est de s'assurer que la qualité des terres soit compatible avec le type d'usage des sites récepteurs. Ce faisant, cet arrêté établit un système de contrôle qualité des terres, des conditions d'utilisation des terres et de leur transport et traçabilité. Un système de responsabilité dans la gestion des terres est également mis en place. Un projet d'arrêté en vue de réglementer l'utilisation de matières organiques et de fertilisants sur les sols est cependant en préparation, de même qu'un projet d'arrêté réglementant les citernes à mazout.

pour cinq types de scénarios ayant donné lieu aux usages de l'annexe 1^{re} du décret. De la sorte, pour chaque scénario (type d'usage) une valeur de « concentration problématique » en polluant a été établie pour chaque type de cible, soit VSH (santé humaine), VSN (eaux souterraines) et VSE (écosystème). Pour chaque polluant, les valeurs seuils (normes) ont ensuite été établies, pour chaque type d'usage comme étant la valeur minimale entre ces trois valeurs ». Voici un extrait choisi de cette annexe I pour illustrer les différentes valeurs seuils selon les différents types d'usage :

Type d'usage		Sol (mg/kg matière sèche)					Eaux souterraines (µg/L)
		I naturel	II agricole	III résidentiel	IV récréatif ou commercial	V industriel	
Métaux/métalloïdes							
arsenic	VS	30	30	40	40	65	10
cadmium	VS	1,8	1,8	3	10	20	5
chrome total ⁽¹⁾	VS	57	57	78	140	268	50
chrome VI ⁽²⁾	VS	4	4	4	13	13	9
cuivre	VS	53	53	156	490	600	100

Ces usages sont distingués selon la situation de fait (annexe III) ou de droit (annexe II). La situation de droit se fonde sur le zonage établi par le plan de secteur, la carte d'affectation du plan de secteur (voy. *infra*) ou du SOL.

I ⁴⁶	Zone Forestière ; Zone Naturelle
II	Zone Agricole
III	Zone d'habitat ; Zone d'habitat à caractère rural ; Zone d'extraction ; Zone d'aménagement communal concerté ; Zone d'espaces verts
IV	Zone de loisirs ; Zone de parc ; Zone d'aménagement communal concerté à caractère économique ; Zone de services publics et d'équipements communautaires ; Zone d'activité économique mixte ; Zone d'activité économique spécifique marquée de la surimpression "G.D."
V	Zone de services publics et d'équipements communautaires marquée de la surimpression "CET" ou "CETD" ; Zone d'activité économique industrielle ; Zone d'activité économique spécifique marquée de la surimpression "R.M." ou "A.E." ; Zone de dépendances d'extraction
Indéter.	Zone d'enjeu communal : Affectation en fonction du schéma d'orientation local ou de l'usage sur la carte d'affectation des sols Zone d'enjeu régional : Affectation en fonction du schéma d'orientation local ou de l'usage sur la carte d'affectation des sols

Tableau 1- Les types d'usage selon la zone d'affectation spatiale (réalisé à partir de l'annexe III du décret Sols)

Comme le montre ce tableau issu de l'annexe III, cette dernière établit, quant à elle, les types d'usage selon les usages de fait du terrain. Ainsi, sans pouvoir reproduire ici l'annexe entière, par exemple, les usages de fait du terrain :

- De type I sont les aires forestières, aires naturelles, ou les zones présentant un intérêt écologique reconnu ;
- De type II sont les prairies, terrains affectés à de l'élevage extensif, terrains cultivés, les piscicultures, horticultures, etc. ;
- De type III sont les espaces verts, terrains vagues, les écoles et jardins d'enfants, logements résidentiels avec ou sans jardins ;
- De type IV sont les garages collectifs, parkings, hôtels, restaurants, commerces, terrains de sport, etc. ;
- De type V sont les bureaux, petite industrie, artisanat, parcs scientifiques, etc.

⁴⁶ Notons que l'article 9 al. 3 du Décret Sols dispose que « le type d'usage naturel s'applique aux terrains situés dans un site Natura 2000 et aux terrains qui bénéficient d'un statut de protection au sens de la loi du 12 juillet 1973 sur la conservation de la nature et le type d'usage agricole s'applique aux terrains situés ou potentiellement situés en zone de prévention d'un ouvrage de prise d'eau souterraine déterminée en vertu de l'article R.156 du Livre II du Code de l'Environnement contenant le Code de l'Eau ».

Bien que les critères déterminant le recours à la situation de fait ou de droit ne semblent pas clairs (Sambon, 2019, p. 356), le mécanisme établit un réel indicateur de qualité des sols au travers des valeurs seuils. Si ces valeurs sont atteintes, le terrain est considéré comme pollué et un assainissement devra, en principe, être ultimement réalisé. La pollution détermine donc la qualité du sol ; celle-ci est donc avant tout juridique. Il s'ensuit que le décret dans sa dimension curative différencie la qualité des sols selon l'usage actuel et ou futur du sol. La situation de droit et de fait détermine alors la qualité visée. La qualité du sol portée par le Décret Sols est donc essentiellement matérialisée par la partie curative ; ceci n'est pas étonnant étant donné que celle-ci est plus élaborée que la partie prévention. L'analyse de ce décret Sols et de la qualité des sols au sens de la partie curative est en outre pertinente en ce que nous verrons que le Code de développement territorial wallon (« CoDT »)(Vanheusden, 2010, pp. 25–36) n'hésite pas à intégrer cette vision de la qualité des sols en son sein (*infra*).

Le décret organise par ailleurs l'établissement et la gestion de la **banque de données de l'état du sol** (« BDES », art. 11 et s. du Décret Sols). Celle-ci « recense, pour chaque parcelle cadastrée ou non, les données disponibles à l'administration telles que visées à l'article 12 » (art. 11§2, al. 1 dudit décret). L'article 12 distingue trois catégories en ses paragraphes 2-4 :

« § 2 Les données reprises dans la première catégorie concernent: 1° les parcelles pour lesquelles une autorisation, visant une installation ou activité présentant un risque pour le sol, a été délivrée dans le cadre d'une police administrative; 2° les parcelles susceptibles de présenter une pollution du sol mentionnées dans les procès-verbaux de constat d'infraction et les rapports de visite dressés par les agents désignés en vertu de l'article D.140 du Livre I^{er} du Code de l'Environnement ou par les agents désignés par les dispositions visées à l'article D.138 du Livre I^{er} du Code de l'Environnement avant leur modification par le décret du 27 mai 2004 instaurant le Livre I^{er} du Code de l'Environnement; 3° les parcelles concernées par un terrain pollué ou potentiellement pollué; 4° les parcelles présentant une pollution résiduelle à l'issue de la mise en œuvre d'un plan de remédiation faisant l'objet d'un état des lieux approuvé; 5° les certificats de contrôle du sol; 6° les données et documents émis conformément à l'article 5; 7° les références des autorisations d'exploiter et permis d'environnement relatifs aux installations et activités présentant un risque pour le sol; 8° les références des plans de remédiation; 9° les documents attestant la bonne exécution d'un assainissement en application d'un plan de remédiation; 10° les décisions de l'administration portant sur les données visées au paragraphe 3; 11° les décisions du Gouvernement visées aux articles 79 et 81.

§3. Les données reprises dans la deuxième catégorie concernent: 1° les études d'orientation; 2° les études de caractérisation; 3° les études combinées; 4° les projets d'assainissement; 5° les évaluations finales des actes et travaux d'assainissement visés à l'article 71; 6° les données concernant la réalisation de travaux complémentaires visés à l'article 71; 7° les mesures de sécurité; 8° les mesures de suivi; 9° les données collectées dans le cadre des mesures de gestion immédiates visées à l'article 80.

§ 4 Les données reprises en troisième catégorie comprennent toutes les données, de nature strictement indicative, qui concernent une parcelle déterminée et qui, au regard des faits générateurs visés aux articles 23 à 27, ne font pas naître les obligations visées à l'article 19. Le caractère informatif de ces données est clairement identifié comme tel.

La catégorie visée à l'alinéa 1^{er} contient:

1° les données qui concernent les parcelles inventoriées dans le cadre de recherche ou d'investigations établissant qu'elles ont accueilli ou qu'elles ont pu accueillir des installations ou activités présentant un risque pour le sol. Sont considérées comme telles les activités ou installations anciennes qui ont pu utiliser des substances dangereuses ayant un impact potentiel sur le sol; 2° l'indication de la présence d'un remblai sur le terrain visé; 3° les données communiquées en vertu de l'article 6 ou communiquées à l'initiative des autorités communales.

Les parcelles sont reprises selon trois différentes couleurs au sein de la BDES : bleu lavande, pêche et blanche.

- Les parcelles visées par l'article 12§4 sont de **couleur bleu lavande**. Les informations sont de nature strictement indicative et ne font pas naître d'obligation au sens de l'article 19 du décret ;

- Les parcelles visées par l'article 12§§2-3 sont de **couleur pêche**. Des démarches quant à l'assainissement des sols doivent être réalisées ou ont été réalisées ;
- Les parcelles de **couleur blanche** sont celles pour lesquelles l'administration n'a pas de données sur le caractère pollué ou partiellement pollué.

Il peut être regretté que la BDES ne fait pas ressortir clairement la qualité du sol (pollué, potentiellement pollué ou dépollué)⁴⁷. Il s'agit essentiellement de données administratives. Ces données sont importantes car elles doivent être transmises à titre d'information pour toutes les cessions (art. 2, 27°, Décret Sols). Les cessions demandent en effet un extrait conforme de la banque des données de l'état des sols (art. 31§1, Décret Sols). Notons néanmoins que le contenu de son information vise essentiellement la pollution du sol.

4.3. Le sol en droit wallon de l'aménagement du territoire

Le droit de l'aménagement du territoire wallon est réglé par le Code de développement territorial (CoDT)⁴⁸. Celui-ci a pour objectif d'assurer un développement durable et attractif du territoire. L'article D.1§1, al. 1 dispose que « Le territoire de la Wallonie est un patrimoine commun de ses habitants ». Ce développement durable et attractif rencontre ou anticipe de façon équilibrée les besoins sociaux, économiques, démographiques, énergétiques, patrimoniaux, environnementaux et de mobilité de la collectivité, en tenant compte, sans discrimination, des dynamiques et des spécificités territoriales, ainsi que de la cohésion sociale (art. D.1§1)⁴⁹.

Le CoDT contient deux parties : une partie législative (D) et une partie réglementaire (R). Ces deux parties sont divisées en plusieurs livres. Nous structurerons l'étude du CoDT selon les différents livres. Nous commencerons avec le volet planification (Livre II, Section A), avant d'analyser le régime de l'évaluation des incidences environnementales des plans et schémas (Livre VIII, Section B). Nous étudierons ensuite les règles relatives à l'urbanisme (Livre IV, Section C) et terminerons par le volet de l'urbanisme opérationnel (Livre V, Section D).

Commençons par formuler le constat que les notions de sol (compris comme sol vivant), biodiversité ou encore de fonctions écologiques n'apparaissent pas explicitement au sein du CoDT. Ceci implique nécessairement que la rationalité développée par le CoDT emprunte soit une vision des sols à d'autres législations (comme le Décret Sols) ou développe sa propre rationalité qui peut alors protéger ou user du sol au travers de concepts qui le visent indirectement. En définitive, il est clair que le droit wallon de l'aménagement du territoire n'adopte pas une posture unifiée face au sol, relayant ainsi les différentes conceptions qui lui sont projetées : celles-ci oscillent entre la protection de la qualité intrinsèque des sols et celle de la reconnaissance du sol en tant que vecteurs d'usage. Ainsi, l'arbitrage peut être plus ou moins favorable à la reconnaissance de la valeur intrinsèque du sol. C'est cette hypothèse que nous allons tester au sein des différents livres du CoDT. Rechercher le sol là où il n'est pas explicitement mentionné est tâche ardue ; dans le cadre de cette étude, nous nous sommes cantonnés à repérer les notions qui sous-entendaient directement le sol : le milieu naturel, l'habitat, etc.

4.3.1 La planification et le sol

Le CoDT organise en son livre II les dispositions relatives aux différents schémas et de plan de secteur. Les schémas sont au nombre de quatre : le schéma de développement territorial (SDT), le schéma de développement pluricommunal (SDP), le schéma de développement communal (SDC) et le schéma d'orientation locale (SOL). Tous ont valeur indicative. Le plan de secteur a quant à lui valeur réglementaire. Nous analyserons successivement les schémas (1) et le plan de secteur (2). Comme nous aurons l'occasion de le préciser, les objectifs des différents schémas (SDT, SDP et SDC) doivent avoir pour but la lutte contre l'étalement urbain et l'utilisation rationnelle des territoires et des ressources, le développement socio-économique et de l'attractivité territoriale, la gestion qualitative du cadre de vie et la maîtrise de la mobilité, (respectivement, art. D.II.2§2, al. 2 ; D.II.6§2, al. 3 ; D.II.10§2, al. 3).

⁴⁷ Voy. la note reçue par le Conseil francophone du Notariat belge à l'intention de la recherche SOILval, intitulée « Prise en compte de la qualité des sols dans la planification et l'aménagement du territoire – Recherche SOILval », 2021.

⁴⁸ Si non spécifié lors du référencement, tous les articles cités dans ce chapitre proviennent du CoDT.

⁴⁹ Un arrêt récent du C.E. a considéré que « Dès lors qu'il ne ressort ni du permis d'urbanisme attaqué, ni du dossier administratif que le projet contesté serait régi par un des schémas de développement visés à l'article D.II.1, sous le livre II du CoDT relatif à la planification, la violation de l'article D.I.1, § 1er, du même Code peut être invoquée à l'appui du moyen » (C.E., n° 249.712, 4 février 2021, Ville de Charleroi).

Nous commencerons, pour la clarté de l'exposé, par quelques éléments généraux relatifs à l'articulation entre les plans, schémas et permis en droit wallon de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme. La hiérarchie des plans et schémas en droit wallon se fait comme suit :

	Valeur indicative	Valeur réglementaire
Niveau régional	Schéma de développement du territoire (SDT)	Plan de secteur
Niveau pluricommunal	Schéma de développement pluricommunal (SDP)	
Niveau communal	Schéma de développement communal (SDC) Schéma d'orientation local (SOL)	

Tableau 2 - Différents schémas et plan établis par le CoDT

Les articles D.II.16 et D.II.20 règlent la hiérarchie des plans et schémas :

- Le SDT s'applique à tous les plans, schémas, guides d'urbanisme et à certains permis d'urbanisme ;
- Le PS s'inspire du schéma de développement du territoire ;
- Le SDP s'applique au SDC, au SOL ainsi qu'aux permis d'urbanisme et guide d'urbanisme local ;
- Le SDC s'applique au SOL, guide d'urbanisme local, et permis d'urbanisme
- Le PS, en ce compris la carte d'affectation des sols, s'applique au schéma de développement pluricommunal, au schéma de développement communal, au schéma d'orientation local, aux guides, au permis et au certificat d'urbanisme n° 2. Cette carte d'affectation des sols est prévue en cas d'une révision du plan de secteur ayant pour objet l'inscription d'une zone d'enjeu communal ou régional (art. D.II.44, al. 2 du CoDT). Elle reprend en son sein un certain nombre d'éléments dont notamment les espaces publics, verts ou encore la structure écologique (al.2, a-h)). Cette carte d'affectation des sols a une valeur indicative (art. D.II.55, al. 1 CoDT). Cette nouveauté issue du CoDT de 2016 est un « outil permettant au Gouvernement de traduire schématiquement ses intentions pour préciser, dans les grandes lignes, l'aménagement d'une zone d'enjeu régional ou communal.

La jurisprudence du C.E. considère que si ces objectifs ne sont pas expressément identifiés dans le schéma, ils peuvent toutefois découler de l'ensemble de ses prescriptions et il appartient à l'autorité compétente de déterminer la nature et la portée des objectifs. La condition de non compromission des objectifs du permis d'urbanisation doit se comprendre comme exigeant qu'il ne peut pas mettre en péril la réalisation de ces objectifs dans la partie du territoire concerné. Pour certains auteurs, la compromission de ces objectifs a été interprétée doit être comprise comme empêchant d'atteindre l'objectif fixé à cause du projet (Lagasse et al., 2020). En outre, le projet doit contribuer à la protection, gestion, ou aménagement des paysages bâtis ou non. Cette condition renvoie à la Convention européenne du Paysage du 20 octobre 2000. La jurisprudence a balisé cette condition qui existait déjà sous CWATUPE : [l']autorité doit, d'abord, démontrer qu'elle a une perception exacte des lignes de force du paysage, ensuite, présenter l'impact du projet sur celles-ci et, enfin, établir la manière selon laquelle le projet respecte les lignes de force du paysage, les structure ou les recompose. Ces trois temps de l'analyse doivent apparaître dans la motivation.

Notons que les permis d'urbanisme peuvent s'écarter, pour les mêmes conditions, « du schéma de développement du territoire lorsqu'il s'applique, d'un schéma de développement pluri-communal, d'un schéma de développement communal, d'un schéma d'orientation local, d'une carte d'affectation des sols, du contenu à valeur indicative d'un guide ou d'un permis d'urbanisation » (art. D.IV.5).

4.3.1.1 Les schémas et le sol

L'on abordera en premier lieu le schéma de développement territorial (SDT) (a), avant d'analyser successivement le schéma de développement communal (SDC) (b) et le schéma d'orientation locale (SOL) (c).

a) Schéma de développement territorial (« SDT ») et le sol

Le SDER et le SDT⁵⁰ définissent la stratégie territoriale pour la Wallonie (art. D.II.2§1, al. 1) ; le SDT devant remplacer à terme le SDER⁵¹. Le SDT a été adopté le 16 mai 2019 et publié le 12 décembre 2019. Son entrée en vigueur n'est pas encore déterminée.

Le CoDT précise que la stratégie territoriale définit :

- Les objectifs régionaux de développement territorial et d'aménagement du territoire, et la manière dont ils s'inscrivent dans le contexte suprarégional (art. D.II.2§2, al. 1,1°). Les objectifs régionaux de développement (1°) ont notamment pour but « 1° la lutte contre l'étalement urbain et l'utilisation rationnelle des territoires et des ressources ; 2° le développement socio-économique et de l'attractivité territoriale ; 3° la gestion qualitative du cadre de vie ; 4° la maîtrise de la mobilité » (art. D.II.2§2, al. 2).
- Les principes de mise en œuvre des objectifs, notamment ceux liés au renforcement des centralités urbaines et rurales (art. D.II.2§2, al. 1,2°)
- La structure territoriale (art. D.II.2§2, al. 1, 3°). La structure territoriale « identifie et exprime cartographiquement : 1° les pôles ; 2° les aires de coopération transrégionale et transfrontalière et les aires de développement ; 3° les réseaux de communication et de transports de fluides et d'énergie. Elle reprend les sites reconnus en vertu de la loi sur la conservation de la nature du 12 juillet 1973 et les liaisons écologiques adoptées par le Gouvernement en tenant compte de leur valeur biologique et de leur continuité en vue d'assurer un maillage écologique cohérent à l'échelle du territoire régional » (art. D.II.2§2, al. 3).

Le SDER comporte le projet de structure spatiale pour la Wallonie et huit objectifs déclinés en options, mesures, études et propositions d'élaboration de programmation. Il comporte vingt objectifs visant notamment à stopper l'artificialisation des terres; protéger la nature et l'environnement; favoriser la mobilité multimodale; renforcer la compétitivité du territoire et préparer la Région à répondre aux enjeux climatiques, démographiques et économiques, les principes de mise en œuvre de ces objectifs, les mesures et la structure territoriale. Le SDER est guidé par trois principes de base : Le territoire de la Wallonie est le patrimoine commun de ses habitants, le développement durable, la cohésion économique et sociale. Le développement durable [...] implique que l'on tienne compte des effets de longue durée des diverses affectations spatiales, que l'on "recycle" les espaces abandonnés et que l'on rénove les espaces dégradés plutôt que d'en utiliser de nouveaux (en conformité avec le principe de gestion parcimonieuse du sol). Plusieurs objectifs du SDER visent le développement durable, la gestion parcimonieuse du sol et la prise en compte des sols et de leurs fonctions. Ainsi, par exemple, les révisions de plan de secteur doivent être guidées par une gestion parcimonieuse du territoire qui « impose d'éviter la dispersion de l'habitat, de recycler des terrains actuellement à l'abandon et de protéger les ressources naturelles du sol et du sous-sol et par la réversibilité de l'usage du sol, la régulation du cycle de l'eau, la programmation raisonnée de l'exploitation des ressources naturelles et la protection et l'amélioration de la qualité des paysages, du patrimoine bâti et du patrimoine naturel. L'objectif n° 7 de valorisation du patrimoine et de protection des ressources intègre des mesures ciblées sur le sol et le sous-sol : inventaire des sites industriels pollués et carte de pollution des sols, surveillance de la qualité chimique des sols, préservation de l'urbanisation des sols agricoles de bonne qualité, vigilance des zones sensibles à l'érosion, étude relative à la nature, au volume et à la rareté du gisement, aux besoins de la collectivité en préalable de l'inscription d'une nouvelle zone d'extraction au plan de secteur, protection des gisements de grande valeur économique contre les occupations incompatibles avec leur exploitation, exploitation raisonnée du sous-sol [...].

Le SDT propose une stratégie territoriale qui définit les objectifs régionaux de développement territorial et d'aménagement du territoire, et la manière dont ils s'inscrivent dans le contexte suprarégional, les principes de mise en œuvre des objectifs et la structure territoriale (art. D.II.2§2, al. 1). Ces objectifs régionaux doivent notamment avoir pour but la lutte contre l'étalement urbain et l'utilisation rationnelle

⁵⁰ Le schéma de développement de l'espace régional. Celui-ci est devenu en l'application de l'article D.II.58 le schéma de développement territorial applicable. Pour des raisons de clarté, nous continuerons à le nommer en tant que SDER pour le distinguer du SDT qui n'est pas encore entré en vigueur. Le SDT a été adopté le 16 mai 2019 et publié le 12 décembre 2019. Son entrée en vigueur n'est pas encore déterminée.

⁵¹ Celui-ci a été adopté le 16 mai 2019 et publié le 12 décembre 2019. Son entrée en vigueur n'est pas encore déterminée.

des territoires et des ressources (art. D.II.2§2, al. 2, 1°)⁵². Un certain nombre d'objectifs du SDT a trait au sol et alterne les conceptions projetées sur ce dernier. Le SDT prône un développement du territoire favorable à la biodiversité notamment par la valorisation du milieu naturel et par le soutien à la diversité des espèces par la (re)végétalisation des espaces urbanisés (haies, bandes herbeuses, etc.) en milieu urbain (PV1 – Renforcer l'attractivité des tissus urbanisés). Le SDT tient compte des sols dans l'objectif PV2 - Valoriser les patrimoines naturels, culturels et paysagers - et vise à les préserver des pressions directes et indirectes de l'urbanisation. L'enjeu principal est la valorisation et la préservation de ces patrimoines en veillant à assurer leur compatibilité avec les activités anthropiques et à développer les services écosystémiques⁵³ dans une dynamique de développement durable. Le SDT envisage la préservation des sols dans leurs dimensions à la fois productive et naturelle : « La mise en réseau des territoires non bâtis doit être assurée, en particulier dans les régions à sols fertiles et forte productivité (les terres agricoles des plateaux limoneux hennuyer et brabançon et de la Hesbaye) ou à forte biodiversité ». Il considère les sols sensibles et marginaux parmi les liaisons écologiques⁵⁴ faisant partie du maillage écologique à l'intérieur duquel le potentiel d'accueil de la vie sauvage doit être progressivement restauré sur l'ensemble du territoire communal, en adoptant des modes de gestion qui, tout en rencontrant les besoins humains, permettent à la vie sauvage de s'exprimer. Dans l'objectif PV3 - Soutenir une urbanisation et des modes de production économes en ressources, le SDT considère le sol comme une ressource non renouvelable dont la qualité peut être altérée par l'urbanisation et qui doit être protégée et/ou réservée pour assurer sa pérennité ainsi que celle des secteurs économiques associés. Le territoire wallon est riche en ressources primaires (terres agricoles, forêts, et sous-sol) et en ressources naturelles (comme les eaux souterraines) qu'il convient d'exploiter de manière raisonnée en veillant, le cas échéant, à leur renouvellement ou à leur préservation pour éviter leur épuisement, en privilégiant les synergies et, au besoin, en arbitrant leurs concurrences. Le sol doit être géré avec parcimonie et les ressources du territoire exploitées de manière raisonnée. L'utilisation des ressources locales doit être promue. Et surtout, le SDT entend soutenir une urbanisation économe en ressources (PV3) en réduisant la consommation des terres non artificialisées à 6 km²/an d'ici 2030. A l'horizon 2050, le SDT ambitionne de mettre totalement fin à la consommation de terres nouvelles en :

- Optimisant en priorité les surfaces déjà urbanisées avant d'envisager toute extension ;
- Réutilisant, rénovant ou réaffectant le bâti ;

⁵² Ceci est le vestige du principe d'utilisation parcimonieuse du sol et de ses ressources qu'établissait le CWATUP en son article 1§1, al. 2. Le CoDT ne fait plus apparaître l'utilisation parcimonieuse du sol au sein de ses objectifs. Ceux-ci sont maintenant repris, sous un différent vocable, au sein des objectifs des schémas (SDT, SDP, SDC, voy. *infra*). Il s'agit d'une volonté claire qui a été exprimée par le ministre au sein des travaux préparatoires qui est de considérer que « ces grands principes doivent s'appliquer sur des schémas, sur une vision des choses, mais pas dans le quotidien des demandes de permis » (Doc., Parl. w., 2015-2016, n° 307/338, p. 40). Un arrêt récent du Conseil d'Etat a néanmoins jugé récemment que si « le principe de " l'utilisation parcimonieuse du sol " n'est plus expressément consacré par l'article D.I.1 du CoDT, il reste que l'autorité compétente *peut*, dans le cadre de son pouvoir d'appréciation, estimer que celle-ci concourt à l'objectif de développement durable et attractif du territoire visé à l'article D.I.1, § 1er, alinéa 2, du CoDT » (C.E., n° 249.119, 3 décembre 2020, *S.A. Cora et S.A. Galimmo Services Belux*).

⁵³ Les services écosystémiques sont considérés ici comme les multiples avantages que la nature apporte à la société. La biodiversité est la diversité parmi les organismes vivants, essentielle au bon fonctionnement des écosystèmes. Les écosystèmes – constitués d'éléments qui interagissent et de leurs environnements non vivants – offrent des avantages, ou des services, au monde. Les services écosystémiques rendent la vie humaine possible, par exemple en fournissant des éléments nutritifs et de l'eau propre, en régulant les maladies et le climat, en contribuant à la pollinisation des cultures et à la formation des sols et en fournissant des avantages récréatifs, culturels et spirituels (SDT, 14 mai 2019).

⁵⁴ Ces liaisons écologiques, qu'il faut distinguer des périmètres de surimpression de liaisons écologiques (art. D.II.21, même si des liens peuvent exister), sont intégrées au sein de la structure territoriale du SDT et ont été adoptées par le Gouvernement (Arrêté du Gouvernement wallon du 9 mai 2019 adoptant les liaisons écologiques visées à l'article D.II.2§2, alinéa 4, du Code du Développement territorial, *M.B.*, 30 octobre 2019). Celles-ci sont prises en tenant compte de leur valeur biologique et de leur continuité en vue d'assurer un maillage écologique cohérent à l'échelle du territoire régional. L'AGW différencie 5 types de liaisons écologiques peuvent être identifiés à l'échelle régionale : 1° les massifs forestiers feuillus ; 2° les pelouses calcaires et les milieux associés ; 3° les crêtes ardennaises ; 4° les hautes vallées ardennaises ; 5° les plaines alluviales. L'AGW a produit une carte de ces liaisons écologiques qui s'inscrivent au sein du réseau écologique wallon en ce qu'elles « jouent un rôle majeur, souvent cumulatif, pour les déplacements à longues distances des espèces migratrices, pour les déplacements plus locaux entre les sites vitaux de nourrissage, de reproduction et de repos des espèces se reproduisant ou hivernant sur le territoire wallon dans la survie à long terme des espèces végétales et animales ». Le sol est alors protégé en tant que substrat nécessaire aux continuités écologiques. Les liaisons écologiques du SDT sont reprises au sein des SDP (art. D.II.6§2, al. 5) et au sein des SDC (art. D.II.10§2, al. 5). Les permis doivent donc y avoir égard dans cette mesure (art. D.II.16).

- Réhabilitant les friches ;
- Prévoyant, dans les schémas communaux, une densité appropriée dans les zones destinées à l'urbanisation en tenant compte des spécificités du territoire communal ;
- Privilégiant la mitoyenneté et la compacité du bâti sont également privilégiées ;
- Encourageant la mutualisation des équipements collectifs dans les zones d'habitat, les zones d'activités économiques et les zones de loisirs ;
- En recentrant l'habitat dans les centralités afin de préserver les terres agricoles et de lutter contre l'étalement urbain [...] ;
- En exploitant les ressources du territoire de manière raisonnée par le développement des activités de production agricole durables, c'est-à-dire recourant à des méthodes agraires et sylvicoles respectueuses de la santé humaine, de la santé animale, des sols, des nappes phréatiques et des cours d'eau.

Sont épinglées parmi les mesures de suivi de cet objectif, le coefficient d'occupation du sol moyen ou surface de plancher par habitant, l'évolution de la capacité d'absorption des sols, l'évolution des différentes catégories de sol artificialisé, l'évolution de la désartificialisation des terres déjà artificialisées, l'évolution de la consommation en eau, la proportion des masses d'eau en bon état écologique, etc.

b) Schéma de développement communal (« SDC ») et le sol

Le SDC définit la stratégie territoriale pour l'ensemble du territoire communal sur la base d'une analyse contextuelle (art. D.II.10§1, al. 1). Cette dernière permet de mettre en avant à la fois les perspectives et les besoins ainsi que les potentialités et les contraintes du territoire, notamment en termes sociaux, économiques, démographiques, énergétiques, patrimoniaux, environnementaux, de mobilité et, de mettre au jour les grands enjeux du territoire. Outre l'analyse contextuelle, le SDC permet surtout la définition d'une stratégie territoriale comprenant des objectifs communaux, des principes de mise en œuvre des objectifs et la structure territoriale. Les SDC constituent des leviers importants de préservation, protection et de restauration de la biodiversité du sol et de la fonctionnalité écologique des territoires et donc des sols et de leurs services. En effet, le SDC identifie dans son analyse contextuelle les perspectives et les besoins en préservation, en restauration et en valorisation/reconnexion des sites naturels, paysagers, patrimoniaux ; en gestion des eaux de surface et souterraines... sur base d'un état des lieux des milieux naturels, paysagers, des ressources en eau... Il identifie également les potentialités et contraintes du territoire comme le potentiel de protection des sites et des ressources non protégées, de liaisons écologiques et en déduit une série d'enjeux auxquels devront répondre les objectifs du SDC. Enfin, le SDC définit des objectifs communaux qui ont notamment pour but la lutte contre l'étalement urbain et l'utilisation rationnelle du territoire et des ressources (art. D.II.10§2, al. 3, 1^o), des principes de mise en œuvre de ces objectifs ; et une structure territoriale souhaitée (le projet de territoire), qui identifie et cartographie les sites naturels protégés, les réserves naturelles et forestières et les sites reconnus en vertu de la loi sur la conservation de la nature du 12 juillet 1973, et les liaisons écologiques arrêtées par le Gouvernement en tenant compte de leur valeur biologique et de leur continuité en vue d'assurer un maillage écologique cohérent à l'échelle du territoire communal. Le SDC peut comporter des mesures de gestion et de programmation relatives aux principes de mise en œuvre et à la structure territoriale comme des seuils d'artificialisation et de densité ainsi que des priorités de mise en œuvre du potentiel foncier. Le SDC peut également identifier des propositions de révision du plan de secteur, dont les zones à enjeu communal, et des schémas d'orientation locaux et guides communaux d'urbanisme à élaborer, à réviser ou à abroger, en tout ou en partie en vue d'atteindre l'objectif de limitation de l'étalement urbain et du ZAN. Même s'il semble être un outil adéquat pour atteindre le ZAN ou limiter l'étalement urbain par ses objectifs, ses mesures de gestion et de programmation, le SDC présente en pratique certaines limites mettant au second plan les considérations relatives à la qualité des sols et à leurs fonctions :

- Sa valeur indicative induit une ligne de conduite équivoque dans les décisions au niveau communal malgré l'obligation d'une motivation d'écart ;
- Le nécessaire compromis entre les plus-values attendues existantes et les attentes des habitants en terme de qualité du cadre de vie (programmation de l'urbanisation, densités).

Seules les fonctions biologiques des sols liées au 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 les sites et éléments protégés identifiés dans le SDC.

c) Schéma d'orientation local (« SOL ») et le sol⁵⁵

Le SOL permet aux communes d'organiser de façon détaillée l'aménagement d'une partie de leur territoire. Il est établi, sauf certains cas, à l'initiative du Conseil communal (art. D.II.12§1, al. 1). Il est également adopté par le Conseil communal et approuvé par le Gouvernement (art. D.II.12§§4-5). Le SOL répond à des objectifs variés : aménagement d'un nouveau quartier, protection d'un quartier ancien, implantation d'un équipement public, achat d'un espace vert... Dans certains cas, le Code wallon de Développement Territorial (CoDT) impose l'élaboration d'un SOL comme dans le cas de la mise en œuvre d'une ZACC (art. D.II.32§1, al. 2). Le SOL est composé d'une analyse contextuelle, à l'échelle du territoire concerné, comportant les principaux enjeux territoriaux, les potentialités et les contraintes du territoire, des objectifs d'aménagement du territoire et d'urbanisme pour la partie du territoire concerné et de la carte d'orientation⁵⁶ avec notamment la structure écologique (art. D.II.11§2, 2°, spéc., sous e).

Les objectifs d'urbanisme et d'aménagement du territoire définis dans le SOL doivent permettre de prendre en compte les fonctions des sols sur une partie du territoire communal. Cette prise en compte peut varier selon la superficie couverte par le SOL, le contexte et la vocation de l'outil. Car le SOL peut répondre à des objectifs variés comme l'encadrement de l'urbanisation d'un site vierge de toute urbanisation, la protection de tout ou partie d'un site, l'accompagnement de l'évolution d'un quartier... L'analyse contextuelle du SOL peut mettre en évidence des enjeux de préservation ou d'amélioration des fonctions et des services fournis par les sols d'un site. Dans ce cas, la définition des objectifs qui en découlent permettent d'attirer l'attention sur ces enjeux lorsqu'une artificialisation du site est envisagée et de prévoir des solutions pour garantir la préservation et la remise en bon état des fonctions des sols après l'artificialisation. Le schéma contient également une carte d'orientation qui doit comporter les affectations par zones et la densité préconisée pour les terrains non bâtis ou à réaménager. Ces indications pourraient être établies en fonction de la qualité du sol et de la fourniture potentielle de ses services. La carte d'orientation doit également reprendre la structure écologique et indiquer les principaux éléments à intégrer à l'analyse contextuelle comme les haies et bandes boisées à préserver, les dispositifs de récolte des eaux pluviales.

Les utilités du sol sont multiples. Le SOL permet dans ses objectifs de décliner une vision générale prédéfinie de la préservation des fonctions et services des sols. Il s'applique aux permis et fournit à l'autorité communale une vision d'ensemble du territoire à aménager. Il appartient donc à la commune de tenir compte des objectifs du SOL en lien notamment avec la qualité des sols lors de l'instruction des demandes de permis sur le territoire concerné par le SOL de manière à ce qu'ils ne compromettent pas la réalisation des objectifs du SOL en précisant par exemple les densités maximales, les implantations par rapport au relief du sol... L'identification d'éléments utiles à la préservation des sols dans l'analyse contextuelle permet de concrétiser la mise en œuvre de cet objectif. Le SOL retranscrit nécessairement à une échelle locale un réseau qualifié de sols déterminé à des échelles supérieures en cohérence avec des objectifs d'urbanisme et d'aménagement du territoire. Le SOL permet de phaser l'urbanisation d'un quartier, d'un village, de définir la densité et le type de logements et peut dès lors participer à la réalisation du ZAN mais il doit respecter le plan de secteur et le SDC.

Par ailleurs, même s'il semble être un outil adéquat pour limiter l'étalement urbain, le SOL présente en pratique certaines limites mettant au second plan les considérations relatives à la qualité des sols et à leurs fonctions :

- Sa valeur indicative induit une ligne de conduite équivoque dans les décisions au niveau communal malgré l'obligation d'une motivation d'écart ;
- Le respect des outils qui lui sont supérieurs et du plan de secteur qui le contraint de suivre *a minima* les objectifs du SDC et le zonage urbanisable du plan de secteur ;
- Le nécessaire compromis entre les marges bénéficiaires attendues sur les projets et les attentes des habitants en terme de qualité du cadre de vie (densités, programmation de l'urbanisation).

Seules les fonctions biologiques des sols liées au 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 les sites et éléments protégés identifiés dans la structure écologique.

⁵⁵ Dans le texte, le SOL en tant qu'acronyme fera nécessairement et uniquement référence au schéma d'orientation local.

⁵⁶ Bien que leur contenu soit similaire, la carte d'orientation du SOL se distingue de la carte d'affectation des sols en ce que cette dernière est requise dans le cadre de certaines révisions du plan de secteur.

4.3.1.2 Le plan de secteur et le sol

Le plan de secteur fixe l'aménagement du territoire qu'il couvre (art. D.II.18, al. 1). Il a valeur réglementaire et force obligatoire (art. D.II.55). L'étude de la reconnaissance de la qualité des sols en son sein va d'abord porter sur les zones d'affectation et les périmètres en surimpression (1). La question de la compensation en cas de révision du plan de secteur est ensuite abordée (2).

a) Zonages en affectation et en surimpression

Commençons par l'étude des prescriptions des différentes zones (i) avant de nous pencher sur les périmètres en surimpression (ii).

i. Prescriptions des différentes zones destinées ou non à l'urbanisation

Le plan de secteur comprend l'affectation des zones destinées ou non à l'urbanisation (art. D.II.23). Le zonage procède à la « division d'un territoire donné en zones réservées à certaines activités déterminées » (Haumont, 2020, no. 44).

- Sont **destinées** à l'urbanisation : la zone d'habitat, la zone d'habitat à caractère rural, la zone d'habitat vert, la zone de services publics et d'équipements communautaires, la zone de loisirs, zone de dépendance d'extraction les zones d'activité économique, la zone d'enjeu régional et la zone d'enjeu communal (art. D.II.23, al. 2) ;
- Ne sont **pas destinées** à l'urbanisation : 1° la zone agricole ; 2° la zone forestière ; 3° la zone d'espaces verts ; 4° la zone naturelle ; 5° la zone de parc ; 6° la zone d'extraction (art. D.II.23, al. 3).

Les prescriptions relatives à chaque zone sont détaillées par le plan de secteur. Il s'agit essentiellement d'interdictions qui n'entraînent en principe aucune obligation de faire, c'est-à-dire être engagé à accomplir un acte précis. Ces prescriptions s'imposent aux demandes de permis d'urbanisme, d'urbanisation, unique et intégré, sauf hypothèses de dérogation (art. D. IV. 6 et s. ; D.IV.107). La zone visée tient une importance pour les dérogations car certaines hypothèses de dérogation sont exclues dans certaines zones⁵⁷. Le sol n'est explicitement mentionné que dans deux zones (zones –de dépendance – d'extraction – (3)) mais peut être retrouvé implicitement au cœur de prescriptions portant des enjeux écologiques au sein de certaines zones (2), tandis que certaines zones semblent ignorer la problématique de la qualité du sol (1). Nous apporterons également quelques remarques séparées sur la ZACC (4). Notons d'emblée que la situation juridique de l'espace au travers des zones a des conséquences juridiques sur les obligations qui découlent du décret Sols. En effet, comme nous l'avons vu, la situation de l'espace en droit fait varier la valeur seuil (voy. *supra*). Ajoutons en outre que le CoDT autorise des prescriptions supplémentaires qui peuvent porter, entre autres, sur « la précision ou la spécialisation de l'affectation des zones » (art. D.II.21§3, al. 1, 1°)⁵⁸. Ces prescriptions supplémentaires ne peuvent déroger à l'affectation des zones. Sous cette réserve, les autorités peuvent en principe prendre des mesures particulières en faveur des sols.

1) Le sol comme substrat d'usages anthropiques

Les zones de services publics et d'équipements communautaires, de loisirs, d'activité économique (mixte, industrielle, spécifique), d'enjeu régional (art. D.II.34 et 45) ou communal (art. D.II.35 et 45), ou encore d'aménagement communal concerté à caractère économique ne mentionnent rien ayant trait au sol. Les zones d'habitat, d'habitat à caractère rural, d'habitat vert, d'enjeu communal ne portent pas non plus de mention concernant (in)directement les sols ; tout au plus prescrivent-elles l'exigence d'« espaces verts publics » en leur sein (avec un minimum quantifié de 15% pour la zone d'habitat vert). Ces espaces verts, que la doctrine a défini comme « une superficie délimitée accessible à la généralité des particuliers et où la végétation est dominante et de nature à améliorer la qualité de vie en zone urbanisée » (Delnoy and Castiaux, 2015, p. 110), peuvent protéger leur sol en cette qualité d'espace vert. Hormis cette dernière, il s'ensuit qu'au sein de ces zones, le sol est principalement vecteur d'usages anthropiques.

⁵⁷ Les hypothèses de dérogation au plan de secteur sont prévues aux articles D.IV.6 et suivants. Pour rappel, ces hypothèses de dérogation ne peuvent être octroyées que si les dérogations sont justifiées compte tenu des spécificités du projet au regard du lieu précis où celui-ci est envisagé, ne compromettent pas la mise en œuvre cohérente du plan de secteur et concernent un projet qui contribue à la protection, à la gestion ou à l'aménagement des paysages bâtis ou non bâtis (art. D.IV.13). Certaines hypothèses de dérogation ne sont pas applicables en zone naturelle.

⁵⁸ Le C.E. a déjà pu juger que la « précision » peut constituer à restreindre les possibilités offertes par le CoDT. La doctrine considère généralement que la « précision » et la « spécialisation » ne se distingue pas (Pirson and Charlier, 2020, p. 209).

2) Le sol indirectement protégé au titre de valeurs naturelles

Certaines zones vont protéger indirectement le sol à des degrés d'intensité divers. Les zones d'espace vert (art. D.II.38⁵⁹) et naturelle (art. D.II.39⁶⁰) sont destinées au maintien, à la protection et à la régénération des **milieux naturels** (de grande valeur biologique en ce qui concerne la zone naturelle). Le sol est alors intégré au sein de la notion de « milieu naturel ». Les activités autorisées au sein de ces zones, notamment en zone naturelle, sont strictement réglementées ; la zone naturelle n'admet en effet que les actes et travaux nécessaires à la protection active ou passive de ces milieux ou espèces. La différence entre la zone d'espaces verts et la zone naturelle réside entre autres dans le fait que la zone d'espaces verts est une zone « artificielle », à l'inverse de la zone naturelle, où il reste possible de tracer des sentiers et routes (Parlement Wallon, 1996)⁶¹.

Les zones agricoles (art. D.II.36) et forestières (art. D.II.38) vont quant à elles participer à la **conservation de l'équilibre écologique**, la première y *contribue* et la deuxième y est *destinée*⁶². Ceci a pour conséquence que l'autorité devra motiver formellement sa décision d'octroyer ou non le permis sous cet angle (Haumont, 2020, no. 140). La notion de conservation de l'équilibre écologique n'est pas définie par le législateur. La doctrine la comprend en zone forestière comme « le maintien ou le rétablissement, à l'échelle de la zone, de la stabilité et de la résilience de l'écosystème forestier et des écosystèmes associés, en termes de composition, structure et fonctions » (Born, 2014). L'exigence de conservation de l'équilibre écologique peut justifier qu'un projet qui consiste en un déboisement sans replantation fasse l'objet d'un refus de permis. Ces zones sont multifonctionnelles ; le sol intégré au sein de la conservation de l'équilibre écologique est alors mis en balance avec les autres fonctions légitimes des zones agricoles et forestières (notamment les activités agricoles et sylvicultures). En ce sens, les travaux parlementaires précisent que la fonction écologique ne remet pas en cause la destination principale de la zone. Pour rappel, le Conseil d'Etat a déjà jugé que la zone agricole ne détermine pas de zones *non aedificandi*⁶³.

3) Le souci des zones (de dépendances) d'extraction de protéger et gérer rationnellement le sol

Les zones (de dépendances) d'extraction sont les seules zones qui visent explicitement le sol dans leurs prescriptions. Tant la zone de dépendances d'extraction⁶⁴ que la zone d'extraction⁶⁵ visent la protection et la gestion rationnelle du sol et du sous-sol. La jurisprudence a déjà accepté que cette contrainte peut entraîner certaines limites ou conditions d'exploitant imposée par l'autorité dans le cadre de son pouvoir discrétionnaire, sans pouvoir remettre en cause le principe d'exploitation de la zone : a été ainsi autorisée l'autorité qui accorde le permis unique demandé pour une surface moins étendue que celle sollicitée dans la demande de permis⁶⁶. Théoriquement, des enjeux relatifs à la protection et à la gestion rationnelle du sol peuvent donc conduire à modaliser les conditions d'usages anthropiques (ici, l'activité économique de la carrière).

4) Le cas particulier de la ZACC

La ZACC, ou zone d'aménagement communal concerté (art. D.II.42), qui constitue une réserve foncière, est destinée à toutes les affectations. Ces affectations peuvent être décidées sur base de critères établis par le CoDT ou sur base des indications du SDP ou SDC si telles existent. Le lien avec la problématique des sols s'apprécie relativement aux développements qui ont précédé. En ce que toutes les affectations

⁵⁹ Art. D.II.38 : « La zone d'espaces verts est destinée au maintien, à la protection et à la régénération du milieu naturel. / Elle contribue à la formation du paysage ou constitue une transition végétale adéquate entre des zones dont les destinations sont incompatibles ».

⁶⁰ Art. D.II.39 : « La zone naturelle est destinée au maintien, à la protection et à la régénération de milieux naturels de grande valeur biologique ou abritant des espèces dont la conservation s'impose, qu'il s'agisse d'espèces des milieux terrestres ou aquatiques. / Dans cette zone ne sont admis que les actes et travaux nécessaires à la protection active ou passive de ces milieux ou espèces »

⁶¹ Doc., Parl.w., sess.1996-1997, n° 233/222, p. 148.

⁶² La doctrine considère que la simple contribution emporte que, pour la zone agricole, cette affectation soit plutôt secondaire ; alors qu'il est clair que la destination de la zone forestière à la conservation de l'équilibre écologique en fait une affectation principale (en ce sens, A. Pirson et S. Charlier, « [Art. D.II.22-D.II.42 CoDT - Plans de secteur] [Contenu] Destination et prescriptions générales des zones », in Code du développement territorial (CoDT) commenté, C.-H. Born, D. Lagasse, J. Neuray et M. Pâques (eds.), 2020, p. 288).

⁶³ C.E., n° 249.340, 28 décembre 2020, *la ville de Court-Saint-Etienne*

⁶⁴ Art. D.II.33, al. 1 : « La zone de dépendances d'extraction est destinée à l'exploitation des carrières et de leurs dépendances ainsi qu'au dépôt des résidus de l'activité d'extraction dans le respect de la protection et de la gestion rationnelle du sol et du sous-sol ».

⁶⁵ Art. D.II.41§1, al. 1 et 6 : « La zone d'extraction est destinée à l'exploitation des carrières ainsi qu'au dépôt des résidus de l'activité d'extraction. (...) L'exploitation visée au présent article s'exerce dans le respect de la protection et de la gestion rationnelle du sol et du sous-sol ».

⁶⁶ C.E. (13e ch.) n° 209.844, 16 décembre 2010, *S.A. Carmeuse*.

y sont autorisées, une ZACC paraît être un outil intéressant pour protéger le sol. Néanmoins, les critères établis par le CoDT pour la détermination de l'affectation ne paraissent pas intégrer la problématique des sols : la localisation, le voisinage, la proximité de zones d'initiatives privilégiées visées à D.V.14, la proximité aux pôles urbains et ruraux, la performance des réseaux de communication et de distribution, les coûts induits par l'urbanisation à court, à moyen et à long terme, ainsi que les besoins de la commune et de l'affectation donnée à tout ou partie de toute zone d'aménagement communal concerté située sur le territoire communal concerné et sur les territoires communaux limitrophes si elle existe (art. D.II.42§1, 1°). Notons néanmoins qu'il est accepté qu'une ZACC puisse compenser l'inscription d'une zone destinée à l'urbanisation ; c'est alors la potentialité de son urbanisation future, supprimée, qui constitue la compensation⁶⁷ (au sens donné *infra*).

ii. Périmètres en surimpression

En sus des zones d'affectation commentées ci-dessus, le plan de secteur *peut* comporter des périmètres en surimpression (art. D.II.21§2). Ces périmètres comportent des prescriptions qui se cumulent à celles de la zone du plan de secteur. Ces périmètres ont valeur réglementaire (D.II.55) et peuvent entraîner des restrictions au droit de propriété (D.II.57). Ils n'emportent pas d'interdiction absolue de construire mais impliquent « une obligation particulière de motivation des permis au regard des objectifs qui s'y attachent. Lorsqu'il apparaît que ces objectifs ne peuvent être préservés – et uniquement dans ce cas –, l'autorité doit, sauf octroi d'une dérogation, refuser le permis ou le subordonner à des conditions destinées à rendre le projet compatible avec les intérêts protégés par le périmètre » (Pirson and Charlier, 2020, pp. 209–210). Plusieurs périmètres de surimpression sont prévus par le CoDT : de point de vue remarquable, de liaisons écologiques, d'intérêt paysager, d'intérêt culturel, historique ou esthétique et d'extension de zones d'extraction. Le sol n'est pas explicitement prévu au sein de ces périmètres de surimpression mais peut être indirectement protégé par le périmètre de protection des liaisons écologiques⁶⁸. Ce périmètre vise à « garantir aux espèces animales et végétales les espaces de transition entre leurs biotopes. Les actes et travaux soumis à permis peuvent y être soit interdits, soit subordonnés à des conditions particulières de protection ». Ceci impose à l'autorité une obligation de motivation particulière (Haumont, 2020, no. 155). Cet article doit être mis en lien avec l'article 10 de la directive Habitats. Le sol, en tant qu'espace de transition, pourrait alors y être protégé.

b) Compensation lors de la révision du plan de secteur

La révision du plan de secteur est régie par certains principes d'aménagement qui peuvent potentiellement intégrer la problématique des sols. Le dossier de base de révision du plan de secteur doit notamment comprendre le cas échéant⁶⁹ des propositions de compensation (art. D.II.44, al. 1, 6°). L'on distingue la compensation planologique de la compensation alternative (art. D.II.45§3, al. 1 et 2). Pour la **compensation planologique**, l'inscription de toute zone destinée à l'urbanisation susceptible d'avoir des incidences non négligeables sur l'environnement en lieu et place d'une zone non destinée à l'urbanisation doit être compensée par l'inscription d'une zone existante destinée à l'urbanisation (ou une zone d'aménagement concerté) en zone non destinée à l'urbanisation. Cette exigence vise les situations de droit et non de fait : un espace vert public en zone d'habitat, donc destiné à l'urbanisation, qui devient non urbanisable est en principe une compensation⁷⁰. À l'inverse, de nombreuses terres agricoles, qui sont en zones d'habitat, donc urbanisables, ne sont dès lors pas soumises à l'exigence de compensation⁷¹. Il ne s'agit donc pas d'une compensation écologique au sens strict du terme⁷². La **compensation alternative** vise à contrebalancer l'impact résiduel découlant de l'inscription d'une zone destinée à l'urbanisation en lieu et place d'une zone non destinée à l'urbanisation, après prise en compte des mesures de prévention et d'aménagement destinées à limiter ou éviter les incidences non négligeables identifiées dans le rapport

⁶⁷ C.E., n° 234.759, 17 mai 2016, *Ransquin et crts*.

⁶⁸ Il s'agit de distinguer le périmètre de surimpression de liaisons écologiques des liaisons écologiques intégrées au sein de la structure territoriale du SDT.

⁶⁹ Le CoDT exonère certains cas du mécanisme de compensation. Il en est ainsi de l'inscription de zone à enjeu régional ou à enjeu communal dans certaines conditions (art. D.II.45§4-5).

⁷⁰ C.E., n° 231.916, 9 juillet 2015.

⁷¹ Hors, la quantité de terrains agricoles en zone d'habitat est significative (voy. REEW - Sources : SPW - DGO4 - DATU ; IWEP/Calculs IWEP & DEMNA 2018, disponible sur [Utilisation des zones d'affectation fixées aux plans de secteur \(wallonie.be\)](https://www.wallonie.be)).

⁷² La diversité des degrés de qualité des sols des différentes zones non urbanisables étant grande en termes d'objectifs. L'on pourrait donc imaginer la perte d'un sol de très grande qualité pour la mise hors d'urbanisation d'un sol peu riche destinée en zone de parc (art. D.II.40, al. 1 : « La zone de parc est destinée aux espaces verts ordonnés dans un souci d'esthétique paysagère »)

sur les incidences environnementales (art. D.II.45§3, al. 1 et 2). Celle-ci peut être définie en termes d'**environnement** et contribue notamment à :

- Accroître la protection des biens immobiliers situés dans un site reconnu en vertu de la loi du 12 juillet 1973 sur la conservation de la nature ou dans une zone soumise à l'aléa inondation au sens de l'article D.53 du Code de l'Eau ;
- Recréer des vues exceptionnelles sur un paysage bâti ou non bâti ;
- Garantir aux espèces animales et végétales les espaces de transition entre leurs biotopes ;
- Contribuer à la protection, à la gestion et à l'aménagement du paysage (...) » (art. R.II.45-1§2).

La compensation alternative définie en terme d'environnement ne vise pas strictement le sol directement mais peut y être protégé indirectement. Celle-ci doit cependant être encadrée en ce sens, ce qui n'est pas le cas pour le moment. Une piste pourrait être l'établissement de lignes directrices permettant d'objectiver la compensation au moyen de critères devant être pris en compte, dont celui de la qualité des sols. La compensation peut également être définie **en terme opérationnel** et notamment à « 1° réaliser des actes et travaux de réhabilitation, de rénovation, d'assainissement, de construction ou de reconstruction dans un site à réaménager, y compris un site de réhabilitation paysagère et environnementale, afin de lui rendre un potentiel d'urbanisation ; 2° réaliser des opérations de rénovation urbaine ou de revitalisation urbaine ou de développement rural » (art. R.II.45-1§1). La compensation alternative en terme opérationnel vise quant à elle plus directement la qualité du sol en ce qu'elle peut porter sur des actes d'assainissement qui visent, comme nous l'avons vu, la qualité des sols entendue au sens du décret Sols. Nous discuterons plus particulièrement de ces points lorsque nous aborderons l'urbanisme opérationnel (voy. *infra*).

Quelques conditions cadrent les mesures prises en compensation alternative. D'abord, doivent-elles « garantir l'effectivité du droit à la protection d'un environnement sain d'une manière au moins équivalente aux mesures exclusivement planologiques » (Cour Constitutionnelle, n° 114/2008). Le Conseil d'Etat assure le respect de ce caractère équivalent. En outre, ces mesures doivent être proportionnées, c'est-à-dire qu'il « existe un rapport raisonnable entre d'une part l'impact résiduel de la superficie de la zone faisant l'objet de la compensation alternative et, d'autre part, la compensation alternative envisagée » (art. R.II.45-2, al. 1). De préférence, la nature de la compensation alternative est liée à l'impact de la révision du plan de secteur (art. R.II.45-2, al. 3). Ces mesures doivent également être suffisamment précises. Les mesures de compensation ont valeur réglementaire et leur non-respect peut être sanctionné en vertu de l'article D.VII.1§1, 4° relatif au non-respect des prescriptions du plan de secteur.

4.3.2 Évaluation des incidences environnementales des plans et schémas

La procédure d'évaluation des incidences environnementales des plans et des schémas figure au livre VIII du CoDT qui transpose partiellement la Directive 2001/42/CE du Parlement Européen et du Conseil du 27 juin 2001 relative à l'évaluation des incidences de certains plans et programmes sur l'environnement⁷³. L'article D.VIII.31 soumet les schémas et le plan de secteur à évaluation des incidences⁷⁴. L'objectif de l'évaluation des incidences est de notamment gérer le milieu de vie et les ressources naturelles, de façon à préserver leurs qualités et à utiliser rationnellement et judicieusement leurs potentialités et d'assurer un niveau élevé de protection de l'environnement (art. D.VIII.28). L'évaluation des incidences oblige une prise en compte de la qualité du sol dans l'évaluation des incidences d'un plan ou schéma (1) qui doit informer l'autorité compétente adoptant le plan ou schéma (2) sur les usages visés du territoire par le plan ou schéma. Il s'agit ici d'une intégration au sein de la procédure d'éléments relatif aux enjeux des sols.

4.3.2.1 Prise en compte de la qualité des sols dans l'évaluation des incidences

L'évaluation des incidences environnementales qui prend la forme d'un rapport environnemental doit intégrer les qualités du sol en ce qu'elle vise non seulement les caractéristiques du plan mais également les incidences sur la zone visée (art. D.VIII.33 et s.). Ce rapport doit contenir notamment les problèmes environnementaux liés au plan ou au schéma en ce compris les incidences non négligeables probables, à savoir les effets secondaires, cumulatifs, synergiques, à court, à moyen et à long terme, permanents et temporaires, tant positifs que négatifs, sur l'environnement, y compris sur des thèmes comme la diversité biologique, la population, la santé humaine, la faune, la flore, **les sols**, les eaux, l'air, les facteurs

⁷³ J.O.U.E., 21 juillet 2001, L 197/30.

⁷⁴ Bien que nous n'oublions pas le fait que la participation du public constitue un atout en ce qu'elle permet à des ONG ou à des naturalistes de participer au processus décisionnel, nous concentrerons notre exposé sur l'évaluation environnementale des plans et des schémas.

climatiques, les biens matériels, le patrimoine culturel, y compris le patrimoine architectural et archéologique, les paysages et les **interactions entre ces facteurs**, les mesures envisagées pour éviter, réduire et, dans la mesure du possible, compenser toute incidence négative non négligeable de la mise en œuvre du plan ou du schéma sur l'environnement et la présentation des alternatives possibles et de leur justification. Conformément au principe de substitution, l'autorité est tenue d'analyser les solutions alternatives afin de limiter au maximum les dommages à la biodiversité (Born, 2009). Notons que « [l]es renseignements utiles concernant les incidences des plans et programmes sur l'environnement obtenus à d'autres niveaux de décision ou en vertu d'autres législations peuvent être utilisés pour fournir les informations énumérées à l'alinéa 1^{er} » (art. D. VIII.33§3, al. 2). Les valeurs du sol semblent donc bien comprises dans le droit commun du mécanisme d'évaluation des incidences des plans et schéma dans le CoDT.

4.3.2.2 Prise en compte des incidences du rapport des incidences environnementales

L'autorité compétente prend en effet en considération le rapport des incidences environnementales (art. D.VIII.35). Le rapport des incidences environnementales (RIE) est un outil avant tout procédural : il vise à informer l'autorité compétente mais n'a pas, à la différence de l'évaluation appropriée du régime Natura 2000, de portée substantielle en ce qui concerne la police administrative de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme. Le RIE ne lie donc pas l'autorité compétente qui garde une marge d'appréciation mais devra néanmoins motiver les raisons qui la font s'écarter des conclusions du rapport, sous le contrôle du C.E. (Haumont, 2020, no. 789). Ceci implique que l'autorité compétente réponde aux avis et aux réclamations. Le CoDT prévoit que « [l]'autorité compétente pour adopter l'avant-projet ou le plan ou le schéma, ou la personne qu'elle désigne à cette fin, soumet le projet de contenu du rapport sur les incidences environnementales ainsi que l'avant-projet ou le projet de plan ou de schéma pour avis au pôle « Environnement », à la commission communale, ou, à défaut, au pôle « Aménagement du territoire », et aux personnes et instances qu'elle juge utile de consulter » (art. D. VIII. 33§4, al. 1). Il lui faut en indiquer les raisons si l'autorité se départ de l'avis défavorable du Pôle environnement (anciennement, CWEDD).

4.3.3 Urbanisme et le sol

Les livres III et IV du CoDT établissent les règles relatives à l'urbanisme wallon. Les règles relatives aux guides d'urbanisme (1) et aux permis d'urbanisme (2) sont tour à tour étudiées.

4.3.3.1 Guides d'urbanisme

Le CoDT encadre l'adoption d'un guide régional d'urbanisme (« GRU ») et de guide communal d'urbanisme (« GCU »). Le guide régional d'urbanisme s'applique au schéma de développement pluricommunal, au schéma de développement communal, au schéma d'orientation local, au guide d'urbanisme, au permis et au certificat d'urbanisme n° 2 (art. D.III.8, al. 2). Le guide communal peut s'écarter des indications du guide régional moyennant certaines conditions (art. D.III.9§1). Les permis d'urbanisme peuvent déroger aux normes du GRU aux conditions de l'article D.IV.13.

Le GRU décline « pour la Wallonie ou pour une partie de son territoire dont il fixe les limites, les objectifs de développement du territoire du schéma de développement du territoire en objectifs d'urbanisme, par des indications et des normes, en tenant compte, le cas échéant, des spécificités du ou des territoires sur lesquels il porte » (art. D.III.1, al. 1). Il s'agit d'un document mixte qui comporte tant des indications à valeur indicative que des normes à valeur réglementaire (art. D.III.8, al. 1). La prise en compte des fonctions des sols dans le GRU peut se faire via des indications qui permettront de préserver, développer, valoriser, restaurer les sols. Ces indications portent notamment sur la conservation, la volumétrie et les couleurs, les principes généraux d'implantation des constructions et installations au-dessus et en-dessous du sol, la conservation, le gabarit et l'aspect des voiries et des espaces publics, les plantations, les modifications du relief du sol, l'aménagement des abords des constructions, les mesures de lutte contre l'imperméabilisation du sol (art. D.III.2§1). Il peut également comprendre des normes notamment sur les conditions pour accueillir les constructions et installations dans les zones exposées à un risque d'accident majeur, naturel ou à une contrainte géotechnique majeure (art. D.III.2§2). Le GRU est pertinent contre l'imperméabilisation des sols et dans les zones à risques. Il ne peut par contre déterminer les affectations des zones. Il lutte indirectement contre l'artificialisation du sol via les indications sur les formes urbaines, la volumétrie, les densités nécessaires et peut servir de guide pour encadrer l'artificialisation via les outils pluricommunaux et communaux en tenant compte des spécificités des territoires. La valeur

réglementaire des conditions de constructions dans les zones à risques pourrait baliser l'artificialisation des sols par le respect de leurs fonctions géomorphologiques.

Le GCU décline « pour tout ou partie du territoire communal, les objectifs de développement territorial du schéma de développement du territoire, du schéma de développement pluricommunal et des schémas communaux en objectifs d'urbanisme, par des indications, en tenant compte des spécificités du ou des territoires sur lesquels il porte » (art. D.III.4, al. 2). Il ne peut comprendre que les mêmes catégories d'indications à valeur indicative que le GCU (art. D.III.5). Il s'ensuit que ce qui a été dit pour le GRU en ce qui concerne ses indications vaut *mutatis mutandis* pour le GCU.

4.3.3.2 Permis d'urbanisme

La législation relative aux permis d'urbanisme vise à réglementer les actes et travaux dans un souci de bon aménagement des lieux ; celui-ci vise « l'intégration et la compatibilité d'un projet avec l'environnement immédiat, bâti ou non »⁷⁵. L'autorité délivrante garde une marge d'appréciation pour délivrer le permis d'urbanisme ; seule l'erreur manifeste d'appréciation peut être sanctionnée par le Conseil d'Etat⁷⁶. Notons que le permis d'urbanisme doit respecter le plan de secteur et les schémas qui s'appliquent (sauf hypothèse de dérogation ou écart pour les schémas); les prescriptions des zones d'affectation sont contraignantes. Il doit également respecter les schémas pour autant que ceux-ci s'appliquent. Le CoDT établit la liste des travaux soumis à permis d'urbanisme. La liste des actes et travaux soumis à permis d'urbanisme révèle une certaine protection relative au sol (a). De manière générale, les sols sont également compris dans l'évaluation des incidences des projets d'urbanisme (b). Les rationalités d'autres législations sont intégrées au sein de la législation sur les permis d'urbanisme ; orientant vers une meilleure intégration de la protection du sol (c). Certains mécanismes permettant d'atténuer les impacts d'un projet sur l'environnement sont également mobilisables (d). Enfin, la circulation juridique du sol impose la transmission de certains renseignements urbanistiques qui touchent essentiellement à des données relatives à la pollution du sol (e).

a) Actes et travaux soumis à permis d'urbanisme

De manière générale, les actes et travaux soumis à permis d'urbanisme (D.IV.4) ont un impact concret sur le sol, qui est visé explicitement (modification sensible du relief du sol) ou implicitement. La protection du sol intervient alors par la nécessité d'une autorisation d'urbanisme. Ainsi, par exemple, des travaux comme la construction (1°), la déconstruction/reconstruction (2 et 3°), le défrichement (9°) ou le déboisement (10°) touchent nécessairement au sol sans le viser explicitement. De manière plus directe, le CoDT soumet à permis d'urbanisme la modification sensible du relief du sol (9°), sauf hypothèses d'exonération (art. R.IV.1-1, T). Autrefois non définie⁷⁷, la partie réglementaire du CoDT liste de manière exhaustive ce qu'il faut entendre par modification sensible du relief du sol (art. R.IV.4-3). L'on peut classer les différentes modifications sensibles du relief du sol en plusieurs catégories⁷⁸ :

- Celles portant sur l'ampleur ou la localisation de la modification envisagée (1, 2, 3°) :
 - Volume supérieur à 40mètres cubes ;
 - Hauteur supérieure à cinquante centimètres par rapport au niveau naturel du terrain et d'un volume supérieur à 5 mètres cubes ;
 - Située à moins de 2 mètres de la limite mitoyenne.
- Celles par rapport aux caractéristiques et affectation du terrain concerné :
 - Porte sur un terrain soumis à un risque de ruissellement concentré c'est-à-dire un axe de concentration naturel des eaux de ruissellement qui correspond à un thalweg, une vallée ou un vallon sec ;
 - Au sein d'une zone soumis à l'aléa inondation ;
 - Modification du système de drainage d'une wateringue ;
 - Située dans un site reconnu par la loi de conservation de la nature (sauf exceptions) ;
 - Située dans une zone naturelle ;

⁷⁵ C.E., n° 248.669, 20 octobre 2020, *Delautre et Declercq*.

⁷⁶ C.E., n° 247.364, 2 avril 2020, *Rubio Corte et Garcia Corte*.

⁷⁷ Le caractère sensible s'appréciait alors en fonction de l'ensemble des caractéristiques du terrain et non en isolant l'une ou l'autre de celles-ci (C.E., 29 juin 2010, n° 206.086, *Braibant et crts*).

⁷⁸ F. Haumont, « Urbanisme - La Région wallonne », Rép. not., T. XIV, Le droit public et administratif, Livre 14/1, Bruxelles, Larcier, 2020, n° 329.

- Concerne une zone de prévention rapprochée au sens du Code de l'Eau, dont le captage est destiné à la consommation humaine sous forme conditionnée d'eau de source ou minérale naturelle.
- Selon la finalité ou l'effectivité de la modification envisagée :
 - Finalité de créer ou combler un plan d'eau ;
 - Modification du relief des berges d'un cours d'eau ;
 - De combler une dépression résultant de la présence d'un risque naturel ou d'une contrainte géotechnique majeurs visés à l'article D.IV.57, alinéa 1er, 3° ;
 - De créer un parking ou une piste non couverte destinée à des exercices d'équitation.

b) Évaluation des incidences des projets d'urbanisme

Les incidences directes et indirectes du projet sur le sol, le sous-sol et sur la biodiversité doivent donc pouvoir être analysées. À l'instar de l'évaluation des plans et des schémas, la procédure d'évaluation des projets vise à apprécier l'impact de ces derniers sur les qualités du sol. La matière est régie par le Code de l'environnement et s'applique aux projets soumis à permis, énumérés à l'article D.49 dudit Code (qui vise notamment les permis d'environnement, unique ou d'urbanisme). L'évaluation des incidences des projets sur l'environnement est définie à l'article D.6, 22° comme le « processus constitué de l'élaboration d'une étude d'incidences sur l'environnement, de la réalisation de consultations, de la prise en compte de ladite étude, des résultats des consultations et des éventuelles informations supplémentaires fournies par le demandeur à la demande de l'autorité compétente lors de la prise de décision, de la conclusion motivée de l'autorité compétente sur les incidences notables du projet sur l'environnement ». Comme pour les plans et schémas, l'objectif de cette évaluation a notamment pour but de gérer le milieu de vie et les ressources naturelles, de façon à préserver leurs qualités et à utiliser rationnellement et judicieusement leurs potentialités et d'assurer un niveau élevé de protection de l'environnement (art. D.50). Le Code de l'environnement distingue les projets soumis à notice d'évaluation (art. D6, 12° du Code de l'environnement, "CDE") ou à étude d'incidences (art. D6, 8°). Seules les personnes agréées peuvent élaborer l'étude d'incidences. Toute demande de permis comporte soit une notice d'évaluation des incidences sur l'environnement, soit une étude d'incidences sur l'environnement (D.62, §1). Tant la notice que l'étude doivent notamment identifier, décrire et évaluer de manière appropriée, selon le cas particulier, les **incidences directes et indirectes** d'un projet sur la **biodiversité**, en accordant une attention particulière aux espèces et aux habitats protégés au titre de la directive 92/43/CEE et de la directive 2009/147/CE et sur les terres⁷⁹, le **sol**, le **sous-sol**, l'eau, l'air, le bruit, les vibrations, la mobilité, l'énergie et le climat (art. D.62§2).

L'avis du pôle « Environnement » est sollicité pour tout projet soumis à étude d'incidences (art. R. 82§1, al. 1). L'avis de la C.C.A.T.M. ou, à défaut, du pôle « Aménagement du territoire » est sollicité lorsque la demande porte sur un des permis d'urbanisme soumis à étude d'incidences (art. R. 82§1, al. 2 2° CDE). L'autorité devra alors motiver sa décision au regard de ces avis. Elle peut s'écarter de ces avis pour autant que l'on comprenne les motifs de pourquoi elle s'en écarte. Elle n'est pas tenue de réfuter, point par point, les motifs et arguments développés dans les avis émis, pourvu que la motivation de la décision permette de comprendre les raisons pour lesquelles l'autorité de recours ne partage pas la même appréciation quant à l'opportunité d'accorder le permis d'urbanisme sollicité.

À la différence de la notice d'évaluation, l'évaluation des incidences doit en outre décrire les **solutions de substitution raisonnables**. Celles-ci doivent « inciter le demandeur à modifier son projet dans un sens favorable à l'environnement » (Smal, 2018, p. 194). L'évaluation des incidences est réalisée par un auteur d'étude qui est la personne agréée (art. R. 48 et s. du CDE) choisie par le demandeur pour la réalisation d'une étude d'incidences sur l'environnement (art. R.46, 3° du CDE). Les solutions de substitution doivent être esquissées, et ne peuvent l'être de façon très sommaire, sinon quoi le dossier est lacunaire pour l'évaluation des incidences. Cette lacune n'entraîne l'annulation du permis que si l'autorité n'a pas statué en connaissance de cause, et il appartient à celui qui s'en prévaut de le prouver. Tel n'est pas le cas lorsque le grief allégué par une partie requérante, purement théorique, n'indique pas quelle alternative aurait dû être examinée de manière concrète et ne l'a pas été. Il ne s'agit pas d'étudier toutes les alternatives envisageables : « [il] s'impose seulement que soient esquissées les principales solutions de substitution qui ont été examinées par le demandeur de permis et indiquées les principales raisons de son choix eu égard aux effets sur l'environnement » (Conseil d'Etat, n° 248.911). Écarter des solutions de substitution peut amener à une obligation de motivation renforcée.

⁷⁹ Notons que les terres traduisent le terme anglais de « land », et qu'il eut été préférable de le traduire par « territoire ».

Le permis, ou son refus, sont motivés au regard des incidences sur l'environnement (art. D.75). Le permis est nul en cas d'absence de notice d'évaluation ou d'étude d'incidences lorsque celles-ci sont requises (art. D.77, al. 2, 1° et 3°). Le sol est pris alors dans sa valeur intrinsèque, et l'arbitrage avec les usages anthropiques est réalisé à l'aune de la prise en compte des incidences environnementales sur le sol.

c) Liens avec le Décret Sols et sur la loi sur la conservation de la nature

L'article D.IV.88 du CoDT prévoit que lorsqu'un projet « requiert pour sa réalisation une ou plusieurs autres autorisations (...) visées par une autre législation de police administrative, les actes et travaux autorisés par le permis ne peuvent être exécutés par son titulaire tant que ce dernier ne dispose pas desdites autorisations ». Le CoDT prévoit par ailleurs que lorsque des obligations découlant des dispositions du décret Sols (étude d'orientation, de caractérisation, combinée, ou un projet d'assainissement ou des actes et travaux d'assainissement) sont échues, le permis d'urbanisme peut être suspendu (art. D.IV.89, 3°). Cette suspension illustre l'interaction entre le CoDT et le décret Sols et illustre la volonté du CoDT de faire sienne la perspective de la qualité des sols promue par le décret Sols. Il est intéressant de noter que les hypothèses - de principe - d'imposition d'une étude d'orientation par le demandeur d'un permis d'urbanisme par le décret Sols visent clairement les sols. L'on rappellera que les conditions d'un permis d'urbanisme ne peuvent imposer comme condition d'urbanisme la réalisation d'une étude d'orientation. D'une part, le décret Sols impose une étude d'orientation au demandeur de permis d'urbanisme lorsque le terrain est renseigné dans la banque de données de l'état des sols comme pollué ou potentiellement lorsque la demande vise des impacts au sol. Ainsi, les demandes de permis visant une construction, une reconstruction, une modification sensible du sol ou le défrichement ou modification de la végétation de toute zone identifiée par le Gouvernement (respectivement, D.IV.4, 1°, 4°, 9° et 13°) sont visées pour autant que celles-ci impliquent une modification de l'emprise au sol qui impactent la gestion du sol (art. 23§1, al. 1, 1° Décret Sols). La modification de l'emprise impactant la gestion des sols est définie par le décret comme la « modification de la surface au sol ou remaniement du sol du fait d'actes et travaux susceptibles d'empêcher ou de rendre exagérément difficile des investigations, des analyses ou des actes et travaux d'assainissement visant une pollution du sol identifiée au niveau du terrain ou localisée à proximité directe » (art. 2, 36° Décret Sols). D'autre part, tout changement du type d'usage vers un usage plus contraignant, généré par un changement d'affectation ou d'usage de fait est également soumis à étude d'orientation.

L'autorité compétente doit également prendre en compte dans sa décision la législation relative aux sites Natura 2000 (art. 25 et s. de la Loi sur la conservation de la nature). Le sol va être ici protégé via en sa qualité d'habitat naturel et d'espèces pour lequel le site a été désigné Natura 2000 via les objectifs de gestion active. Ces objectifs ont valeur réglementaire et doivent être respectés lors de la délivrance des permis dans et autour des sites Natura 2000 (Born, 2010, pp. 25-26). L'article 29§2, al. 1 de la loi sur la conservation de la nature (LCN), qui transpose l'article 6§§3-4 de la Directive Habitats, dispose que « tout plan ou projet soumis à permis, qui, au regard des prescriptions à valeur réglementaire de l'arrêté de désignation et des objectifs de conservation du site, est non directement lié ou nécessaire à la gestion du site mais est susceptible d'affecter ce site de manière significative, individuellement ou en conjugaison avec d'autres plans et projets, est soumis à l'évaluation des incidences prévue par la législation organisant l'évaluation des incidences sur l'environnement dans la Région wallonne, eu égard aux objectifs de conservation du site et selon les modalités fixées par le Gouvernement ». Cette dispose enjoint aux autorités de refuser le plan ou le permis si elle ne peut assurer que le plan ou le projet, au regard des conclusions de l'évaluation appropriée des incidences, ne portera pas atteinte à l'intégrité du site Natura2000 concerné (art. 29, §2, al. 3 LCN). Si tel devait être le cas, le plan ou le projet devrait être refusé sauf hypothèses strictes de dérogation. Ce qui implique notamment qu'il n'existe pas de solutions alternatives, que des raisons impératives d'intérêt public majeur puissent être justifiées et qu'une compensation écologique soit mise en œuvre (art. 29, §2, al. 4 LCN). Le sol est ici protégé mais en tant qu'habitat par référence aux exigences écologiques de certaines espèces.

d) Conditions et charges d'urbanisme

On conçoit qu'un projet d'urbanisme affecte le sol en ce que dans de multiples hypothèses l'occupation et/ou l'usage du sol va/vont être modifiés. L'autorité compétente qui dispose d'une marge d'appréciation (voy. *supra*) peut imputer des conditions ou charges qui peuvent intégrer des considérations relatives aux valeurs du sol (D.IV.53). Le projet d'usage du sol à des fins anthropiques se voit alors imputer des limitations qui sont justifiées eu égard à la qualité intrinsèque du sol. Le CoDT autorise que le permis puisse être soit refusé, soit subordonné à des **conditions** particulières. Ces conditions peuvent être liées à des motifs de viabilisation du terrain, à la protection des personnes, biens ou de l'environnement ou

encore liés à la planologie en cours. Les conditions relatives à la protection de l'environnement nous intéressent particulièrement (art. D.IV.57). Plusieurs hypothèses sont visées mais aucune n'intéresse directement la problématique des sols. Néanmoins, l'on retrouve des hypothèses qui peuvent protéger indirectement le sol comme les conditions qui peuvent être subordonnées aux actes ou travaux se rapportant à des biens immobiliers situés :

- Dans ou à proximité d'une réserve naturelle domaniale ou une réserve naturelle agréée, d'une cavité souterraine d'intérêt scientifique, d'une zone humide d'intérêt biologique ou d'une réserve forestière, visée par la loi du 12 juillet 1973 sur la conservation de la nature ;
- Dans ou à proximité d'un site Natura 2000 proposé ou arrêté en application de la loi du 12 juillet 1973 sur la conservation de la nature (art. D.IV.57, 4°).

Certaines conditions relatives aux valeurs du sol pourraient être envisagées sur base de ce fondement. Ces conditions doivent être précises et limitées et ne porter que des éléments accessoires et secondaires du projet. Elles ne peuvent laisser de marge d'appréciation quant à l'opportunité de s'y conformer et ni quant à leur exécution. Elles ne peuvent dépendre d'un évènement futur ou incertain et leur réalisation ne peut dépendre d'un tiers ou d'une autre autorité. Ces conditions sont cumulatives⁸⁰.

Des charges peuvent également être imposées au projet d'urbanisme. Celles-ci couvrent « la réalisation ou la rénovation de voiries, d'espaces verts publics, la réalisation ou la rénovation de constructions ou d'équipements publics ou communautaires en ce compris les conduites, canalisations et câbles divers enfouis, **ainsi que toutes mesures favorables à l'environnement** » (art. D.IV.54, al. 3). Les mesures favorables à l'environnement sont « **celles ayant un impact favorable notamment** sur la diversité biologique, la population, la santé humaine, la faune, la flore, **les sols**, les eaux, l'air, les facteurs climatiques, les biens matériels, le patrimoine culturel, architectural et archéologique et les paysages, (...) » (art. R.IV.54-1 §2, al. 3). L'on pourrait donc imaginer des charges environnementales ayant un impact sur les sols. Notons que ces mesures doivent respecter le principe de proportionnalité qui « requiert qu'il existe un rapport raisonnable de proportionnalité entre d'une part le coût financier que l'exécution du projet est susceptible de faire peser sur la collectivité sur la base de sa localisation et de son importance déterminée en termes de superficie, de nombre de personnes accueillies ou de trafic généré, et d'autre part le coût des charges et des cessions à titre gratuit imposées » (art. R.IV.54-2. §1). L'autorité doit également respecter le **principe d'égalité** qui « impose donc à l'autorité compétente d'adopter un comportement identique vis-à-vis de situations similaires, sauf à justifier expressément la différence de traitement par la nécessité de rencontrer un but légitime et que les moyens utilisés soient proportionnés » (Letellier, 2020, p. 661).

e) Circulation juridique du sol – renseignements urbanistiques

Dans le cadre de certaines cessions visées à l'article D.IV.99§1, al. 1 (« tout acte entre vifs, sous seing privé ou authentique, de cession, qu'il soit déclaratif, constitutif ou translatif, de droit réel ou personnel de jouissance de plus de neuf ans, en ce compris les actes de constitution d'hypothèque ou d'antichrèse »), le CoDT impose certaines informations mais peu intéresse la qualité du sol. En effet, lorsqu'on lit l'article D.IV.97, auquel l'article D.IV.99 nous renvoie, seul le point 8° concerne directement le sol en ce que les données relatives au bien inscrites à la BDES doivent être renseignées. Notons également que doit également être renseigné les cas où le « bien est exposé à un risque d'accident majeur, à un risque naturel ou à une contrainte géotechnique majeurs ou s'il est situé dans une réserve naturelle domaniale ou agréée, une réserve forestière ou dans un site Natura 2000, s'il comporte une cavité souterraine d'intérêt scientifique ou une zone humide d'intérêt biologique, au sens de l'article D.IV.57, 2° à 4° ; 10° si le bien est repris dans le plan relatif à l'habitat permanent » (art. D.IV.97, al. 1, 9°).

4.3.4 Urbanisme opérationnel

Les outils d'urbanisme opérationnel sont intégrés au sein du livre V du CoDT. Six outils opérationnels y sont listés : les sites à réaménager (« SAR », art. D.V.1 et s.), les sites de réhabilitation paysagère et environnementale (« SRPE », art. D.V.7 et s.), les périmètres de remembrement urbain (« PRU », art. D.V.9 et s.), la revitalisation urbaine (art. D.V.13), la rénovation urbaine (art. D.V.14) et les zones d'initiatives privilégiées (« ZIP », art. D.V.15 et s.). La lecture des différents outils fait apparaître que ces outils visent essentiellement à recycler le foncier. Leur principal intérêt réside dans la possibilité aux recours d'outils facilitant la réhabilitation, la rénovation ou le réaménagement du site. La question se pose de savoir si les enjeux du sol y sont intégrés. Historiquement, les questions relatives à l'assainissement des sols étaient

⁸⁰ C.E., n° 244.063, 29 mars 2019.

envisagées de manière complémentaire à l'urbanisme opérationnel (Davit et al., 2015, p. 66; Leprince and Halen, 2019, p. 21). Ainsi, pour les sites à réaménager, réaménager un site signifie « y réaliser des actes et travaux de réhabilitation, de rénovation, d'assainissement du terrain (au sens de l'article 2, 11°, du décret du 1er mars 2018 relatif à la gestion et à l'assainissement des sols – Décret du 1er mars 2018, art. 103), de construction ou de reconstruction en ce compris les études y relatives ; le Gouvernement peut arrêter la liste des actes et travaux » (art. D.V.1, 2°). Les termes de « réhabilitation » et de « rénovation » ne sont pas définis. Néanmoins, les dispositions réglementaires du CoDT détaillent ces concepts : travaux d'urgence, travaux de nettoyage du site tant urbanistique qu'environnemental et des travaux plus structurels apportés au gros-œuvre fermé (Donnay and Leprince, 2017, p. 455;voy). Les travaux d'assainissement sont à entendre au sens du décret Sols. En ce sens, cet outil intègre la qualité des sols si le terrain est pollué. Il résulte que la principale intégration des enjeux du sol au sein de ces outils est celle de son articulation avec les obligations issues du décret Sols. Dans ces cas-là, en réalité, le régime des SAR et les obligations du décret Sols s'appliquent cumulativement (Haumont, 2020, no. 525). Néanmoins, en tant qu'outils mobilisables pour la lutte contre l'étalement urbain, ceux-ci pourraient potentiellement protéger indirectement les sols naturels en diminuant la pression d'urbanisation sur ces derniers. Leurs atouts résident également dans les outils mobilisables au sein de ces régimes (outils fonciers tels que l'expropriation pour cause d'utilité publique, droit de préemption, possibilité de dérogation au plan de secteur, possibilité d'obtention de subventions, etc.).

4.4. Remarques conclusives

Le sol fait partie intégrante du patrimoine commun de la Région Wallonne (art. 1 du Décret relatif à la gestion et à l'assainissement des sols, « Décret Sols », et art. D.1, al. 1 du Code de l'environnement, « CDE »). Véritable écosystème, il est également le vecteur d'usages anthropiques. La notion de la qualité du sol est reprise au sein du Décret Sols mais reste cependant indéfinie. En l'état du droit, la qualité du sol visée par le Décret Sols se manifeste en grande partie dans l'édictation de valeurs limites de concentration de polluants qui visent à s'assurer que l'usage projeté sur le sol correspond à certains niveaux de concentration de polluants juridiquement acceptés. Cette vision de la qualité des sols est intrinsèquement liée au droit de l'aménagement du territoire. Ainsi, les valeurs admises diffèrent selon la situation de droit du sol qui se réfère aux différents zonages du plan de secteur (voy. Annexe II du Décret Sols et art. D.II.23 du CoDT). La suspension du permis peut être prononcée lorsque des obligations découlant du Décret Sols doivent être réalisées (art. D.IV.89, 3° CoDT). La figure des sites à réaménager visent des travaux d'assainissement au sens du décret Sols (art. D.V.1 et s. CoDT). Mise à part les liens établis avec le décret Sols en ce qui concerne la pollution du sol, la notion de « qualité du sol » est étrangère au CoDT. Le sol se trouve médiatement protégé au sein de certains zonages comme les zones naturelles et d'espaces verts (art. D.II. 38 et 39 CoDT) ou de périmètre en surimpression (art. D.II.21 CoDT). En outre, les règles relatives aux schémas (livre II du CoDT), guides d'urbanisme (livre III du CoDT) et permis d'urbanisme (livre IV du CoDT) réglementent et limitent l'usage rationnel du sol. En revanche, la qualité du sol n'est que peu intégrée dans les processus décisionnels d'aménagement du territoire. La dégradation de sols de haute qualité écologique n'émeut alors pas le CoDT malgré l'existence de mécanismes correctifs mobilisables des atteintes faites à la qualité du sol tant à l'échelle des plans et des schémas (solutions alternatives, compensation) que des projets (solutions de substitution raisonnables du moins pour l'étude d'incidences, charge d'urbanisme). Une telle situation est possible parce que les mécanismes d'information intervenant dans le cadre du processus décisionnel, que ce soit à l'échelle des plans et des schémas (livre VIII du CoDT) ou des projets (art. D. 62 et s. du CDE), manquent de critères pour caractériser l'atteinte faite à la qualité du sol. En outre, l'atteinte à la qualité du sol ne constitue pas en elle-même un critère matériel de décision influant sur la marge d'appréciation de l'autorité compétente.

5. Les solutions opérationnelles de refunctionalisation des sols

5.1. Introduction

Le processus d'artificialisation est, considéré en pratique par certains, comme peu réversible (Godart and Ruelle, 2019). Selon (France Stratégie, 2019a), la renaturation d'un sol artificialisé va nécessiter, chronologiquement une déconstruction, une dépollution, une désimperméabilisation, la construction de technosols indispensables à la végétalisation, enfin, une reconnexion fonctionnelle aux écosystèmes naturels environnants. Aujourd'hui, on constate que les notions de desartificialisation ou de renaturation sont de plus en plus évoquées. Elles reposent sur une remise en état de la qualité du sol ou refunctionalisation des sols, combinée par la suite avec une revégétalisation du sol. L'ensemble de ces actions peuvent contribuer à un projet de renaturation. La déconstruction dans le cadre de renaturation est cependant optionnelle sur des sols artificialisés, tous n'étant pas recouverts de bâtiments (Limasset, 2021). Les types de sites artificialisés pouvant bénéficier de ces actions, et auxquels on peut penser au premier abord, 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.

Plusieurs actions possibles sont envisageables pour une refunctionalisation d'un sol à l'échelle d'un site (Figure 9). Les sols en place peuvent être amenés à être **désimperméabilisés**, en permettant principalement aux fonctions liées au petit cycle de l'eau d'être de nouveau effectives. Un **sol peut être reconstitué sur place** avec des apports extérieurs de matières, voire dans certains cas excavés, puis remplacés par un nouveau sol entièrement construit avec des matériaux extérieurs. Enfin, une refunctionalisation du sol peut être également anticipée dans le cadre d'un **processus de dépollution/assainissement de sites pollués** via de la bioremédiation⁸¹ conduisant à l'élimination ou la réduction des polluants présents dans le sol. Il est à noter qu'en France ou en Wallonie les traitements de dépollution sont actuellement plutôt choisis en fonction des risques vis-à-vis de la santé et de l'environnement, des usages envisagés ainsi que des coûts et des délais de décision de mise en œuvre. (France Stratégie, 2019b). Néanmoins, certaines techniques de bioremédiation peuvent être utilisées, permettant de maintenir les fonctions existantes du sol, soit de les renforcer.

L'ensemble de solutions de refunctionalisation peuvent ainsi théoriquement agir sur une ou plusieurs fonctions du sol, et cela en fonction notamment des services écosystémiques (SE) attendus pour l'écosystème considéré.



Figure 9 - Solutions possibles de refunctionalisation combinées avec un projet de végétalisation dans le cadre d'un projet de renaturation source (Limasset, 2021)

Le groupement SOILval propose ainsi dans ce chapitre une revue des solutions de refunctionalisation des sols les plus citées aujourd'hui pour une remise en état de la qualité des sols optimale. Il a été proposé de revoir en particulier les solutions de désimperméabilisation, de la construction ou reconstitution de sol (aussi appelé génie pédologique) et des techniques de phytoremediation. Cette revue est commune à la France et à la Wallonie, bien qu'elle repose principalement de retours d'expérience français. Pour chacune des solutions opérationnelles sont décrits autant que possible les principes et définitions de cette solution, un rappel du contexte réglementaire de mise en œuvre, en quoi cette solution prend en

⁸¹ La **bioremédiation** des sols pollués regroupe les techniques biologiques visant à immobiliser, extraire ou dégrader les contaminants des sols et mettant en jeu des plantes et/ ou des micro-organismes. On y retrouve des techniques de biotraitements et de phytoremediation.

compte des valeurs de sol, ses échelles d'application, ses degrés d'application ou blocages identifiés, les catégories d'acteurs qui peuvent contribuer à sa mise en œuvre, et en quoi il permettrait de contribuer à la mise en œuvre du ZAN.

Note : L'évaluation des impacts ou bénéfiques socio-économiques liée à la mise en œuvre de ces solutions de refonctionnalisation d'une manière générale est délicate car elle dépend des bénéficiaires considérés (France Stratégie, 2019b). En effet, *en 2019, la renaturation était seulement considérée comme un outil économiquement viable pour les projets ne nécessitant ni dépollution ni désimperméabilisation (par exemple friches non polluées et carrières). Les coûts des différentes étapes de projets de renaturation semblent difficiles à évaluer, parce qu'ils dépendent de l'importance de la transformation initiale des sols. Quelques données d'évaluation des coûts sont néanmoins disponibles. Ces éléments montrent que la renaturation d'un sol artificialisé après dépollution, désimperméabilisation et construction d'un technosol coûte de 95 à 390 euros le m², sans compter le coût de déconstruction (France Stratégie, 2019a).*

5.2. Les solutions de désimperméabilisation

5.2.1 Notions de désimperméabilisation

Il n'y a pas de définition unique de la désimperméabilisation en France, cette notion étant assez émergente. Selon (CDC Biodiversité and Humanité Biodiversité, 2021), 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 (

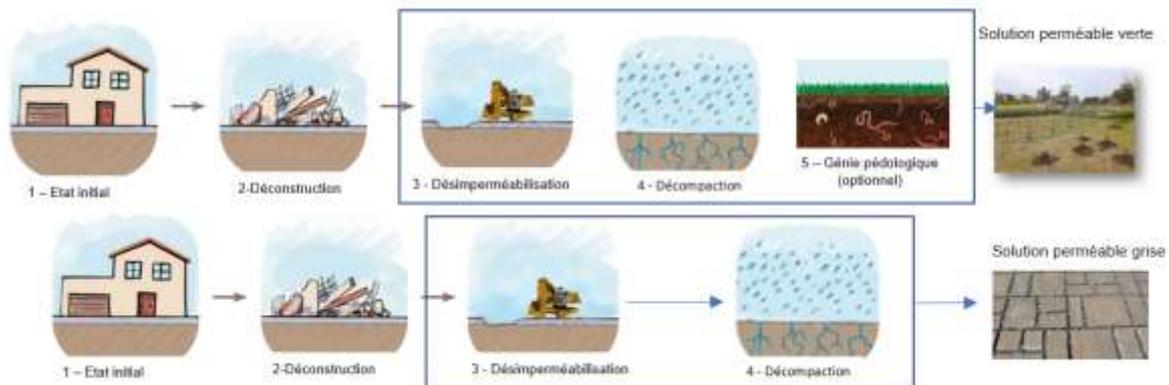


Figure 10). Elle peut conduire à deux processus : (i) le sol d'un espace désimperméabilisé peut ensuite être réhabilité en vue d'une renaturation, ou, si l'usage le veut, (ii) être aménagé avec des revêtements filtrants (sur des parkings ou des chemins par exemple). La commission européenne ajoute qu'il s'agit de « rétablir en partie l'ancien profil du sol en éliminant les couches imperméables tels 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).

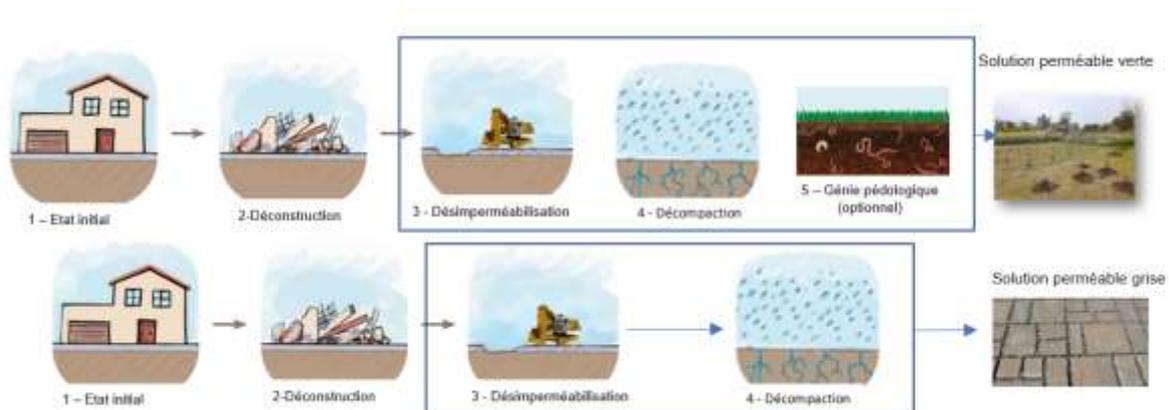


Figure 10 – Deux grandes possibilités de trajectoires d'une désimperméabilisation – adapté de (CDC Biodiversité and Humanité Biodiversité, 2021). Les encadrés reprennent les actions strictes de refonctionnalisation du sol

Une deuxième 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 dans un contexte d'urbanisation croissant. Elle est en général accompagnée d'une végétalisation des espaces. De la même manière, cette technique a comme objectif de favoriser l'utilisation de matériaux et de surfaces perméables ou encore d'infiltrer les eaux pluviales à la parcelle (à la source) – via la création d'ouvrages spécifiques, et ainsi de rétablir au mieux les fonctions assurées par le sol avant aménagement : infiltration de l'eau, échange sol-atmosphère, stockage de carbone, habitat pour la biodiversité, etc. (Poudevigne et al. 2017).

Désimpermeabiliser ou rendre le sol plus perméable sont des actions qui visent à la fois à se rapprocher du cycle naturel de l'eau en favorisant la recharge des nappes phréatiques et l'alimentation des cours d'eau et à favoriser la présence du végétal en ville (Grand Lyon, 2017). Désimpermeabiliser permet aussi de rétablir d'autres fonctions assurées par le sol : telles que l'échange entre le sol et l'atmosphère, le stockage de carbone, le réservoir de biodiversité du sol (Agence d'Urbanisme de l'Agglomération de Tours, 2020). Ainsi les actions de désimpermeabilisation (qui peuvent s'accompagner d'actions de gestion des eaux, d'actions de végétalisation, et/ou de restructuration du sol) permettent d'agir sur et de promouvoir le continuum sol – eau, le continuum sol-végétal, continuum sol-air et le continuum sol-sous-sol. Il s'agit aussi d'intégrer une réflexion sur la déconnexion des eaux pluviales au réseau public dans toute opération de renouvellement urbain pour que l'action engagée soit optimale.

Pour autant, en cas de présence de pollutions résiduelles ou polluants dans les sols, l'action de désimpermeabiliser peut favoriser la migration des polluants et leur transfert dans les milieux de l'environnement (gaz, eaux souterraines, etc.) vers des cibles potentielles (Hommes, faune, flore, etc.). C'est un point d'attention majeur à prendre en compte notamment sur des sols artificialisés.

5.2.2 Présentation des techniques de désimpermeabilisation et échelles d'application

Il n'y a pas à ce jour de recensement exhaustif de solutions de désimpermeabilisation. La désimpermeabilisation a vocation à être mise en œuvre sur tout type de surface (voirie, parking, zone d'activités, etc.) (France Stratégie, 2019b). Les actions de désimpermeabilisation s'inscrivent dans deux échelles bien distinctes. Elles peuvent concerner des micro-interventions, c'est-à-dire des opérations dans des zones très contraintes, ou de macro-interventions dans le cas de reconversion de zone à surface importante. Par ailleurs, deux typologies de techniques sont possibles : des solutions fondées sur la nature (végétalisation, noues d'infiltration, etc.) ou des solutions grises (revêtements poreux, pavés, par exemple).

6.2.2.1 Les actions ayant une emprise foncière limitée

Les villes mettent en place de petites solutions locales de désimpermeabilisation. Dans les métropoles, deux types d'action pour rendre la ville plus perméable sur des échelles plutôt locales sont décrites (Agence d'Urbanisme de l'Agglomération de Tours, 2020). Celles-ci peuvent être combinées avec des actions de désimpermeabilisation des surfaces imperméables là où cela est possible et des actions d'infiltration de l'eau pluviale à la parcelle. Il s'agit de la désimpermeabilisation des surfaces imperméables là où cela est possible, et de l'infiltration de l'eau pluviale à la parcelle, dite à la source.

La désimpermeabilisation des surfaces imperméables peut concerner par exemple sur des parkings, chaussées, trottoirs, pistes cyclables, allées piétonnes, cours d'école, aires de jeux, parvis, etc. (tout en prenant en compte les contraintes telle que la mobilisation possible de polluants en place dans des remblais). Ces actions de désimpermeabilisation des surfaces imperméables peuvent inclure par exemple (CEREMA, 2020a) :

- La revalorisation d'un ancien jardin privé en parc public avec sols perméables ;
- La reconfiguration d'un parking avec plantation et zone de stationnement perméable ;
- La zone de jeux d'enfants en copeaux de bois ;
- La désimpermeabilisation d'une voie routière pour plantation.

L'un des moyens d'atténuer les effets de l'imperméabilisation des sols est d'utiliser des matériaux et des surfaces perméables (Commission Européenne, 2012). Les matériaux et surfaces perméables peuvent aider à conserver certaines des fonctions clés du sol et à atténuer, dans une certaine mesure, les effets de l'imperméabilisation des sols. L'Europe a produit une grille de lecture sur les avantages et les inconvénients des différents matériaux perméables utilisables (Commission Européenne, 2012). Pour les voies de circulation, il est possible de passer par des matériaux spécifiques (France Stratégie, 2019b).

L'infiltration de l'eau pluviale à la parcelle, à la source peut reposer sur plusieurs techniques alternatives qui permettent une gestion intégrée des eaux pluviales dans un aménagement. Il peut s'agir de noues.

Une noue est une sorte de fossé peu profond et large, végétalisé, avec des rives en pente douce, qui recueille provisoirement de l'eau de ruissellement, soit pour l'évacuer via un trop-plein, soit pour l'évaporer (évapotranspiration) ou pour l'infiltrer sur place permettant ainsi la recharge des nappes. Il existe plusieurs types de noues en fonction des conditions d'infiltrabilité dans le sol. Deux grands types de noues peuvent être distingués : les noues de tamponnage ou noues standards (les sols étant peu perméables, l'eau est dirigée vers son exutoire) et les noues infiltrantes ou noue de filtration (eau infiltrée naturellement dans le sol) (Bruxelles Environnement, 2017). Ces derniers ouvrages sont de plus en plus plébiscités (Fardel, 2019) par les collectivités car ils ont à la fois une fonction de ré-infiltration des eaux pluviales et aussi d'abattement de la pollution dissoute et particulaire. Des noues mixtes (qui peuvent cumuler les possibilités de vidange) peuvent également être mises en place (Bruxelles Environnement, 2017). Des réflexions sur l'amendement des noues de filtration avec la matière organique, le fer et l'aluminium pour augmenter la capacité de piégeage des polluants sont en cours.

De nombreuses autres techniques peuvent être utilisées : jardins de pluie (permet de gérer les eaux pluviales des espaces publics en combinant l'alimentation des arbres et des espaces verts), espaces verts en dépression, massif végétal de stockage, caniveau poreux, revêtement poreux, tranchées drainantes, bassin d'infiltration individuel ou collectif, puits d'infiltration, fosses d'arbres végétalisées, chaussées à structures réservoirs (genre de drains souterrain linéaire à forte capacité de stockage, couverture végétale), bassins enterrés (généralement sous les parkings ou espaces piétons), etc.

On peut combiner les ouvrages pour répondre à différentes intensités de pluie. Les techniques alternatives permettent d'optimiser l'aménagement des sites, puisqu'il s'agit d'espaces multi-usages ou multifonctions :

- Donner systématiquement une fonction hydraulique aux espaces verts de nos projets (y compris les fosses d'arbres) pour absorber les pluies les plus fréquentes des terrains à proximité ;
- Favoriser les ouvrages rustiques, simples d'exploitation, et si possible superficiels ;
- Dimensionner nos ouvrages au plus juste, pour limiter leur emprise foncière, tout en prévoyant dans notre aménagement des zones peu vulnérables, submersibles quelques heures.

En agissant à la source, au plus près de là où la pluie tombe, les techniques alternatives évitent que l'eau ne se charge trop en pollution en ruisselant. Elles permettent également de piéger et dégrader certains polluants urbains, protégeant ainsi la nappe et les cours d'eau. Les sols pouvant ainsi se charger en polluants, leur usage pour de tels ouvrages doit être réfléchi et pérennisé dans le temps. D'autres part, les techniques alternatives participent à ne pas aggraver le risque d'inondation causé par les ruissellements (Grand Lyon, 2017). Il n'y a pas d'information à ce jour sur le retour d'expérience de ces actions en contexte de sols pollués.

5.2.2.2 Les actions ayant une emprise foncière importante – macro-interventions

Les villes mettent également en place des macro-interventions de désimperméabilisation, en particulier dans le cas de reconversion de zones à surface importante. Il peut s'agir par exemple de la destruction d'anciens bâtiments et d'une dalle de béton au profit d'un jardin partagé (CEREMA, 2020b) . Néanmoins, pour ce type d'usage, tout risque sanitaire en lien avec l'utilisation du jardin doit être écarté (MTES, 2017; "Potager - Portail Environnement-Santé,").

A noter, le guide « La nature dans nos villes et villages » (Grand Est Agences d'Urbanisme, 2020) fait référence à la ville ou perméable développée en Chine, la «ville éponge». Ce concept fait référence à la mise en œuvre d'un *urbanisme résilient face aux inondations. La première méthode consiste à recréer des espaces naturels que l'urbanisation a chassés. Toitures végétalisées, marais, lacs urbains, parcs... Tous absorbent une partie des eaux et permettent de ralentir l'afflux dans le réseau de la ville. Outre les espaces naturels, il est possible de construire des routes en béton poreux ou des espaces de jeux pour enfants qui se transforment en bassin de rétention en cas d'inondation.*

5.2.3 Quelles fonctions et services concernés

La désimperméabilisation de sols visent selon les contextes à générer des impacts positifs sur les fonctions écologiques dites hydro géomorphologiques (lié au cycle de l'eau), en retirant les couches imperméables empêchant l'infiltration de l'eau, et en permettant potentiellement une gestion alternative des eaux de pluie. Ainsi, les fonctions potentiellement concernées sont le ralentissement du ruissellement, la stabilisation des sols, la rétention des écoulements, la recharge des nappes, le soutien d'étiage.

La mise en œuvre de technologies de désimperméabilisation favorise également la présence de nature en ville. La désimperméabilisation suivie d'une réhabilitation ou restauration écologique des sols peut améliorer considérablement la biodiversité des organismes vivants du sol. Les infrastructures vertes qui découlent de ces technologies sur des sites initialement artificialisés, qui ont été désimperméabilisés et revégétalisés peuvent induire de nombreux SE. La désimperméabilisation dans le cadre d'une renaturation peut permettre ainsi indirectement de réduire la consommation énergétique (liée à la régulation thermique notamment la climatisation). Elle apporte également un bien-être aux populations locales, par exemple avec l'amélioration de la qualité, l'attractivité et la capacité à vivre dans les rues, les squares et les parcs (ex amélioration du confort hygrothermique des gens dans les espaces ouverts) et la promotion des modes de mobilités doux tels que les déplacements à pied et le vélo. Les SE suivants peuvent être ainsi retenus (Monfort and Limasset, 2019) :

- Service de régulation par protection contre les inondations en avec la création de zone tampon essentielle aux cours d'eau pour absorber les crues et la réduction du ruissellement en ville ;
- Service de régulation de la qualité de l'air, du sol et de l'eau ;
- Service de régulation du climat local par l'amélioration du microclimat en créant des îlots de fraîcheur (réduire les effets des îlots de chaleurs) ;
- Service de régulation du climat global par la séquestration de carbone par la végétation et le sol et réduisant le carbone dans l'atmosphère) ;
- Approvisionnement en biomasse non alimentaire (bois, chauffage, textile),
- Approvisionnement de la ressource en eau souterraine ;
- Services culturels, vis-à-vis du paysage nouvellement créé, son esthétique et possibilités de loisir/récréatif, etc.

Selon (CDC Biodiversité and Humanité Biodiversité, 2021), *il faut encourager à ce qu'une désimperméabilisation permette aux écosystèmes réhabilités de retrouver leurs fonctions et de fournir des SE (approvisionnement en eau de qualité, garantie d'une eau en quantité suffisante, lutte contre les inondations, etc.) et encourager un support de biodiversité. La désimperméabilisation est en mesure de jouer un rôle important dans la gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations (GEMAPI) (CDC Biodiversité and Humanité Biodiversité, 2021).*

5.2.4 Préoccupations politiques et contexte réglementaire et méthodologique

Jusqu'à présent, en France, la ville perméable s'inscrit au croisement de plusieurs politiques publiques. Il s'agit du « Schéma directeur d'assainissement : protéger les milieux naturels et la ressource en eau », de la « Charte / politique publique visant à améliorer le cadre de vie par le retour de la nature en ville - comme la Charte de l'arbre au Grand Lyon, (Grand Lyon, 2017) » et du « Plan climat ». Ce dernier vise à :

- Améliorer le bien-être et la santé en luttant contre les îlots de chaleur ;
- S'adapter au risque et réduire la vulnérabilité face aux inondations.

La désimperméabilisation devient une des préoccupations des politiques métropolitaines (Grand Lyon, 2017). Par exemple, à Aix Marseille⁸², les solutions de désimperméabilisation s'inscrivent également dans :

- Reconnexion avec les espaces aquatiques naturels ou renaturés ;
- Intégration dans les trames vertes et bleues ;
- Lutte contre les inondations – grand cycle de l'eau ;
- Ré-infiltration locale – petit cycle de l'eau.

Les documents de planification d'urbanisme (SCoT et PLU) prévoient la désimperméabilisation. Le guide « La nature dans nos villes et villages » (Grand Est Agences d'Urbanisme, 2020) recense en ce sens et de manière détaillée les moyens mobilisables pour la mise en œuvre de cette désimperméabilisation. La Figure 11 illustre les éléments qui sont détaillés dans le guide.

Orientations stratégiques	Dispositions réglementaires	Outils opérationnels et ou contractuels
Documents prescriptifs		
SCOT : PADD PLUi : PADD	SCOT : DOO PLUi : règlement écrit, règlement graphique (zonage), OAP (thématique ou sectorielle)	Schéma de gestion des eaux pluviales (règlement) Projet urbain SDAGE

⁸² https://www.sauvonsleau.fr/jcms/e_22104/provence--experimentation-a-grande-echelle-pour-rendre-les-villes-permeables#.YapG6tDMI2w

5.2.5 Acteurs identifiés dans la mise en œuvre

Afin de recenser les friches, parkings, et autres espaces artificialisés qui auraient un potentiel de désimperméabilisation, le guide « La nature dans nos villes et villages » (Grand Est Agences d'Urbanisme, 2020) recense également les acteurs et compétences à mobiliser, à savoir les agences d'urbanisme, les bureaux d'études, les DDT et les EPF notamment. De même, il encourage ces acteurs à hiérarchiser les espaces à renaturer dans les documents de planification. Le soutien financier aux études en Grand Est peut-être par exemple être apporté par la région, la DREAL et les agences de l'eau. Pour résumer, les acteurs clés de la mise en œuvre de la désimperméabilisation sont les villes à travers leurs politiques urbaines, mais également les autorités compétentes (au niveau national, régional et local), les professionnels de l'aménagement du territoire et de la gestion des sols, et les citoyens (pour le volet participation / acceptation citoyenne.) (Cf. Figure 12).



Figure 12 – Extrait d'une fiche sur la désimperméabilisation – acteurs à mobiliser source (Grand Est Agences d'Urbanisme, 2020)

5.2.6 Degré d'application, freins et perspectives pour appuyer le ZAN

Les techniques alternatives qui conduisent à une ville perméable sont utilisées depuis près de 20 ans. Ce sont aujourd'hui des ouvrages maîtrisés et qui ont depuis longtemps prouvé leur efficacité concernant la gestion des eaux pluviales sur le plan quantitatif et qualitatif. Les coûts de ces techniques alternatives sont aujourd'hui connus et maîtrisés. Que ce soit en investissement ou vis-à-vis de leur exploitation, le choix des techniques alternatives s'avère souvent économiquement avantageux, surtout lorsqu'il s'agit d'ouvrages simples et superficiels (comme les noues d'infiltration (Fardel, 2019)). Pour autant, la désimperméabilisation, dans un objectif de refunctionalisation optimale des sols, doit être accompagnée d'une phase de décompaction voire de génie pédologique du sol.

La désimperméabilisation des sols permet aujourd'hui un retour de la nature en milieu urbain en complément de ces politiques de la ville perméable qui n'ont pas été appliquées systématiquement sur le territoire français ou wallon. Elle permet avant tout la reconquête des sols contribuant à la compensation, qui est un outil indispensable dans le cadre de la mise en place du ZAN (Grand Est Agences d'Urbanisme, 2020). Elles apportent des bénéfices moins monnayables mais essentiels sur le plan du bien-être en Ville en participant au rafraîchissement et à la lutte contre les îlots de chaleur, au verdissement et à la biodiversité. Cependant, d'après (France Stratégie, 2019b), les techniques de désimperméabilisation sur des sols déjà artificialisés et imperméabilisés ont rarement été mises en œuvre car très peu étudiées jusqu'à présent. La gamme du coût moyen de la désimperméabilisation a été estimée entre 20 à 270 Euros le m² (France Stratégie, 2019b). Comparé aux coûts de déconstruction (65€/m² dont 35€/m² de coûts de démolition et 30€/m² de traitement des déchets), aux coûts de dépollution (2 à 65€/m² pour les processus de phytoremédiation) et aux coûts de construction de technosols (33 à 55 €/m²), les coûts de désimperméabilisation représentent une dépense importante (France Stratégie). Pour les grandes entreprises foncières, le coût peut donc constituer un facteur bloquant (Figure 13).

Lieu	Type de sol	Surface	Coût
Saint-Maximin-la-Sainte-Baume (83)	Parking	5 700 m ²	350 000 €
Laveyron (26)	Berges	900 m ²	242 000 €
Besançon (25)	Friche urbaine	Réduction partielle 70 % à 50 %	350 000 €
Charbonnières-les-Bains (69)	Toiture	-	90 000 €

Figure 13 - Exemple de coûts associés à la mise en œuvre de la désimperméabilisation source : vers la ville perméable. Comment désimperméabiliser les sols. Guide technique SDAGE 2017, repris par (France Stratégie, 2019b)

En France, de vastes opérations de désimperméabilisation très structurées par les collectivités et l'Etat ont été lancées récemment. Ces opérations s'accompagnent ou non d'une forte participation citoyenne. On peut citer :

- L'accompagnement aux projets de déconnexion des eaux pluviales aux réseaux d'assainissement : les agences de l'eau accompagnent les collectivités, les sociétés d'aménagement, les syndicats de transport dans les projets de déconnexion des eaux pluviales des réseaux d'assainissement avec ouvrages spécifiques d'infiltration pour la mise en place d'action de désimperméabilisation conduisant à la création de jardins de pluie, pavés drainants, tranchées drainantes, bassin d'infiltration. Le soutien financier des agences a permis d'entreprendre de nombreuses actions favorisant la ré-infiltration à la source⁸³ ;
- La désimperméabilisation des cours d'école. Des appels à projet spécifiques à ce type d'actions ont aussi été lancés en 2019 par les agences de l'eau (Appel à projet « un coin de verdure pour la pluie », AERMC ; Cours oasis⁸⁴.

Des guides adaptés aux territoires et collectivités sont développés pour accompagner sur le sujet de la renaturation dont la désimperméabilisation. Par exemple, le guide « la nature dans nos villes et villages » donne des indications sur les grandes orientations lorsque la désimperméabilisation est envisagée (Grand Est Agences d'Urbanisme, 2020) (Figure 14).



Figure 14 - Illustration des orientations de projets de désimperméabilisation source : (Grand Est Agences d'Urbanisme, 2020)

Mais un tel guide donne peu d'indications concrètes sur la prise en compte des fonctions et SE associés, notamment en termes de diagnostic de la qualité du sol avant l'action de réhabilitation écologique du sol qui peut suivre une désimperméabilisation, ou de suivi de l'action globale de renaturation en termes d'efficacité. Selon le degré de désimperméabilisation visé, mais aussi les futures occupations/utilisations du sol envisagées, il est nécessaire de prendre en compte des contraintes tels que la gestion de la remobilisation de polluants et la qualité des milieux concernés (sol, mais aussi milieux aquatiques). Par ailleurs, peu ou pas de réflexions sont menées sur la possibilité de mobilisation de polluants en place dans les sols sous-jacents de sites qui pourraient être désimperméabilisés.

⁸³ Par exemple en Rhône méditerranée Corse : https://www.eaurmc.fr/jcms/vmr_41996/fr/osons-desimpermeabiliser-les-sols-operations-exemplaires-menees-dans-plusieurs-collectivites-du-bassin-rhone-mediterranee

⁸⁴ Exemple à Paris : <https://www.paris.fr/pages/les-cours-oasis-7389>, à Orléans : <https://www.eaux-pluviales-poledream.org/cours-decole-oasis>

Selon le projet R&D DESSERT⁸⁵ (2021-2024), financé par l'ADEME dans le cadre de l'appel à projet Modevalurba, *si les conséquences du scellement sur les propriétés des sols sont connues, très peu de travaux se sont pour l'instant attachés à évaluer le potentiel de refunctionalisation des sols, en particulier via leur désimperméabilisation. Le projet Dessert a pour vocation à mieux comprendre ces questionnements et à développer des outils opérationnels pour la filière des acteurs pouvant être concernés par ces méthodes.* Ainsi ce projet va chercher l'acquisition de nouvelles connaissances sur le fonctionnement de sols urbains désimperméabilisés et leur aptitude à rendre des SE. Il est prévu d'élaborer une typologie des modalités de désimperméabilisation et d'évaluer l'efficacité de la désimperméabilisation en termes de renaturation des villes à partir de retours d'expériences de projets de désimperméabilisation. Ce projet va permettre de mettre en œuvre et suivre des expérimentations en laboratoire pour l'optimisation des procédés de désimperméabilisation et de suivi sur des sites pilotes. Il a pour finalité le développement d'un outil multi-attributs d'aide à la conception de projets de désimperméabilisation des sols urbains.

En France, le projet R&D financé par l'ADEME Désiville⁸⁶ développe des outils d'aide à la décision dans le cadre d'opérations de désimperméabilisation des sols artificialisés. Il propose ainsi des développements méthodologiques pour cartographier le potentiel de désimperméabilisation en prenant en compte différents critères dont les surfaces imperméabilisées, les îlots de chaleur urbains, la pollution des sols, les inondations par remontée de nappe, les aménités et la multifonctionnalité des sols. Il élabore aussi un catalogue de solutions applicables en ville.

Une initiative innovante est également en cours de mise en place. Il s'agit de proposer un marché de droits à imperméabiliser contre renaturation par le recours de certificats de biodiversité de l'Union nationale des entreprises du paysage (UNEP)⁸⁷ (CDC Biodiversité and Humanité Biodiversité, 2021). Ce dispositif avait été envisagé par France Stratégie (Fosse et al., 2019) dans ses propositions, ainsi que par le Conseil d'Analyse Économique (Bureau et al., 2020) qui préconisait de « faire émerger une offre de compensation s'appuyant sur des crédits transférables conditionnés à des engagements de long terme sous le contrôle d'un organisme indépendant ».

5.3. Les solutions de génie pédologique: construction de sol et la 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, une nouvelle filière commence à émerger en France : celle de la reconstitution ou construction de sols. 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 utilisés comme des matériaux alternatifs (notamment : 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). Des composts sont également largement utilisés pour rétablir cette fertilité. Plusieurs projets de R&D ont émergé depuis 2009, pour identifier les flux de déchets pouvant constituer ces matériaux alternatifs adaptés, pour démontrer la viabilité agronomique notamment de ces sols en respectant les contraintes environnementales et sanitaires, afin de pouvoir se substituer à la terre végétale. Parallèlement à cela, ces projets sont confrontés aux questions réglementaires liées au statut de déchets de ces matériaux alternatifs (BRGM, 2020). En matière d'évolution, il est à noter qu'un nouvel arrêté fixant les critères de sortie du statut de déchet pour les aménagements constitués de déblais de terres naturelles excavées et gérées au sein d'un grand projet d'aménagement ou d'infrastructure est sorti le 21 décembre 2021.

5.3.1 Notion de construction de sol et de reconstitution de sols

Selon (Comité pour l'économie verte, 2019) et l'expertise collective de l'IFSTTAR et de l'INRA sur l'artificialisation des sols (Béchet et al., 2017), la perte de sol par action mécanique (excavation de matière, érosion) est irréversible : il faudrait plus de 2000 ans pour qu'un centimètre d'épaisseur de sol soit généré

⁸⁵https://www.plante-et-cite.fr/projet/fiche/101/desimpermeabilisation_des_sols_services_ecosystemiques_et_resilience_des_territoires_desse rt/n:25

⁸⁶<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/>

⁸⁷ <https://www.lesentreprisesdupaysage.fr/a-propos-de-lunep/nos-actions-dinfluence/certificat-de-biodiversite/>

par les processus naturels, sans intervention extérieure. Ainsi on a recours à la construction ou reconstitution de sol qui sont deux notions à bien distinguer. Les deux concepts sont développés ci-après.

La **reconstitution de sol** intervient lorsque les sols en place ne possèdent pas des propriétés agronomiques favorables à la croissance et au développement des végétaux (Damas et al., 2016) (Figure 15). Le référentiel pédologique de l'association française pour l'étude du sol (AFES, 2017) définit la reconstitution de sol, de manière légèrement différente et plus restrictive, sous la dénomination d'« anthroposol reconstitués ». Selon cette définition, ces sols « résultent de l'activité humaine en milieu urbain et péri-urbain, par l'utilisation de matériaux pédologiques transportés, remaniés, puis mis en place dans les jardins, parcs et espaces verts pour les plantations de végétaux d'ornement (« terre végétale » des paysagistes). [...] Ils sont souvent constitués par des horizons labourés (L), provenant des couches arables de terrains agricoles, mélangés parfois à la partie supérieure de l'horizon sous-jacent du lieu de prélèvement ». (BRGM, 2020; Damas et al., 2016).

L'objectif est donc de rétablir généralement, par un apport unique en quantité importante de produits organiques résiduaux ou de carbonates par exemple au sol en place⁸⁸, certaines fonctions essentielles assurées antérieurement par le sol naturel initial (Figure 15). Cette approche peut être couplée à des opérations de fertilisation chimique et de végétalisation (BRGM, 2020).

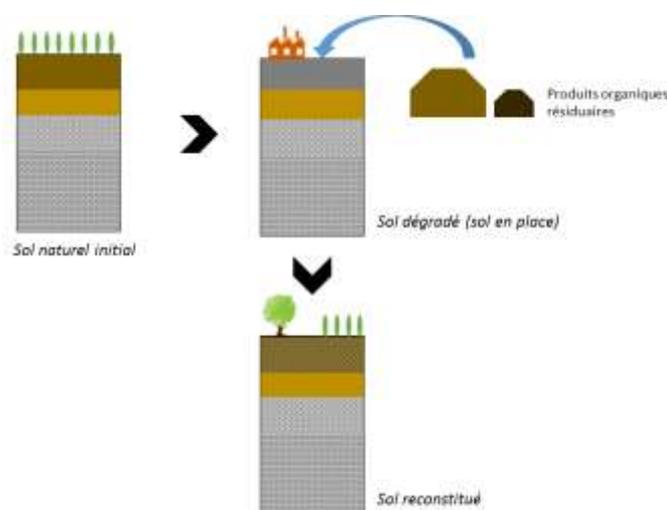


Figure 15 - Principe de reconstitution de sol (source (Plante&Cité et al., 2015; Tagourdeau et al., 2020)

La couche de surface du sol reconstituée (20 à 30 cm d'épaisseur) peut être enrichie par des apports en grande quantité, d'amendements organiques. La norme NF U 44-051 définit ce que sont des amendements organiques et ceux qui peuvent être utilisés.

La **construction de sol** est basée sur la création d'un nouveau sol assurant un niveau de fonctionnalité élevée (support de végétation, maintien du cycle de l'eau et des nutriments, habitat biologique), mais diffère en termes de structure et de fonction de l'original (France Stratégie, 2019b; Tagourdeau et al., 2020) (Figure 16). Issue du génie pédologique, elle vise à mettre en place un sol structuré en couches ou horizons fonctionnels (Damas et al., 2016). La formule des différents horizons produits sera notamment adaptée au projet d'aménagement choisi et aux SE que ces sols doivent fournir (régulation, culture, approvisionnement, etc.). La construction de sol se distingue de la reconstitution de sol par les quantités de matériaux exogènes nécessaires, beaucoup plus importantes (Tagourdeau et al., 2020) et par le caractère multifonctionnel plus réfléchi du sol à construire qui peut répondre à un cahier des charges précis.

Il est à noter que dans le cadre de la reconstitution de sol ou de la construction de sol, la caractérisation de la fertilité physico-chimique des mélanges est en premier lieu recherchée (telle que carbone total, azote total, CEC, etc.) (Damas et al., 2016). Outre cet aspect, des caractéristiques physiques (portance, structure, granulométrie, etc.) et chimiques (conductivité, teneurs en polluants, etc.) sont recherchés. Afin de répondre à ces critères, une caractérisation au cas par cas des matériaux spécifiquement utilisés, est réalisée. Dans la méthodologie proposée par le programme SITERRE, pour les paramètres chimiques,

⁸⁸ Sol présent à un instant t au droit d'un site, et qui peut avoir perdu certaines de ses fonctions essentielles.

et notamment les teneurs en polluants dans les matériaux, les valeurs sont comparées aux valeurs de fonds des sols (et des eaux souterraines) (Plante&Cité et al., 2015). Il est à noter qu'il existe des référentiels pour les polluants (pour les éléments trace en particulier), ce qui n'est pas le cas pour d'autres indicateurs, pour lesquels la présence de référentiel permettrait de témoigner du succès de restauration d'un sol pour un usage donné par ex. ou par rapport à un habitat cible (hors agronomie).

Ces deux techniques peuvent être mises en œuvre notamment suite à une dépollution d'un site par excavation de sols (Taugourdeau et al., 2020).

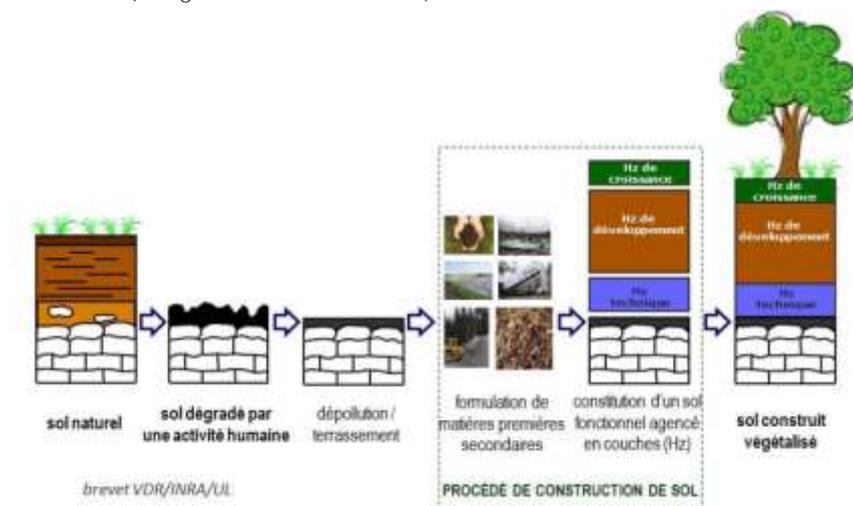


Figure 16 - Principe de mise en œuvre du procédé de construction de sol (Damas et al., 2016)

5.3.2 Quelles fonctions et services concernés ?

Pour l'association Humanité et Biodiversité, la renaturation concerne les milieux imperméabilisés et consiste à les transformer afin de leur rendre leurs fonctions écologiques, c'est-à-dire la capacité d'accueil du vivant et de l'eau. La renaturation comprend alors ici des actions de remodelage de terrain, de reconstruction de sol, de désimperméabilisation et de remise en état des trajectoires de végétation (France Stratégie, 2019b).

Les documents de référence (guides) pouvant être utilisés dans le cadre de la reconstruction ou de la construction de sols sont principalement basés sur des valeurs seuils mises en place dans le cadre d'une évaluation des risques sanitaires, et donc en lien avec la qualité chimique des sols. Ceci peut s'expliquer notamment par le contexte initial de la mise en œuvre de ces guides, en lien avec la méthodologie nationale française de gestion des sites et sols pollués (MTES, 2017) ou la gestion des déchets. La valeur des sols au sens fonctions écologiques supportées par le sol ou encore les SE associées à la biodiversité du sol n'est donc pas prise en compte. Le programme SITERRE a d'ailleurs mis en évidence une attente forte des participants à l'enquête, que la qualité des matériaux soit caractérisée pour assurer la sécurité des personnes. Seule la méthodologie proposée dans l'ouvrage « créer des sols fertiles » (Damas et al., 2016) permet de répondre en partie à ces aspects, avec l'évaluation des fonctions du sol en fonction des scénarios (« usages-modèles ») proposés dans le cadre du programme. Le Tableau 3 présente un exemple d'évaluation des SE rendus par les sols construits, en comparaison des pratiques habituelles basées sur l'utilisation des ressources naturelles (Damas et al., 2016).

Classes	Services	Sous-services	Usage « square et parc »		Usage « arbre d'alignement »	
			Terre végétale	Sol construit	Mélange terre- pierres	Sol construit
Régulation	Régulation de la qualité de l'air	Consommation de dioxyde de carbone	++	++	++	++
		Production d'oxygène	++	++	++	++
		Particules fines (poussières)	+	+	++	++
	Régulation du climat	Climat local	+++	+++	+++	+++
		Climat global	++	+++	++	+++
	Traitement des déchets	Recyclage	0	+++	0	+++
	Purification de l'eau	Transfert de polluants	++	+	++	+
	Régulation des nuisances sonores	Ecran antibruit	0	0	+	+
	Régulation des aléas naturels	Inondation	+++	+++	+++	+++
		Erosion	++	++	+	++
Approvisionnement	Aliments	Céréales et légumes	0	0	0	0
		Fruits	0	0	+	+
	Matériaux	Remblais	+	0	++	0
	Energie	Géothermie de surface	++	++	+	+
	Ressources ornementales	Pelouses	+++	+++	++	+
		Arbres	+	+	++	++
		Fleurs	++	++	+	+
	Support d'infrastructure	Voirie lourde	0	0	+	0
		Voirie légère	0	0	++	+
		Circulation piétons	+	+	++	++
		Réseaux VRD	++	++	++	++
Réservoir pour la biodiversité	Habitat pour la faune du sol	+++	++	++	++	
Culturel	Agrément de l'environnement	Activités sportives et de loisirs	+	+	0	0
		Paysage/esthétique	+++	+++	+++	+++

Tableau 3 - Exemple d'évaluation des services écosystémiques rendus par les sols construits, en comparaison des pratiques habituelles basées sur l'utilisation des ressources naturelles (Damas et al., 2016)

5.3.3 Contexte réglementaire

En Wallonie, les sols reconstitués sont définis dans certaines réglementations thématiques : mise sur le marché des substrats de culture (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), gestion des terres excavées (AGW du 5 juillet 2018 relatif à la gestion et à la traçabilité des terres), cahier des charges dans le cadre de travaux de voiries publiques (CCT Qualiroutes⁸⁹; chapitres B - Terminologie, C - Matériaux et produits de construction, E - Terrassements généraux et particuliers, O - Engazonnements, plantations et mobilier urbain), ou valorisation sous statut de déchet (Arrêté du Gouvernement wallon du 14 juin 2001 favorisant la valorisation de certains déchets).

Egalement, il n'existe pas actuellement en France de réglementation spécifique relative à la reconstitution ou la construction de sol. Néanmoins, plusieurs aspects techniques peuvent être rattachés au code rural et de la pêche maritime ou au code de l'environnement. Les produits tels que amendements ou supports de culture sont des produits au sens du code rural et de la pêche maritime, mais peuvent être considérés comme des déchets au sens du code de l'environnement (BRGM, 2020), s'ils ne remplissent pas les critères d'innocuité proposés dans les normes. Celles-ci, d'application obligatoire régissent notamment la mise sur le marché des supports de culture (NF U 44-551) et des amendements (NF U 44-051 (amendements organiques), NF U 44-001 (amendements minéraux basiques) et NF U 44-095 (compost contenant des matières d'intérêt agronomiques issues du traitement des eaux).

Les modalités ou dispositifs réglementaires ou normatifs en lien avec l'utilisation au sens large de ces produits sont précisées dans la note du BRGM (BRGM, 2020). On peut notamment relever que la norme encadrant la mise sur le marché des supports de culture (NF U 44-551) et des amendements (NF U 44-051), proposent des teneurs en éléments et composés trace à ne pas dépasser (BRGM, 2020; Plante&Cit  et al., 2015). Il en ressort également que la démarche d'autorisation de mise sur le marché telle que proposée

⁸⁹ <http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes/index.html>

par le décret 2015-890 (21 juillet 2015) implique la nécessité d'une constance de formulation des produits, ce qui ne répond pas aux impératifs d'une future filière de construction de sol, avec l'exploitation de gisements locaux de matériaux recyclés. Les matériaux qui ne passent pas le filtre réglementaire doivent alors être gérés en tant que déchets, selon le code de l'environnement. En ce sens, le programme SITERRE-ADEME (Plante&Cité et al., 2015) a mis en évidence des matériaux (classés selon le code déchets), qui n'ont pas pu être mis sur le marché.

La valorisation des déchets est encadrée par le code de l'environnement, par le triptyque « utilité-innocuité-responsabilité », qui est perçu comme un frein à la valorisation, notamment pour des filières émergentes comme la reconstitution ou la construction de sols (BRGM, 2020). Pour autant, un matériau peut sortir de la réglementation déchets selon des conditions à respecter (mentionnées dans l'article L.541-4-3), en lien avec notamment la demande du marché, des exigences techniques ou encore les effets sur l'environnement ou la santé humaine. Une procédure similaire de sortie de statut de déchet existe dans le code rural (L.255-12). Néanmoins, la procédure reste contraignante car elle demande à la fois des études techniques, sanitaires et environnementales, et une certaine homogénéité du produit envisagé pour qu'il soit utilisable dans tous les contextes géographiques possibles. Or, la variabilité des gisements de déchets disponibles pour la reconstitution ou la construction de sols, ne remplit, encore une fois pas cette condition. Cette voie de sortie du statut de déchet n'apparaît donc pas comme la voie la plus adaptée et prioritaire pour la filière (BRGM, 2020).

5.3.4 Echelles d'application et notions de coûts

Selon (France Stratégie, 2019b), on estime à environ 200 t/ha/an, les volumes annuels de terres végétales mises en œuvre pour de nouveaux aménagements d'espaces verts publics. Les possibilités de mise en œuvre de la reconstitution ou de construction de sol sont larges, avec une applicabilité aussi bien en zone urbaine qu'en zone rurale, démontrée par les initiatives présentées dans le paragraphe précédent (en combinaison avec les solutions de désimperméabilisation). De nombreux usages sont par ailleurs demandeurs de ce type de solutions techniques, dès lors que de la terre végétale est requise. Des usages moins sensibles tels que des merlons autoroutiers ou des pistes d'accès dans les exploitations agricoles, sont également des exutoires possibles.

Le rapport (France Stratégie, 2019b) propose un ordre de grandeur de coûts pour la construction de technosols de 33 à 55 €/m², sur la base de « *Il faut 3,34 à 3,42 tonnes d'anthroposol pour construire un mètre carré de sol. À partir des coûts pour une tonne d'anthroposol, nous estimons ensuite les coûts par unité de surface. Nous estimons un coût de 33 à 57 €/m² en fonction de la ville considérée et de l'hypothèse retenue* ».

5.3.5 Les besoins des acteurs et les initiatives existantes

Actuellement, les professionnels des espaces verts utilisent de la terre végétale issue du décapage de sols prélevés dans des zones agricoles ou encore des granulats de carrière pour constituer des mélanges terreux de plantations d'arbres d'alignements et d'aménagements paysagers (Plante&Cité et al., 2015). Mais l'usage de ces matériaux pose problème car ce sont des matériaux non renouvelables, les distances pour s'approvisionner sont de plus en plus grandes (coûts économiques et environnementaux en augmentation) et les ressources se raréfient.

Pour pallier ces pratiques, le programme SITERRE (2012-2015) financé par l'ADEME, a développé une démarche de génie pédologique pour construire des sols possédant les fonctions de fertilité agronomique et de portance recherchées. Il a, entre autres, associé différents acteurs afin d'évaluer l'acceptation sociale des matériaux et des mélanges pour la construction de sols. Les enquêtes ont été réalisées auprès de différents publics (citoyens) et d'utilisateurs (collectivités). Il a été mis en évidence, via ces enquêtes, une attente forte de la part des participants, que les matériaux utilisés pour la construction de sols soient locaux et que leur qualité soit caractérisée pour assurer la sécurité des personnes (impact sur la santé) (Plante&Cité et al., 2015).

Pour répondre à la demande des aménageurs et des collectivités notamment, le programme SITERRE a également défini cinq usages-modèles (squares et parcs, accompagnement de voie de circulation, de bâtiments publics, d'espaces naturels aménagés et arbres d'alignement) (France Stratégie, 2019b; Plante&Cité et al., 2015). Ils ont été retenus pour leur représentativité dans l'espace urbain et leur pertinence par rapport aux objectifs de recherche de matériaux de substitution et leur différenciation sur la base de critères évalués (entretien, propreté, sensibilité vis-à-vis du public, etc.). Chacun de ces

modèles présentent des exigences différentes selon les fonctions qu'ils assurent : fonctions de support, d'alimentation en eau et de filtre/échange (Damas et al., 2016).

Pour finir, ce programme propose également un outil d'analyses multicritères pour faciliter le choix d'un technosol construit en prenant en compte les contraintes techniques, économiques et sociétales. L'outil fournit ainsi une vision simplifiée des avantages et des inconvénients des mélanges de matériaux disponibles, à partir de données d'entrées de type techniques (disponibilité de matériaux, caractérisation de matériaux), de type économiques et sociétales (acceptabilités), et selon un usage du sol envisagé (Plante&Cit  et al., 2015).

Pendant le programme SITERRE, le Groupe Luc Durand TP, partenaire du projet, avait regretté le fait qu'il n'avait pas réussi à intéresser des maîtres d'ouvrage pour utiliser les sols construits dans le cadre du projet⁹⁰ et note la nécessité de communiquer sur le sujet. Mais la situation semble aujourd'hui changer. De nombreux acteurs attendent beaucoup de la construction ou de la reconstitution de sols (les collectivités, les aménageurs, les entreprises du BTP, les citoyens, etc.), car les besoins en terres végétales sont aujourd'hui importants. Plusieurs initiatives émergent actuellement pour développer cette solution technique. On peut citer par exemple, la Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP) qui pratique la construction de sols pour construire des merlons autoroutiers, ou encore la Ville de Paris en collaboration avec le bureau ECT qui développent des supports de culture, à partir de terres inertes du BTP et de compost de déchets verts⁹¹. Néanmoins, peu de sociétés en France pratiquent aujourd'hui la construction de sols.

La recherche d'exutoires pour les matériaux excavés dans les zones urbaines ou péri-urbaines est également importante. La production de déchets du BTP est supérieure à la demande en terre végétale (France Stratégie, 2019b). Ainsi, certaines entreprises comme Terra Innova pratiquent des exhaussements de sols en milieu agricole à partir de terres issues des zones urbaines ou de l'amendement des sols avec des déchets organiques.

5.3.6 Degré d'application, freins et perspectives pour appuyer le ZAN

Selon (France Stratégie, 2019b), la filière présente plusieurs faiblesses et de points à améliorer pour sa structuration :

- Le prétraitement, la formulation et le stockage nécessitent une emprise foncière ;
- Les matériaux déchets sont hétérogènes dans l'espace et dans le temps et leurs caractéristiques physico-chimiques peuvent varier pour un même matériau,
- Le manque de retour d'expérience qui ne permet pas de caractériser l'évolution des mélanges à long terme. Il n'existe pas d'encadrement réglementaire adapté, ce qui présente un risque de multiplicité des coûts pour garantir l'innocuité environnementale et la traçabilité.

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. On peut citer le guide du CEREMA de 2011, sur l'acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière, et notamment les matériaux de déconstruction issus du BTP, les mâchefers d'incinération et les scories métallurgiques (CEREMA, 2016). Pour les terres excavées, le BRGM a élaboré un guide pour leur valorisation en projet d'aménagement, un pour les terres issues de sites pollués en 2017 mis à jour en 2020 (Coussy et al., 2020), un autre pour les terres non issues de sites pollués (Coussy and Dubrac, 2020). Par ailleurs, un guide complémentaire sur la valorisation des terres provenant de sites pollués ou non, en technique routière dans le cadre de projets d'infrastructures linéaires de transport sera publié en 2021.

Un autre aspect, identifié par le Groupe Luc Durand TP peut également freiner le développement de la reconstitution et la construction de sol. Il est observé que la mise en œuvre de cette technique est majoritairement pratiqu e 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 dans les zones agricoles. Le statut de déchets et les contraintes réglementaires s'y afférant, s'avère également être un frein à cette technique. Pour autant, la

⁹⁰<https://www.youtube.com/watch?v=0xHYV3TIPpY&feature=youtu.be>

⁹¹<https://www.environnement-magazine.fr/recyclage/article/2020/05/27/129172/des-terres-inertes-pour-verdir-les-abords-chateau-vincennes>

question de l'existence d'un marché se pose également car la demande réelle de sols construits est difficile à évaluer.

Sur le plan économique, il apparaît que les aménageurs ne sont pas prêts à payer sensiblement plus chers que la pratique actuelle d'apport de terres végétales issus du décapage des sols agricoles. La filière de construction de sols doit donc, s'efforcer de jouer sur des leviers indirects, en lien notamment avec les coûts d'élimination et de transport évités pour les producteurs des déchets.

Également, comme mis en avant par le rapport Objectif ZAN – quels leviers pour protéger les sols (France Stratégie, 2019a), les coûts de ce type d'action sont encore difficiles à évaluer, notamment parce qu'ils dépendent de l'importance de la transformation initiale des sols. En dehors de projet démonstrateurs tels que BioTechnosol, LORVER, Bio-TUBES, SITERRE, AGREGE, très peu de projets de renaturation reposant sur une construction ou reconstitution de sols ont, pour le moment, été mis en place.

En termes de perspectives, la valorisation des terres excavées issues de sites non pollués, pour des usages non recouverts, y compris pour des usages de production alimentaire a ainsi été proposée dans le guide du BRGM relatif aux projets d'aménagement (Coussy and Dubrac, 2020). Cela représente une première ouverture pour une application en reconstitution ou en construction de sols. Sur cette base, un groupe de travail a été mis en place sur la valorisation hors site des terres végétales. Actuellement en cours, il devrait s'achever fin 2021, avec un nouveau guide à la clef, qui proposera une méthodologie spécifique. Le cadre de ce guide est encore en discussion, et notamment l'intégration ou non dans ce guide de l'usage en jardins potagers.

En lien avec la qualité des sols, les guides précités proposent des valeurs seuils à ne pas dépasser pour des paramètres chimiques. Les guides sur l'élaboration de valeurs de fonds, à l'échelle d'un site (ADEME, 2018a) et d'un territoire (ADEME, 2018b), précisent par ailleurs que la « comparaison avec le fond pédogéochimique anthropisé est un principe à respecter en construction de sol ». L'ouvrage « Créer des sols fertiles » (Damas et al., 2016) propose une méthodologie, incluant la réalisation d'une évaluation des risques sanitaires. Une évaluation des risques pour l'environnement n'a pas été réalisée, car nécessiterait de connaître le fond géochimique, afin de pondérer les résultats obtenus sur le site. Des tests d'écotoxicité en laboratoire ont néanmoins été pratiqués sur des vers de terre (*Eisenia fetida*, épigé) (Damas et al., 2016).

5.4. Les solutions de phytoremédiation

5.4.1 Notions de phytoremediation et phytomanagement

La phytoremédiation regroupe un ensemble de techniques qui utilisent des espèces végétales permettant d'immobiliser ou extraire des composés inorganiques et de dégrader des composés organiques dégradés présent dans l'environnement (Colombano et al., 2010). Pour des sols pollués, elle peut consister à traiter le milieu sol de subsurface par des processus de dégradation, transformation, volatilisation ou stabilisation. On constate que la définition de la « phytoremediation » peut varier selon les sources. Selon (ADEME, 2018c), ce sont des techniques qui utilisent des espèces végétales pour extraire et transférer dans les parties récoltables des plantes (phytoextraction), extraire et volatiliser par transpiration (phytovolatilisation), contenir (phytostabilisation) ou dégrader (phyto-rhizodégradation) des polluants. Elles sont illustrées sur la Figure 17. Ces techniques sont aussi appelées par certains des phytotechnologies. Selon (ADIT, Société Nationale d'Intelligence Stratégique, 2006), la **phytoremédiation** comprend la phytoextraction, la phytostabilisation, la phytodégradation, la phytovolatilisation et la rhizodégradation. Dans le cas de la rhizodégradation, les racines des plantes stimulent l'activité des microorganismes du sol dégradant les contaminants organiques.

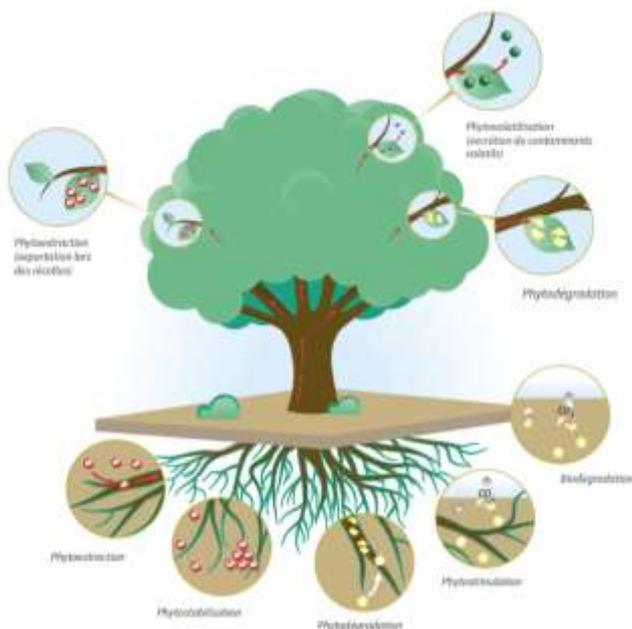


Figure 17 - Principes des techniques de bioremédiation (source Isabelle Feix dans (ADEME, 2018c))

Lorsque l'on est face à un site pollué qui doit être réhabilité, les techniques de phytoremédiation si elles sont envisageables et autorisées peuvent être intégrés à terme dans le projet de reconversion du site. Elles peuvent s'intégrer par exemple dans une réflexion sur les besoins paysagers, le renfort de la biodiversité, la création et le maintien de plantations sur le long terme etc. Dans ce contexte, le recours au concept **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, notamment reposant sur le développement des fonctions de sols. C'est un concept qui se développe en même temps que le nouveau regard porté sur les friches qui sont vues de plus en plus comme des opportunités avant tout (ID Friches, 2021).

5.4.2 Les différentes techniques de phytoremédiation

Les différents techniques de phytoremédiation sont décrites dans le rapport « Quelles techniques pour quels traitements – Analyse coûts et avantages » (Colombano et al., 2010) et sur le site français Selecdepol⁹². Ces techniques sont également présentées dans (ADEME et al., 2017). Cet ouvrage expose des résultats de recherche et de démonstrations issus de projets encouragés ou financés par l'ADEME, ainsi que des outils d'aide à la décision ou encore des outils d'estimation des transferts et des expositions des écosystèmes en lien avec l'évaluation de la biodisponibilité des polluants. Le [1] <https://www.selecdepol.fr/fiche-technique/phytoextraction>

[2] <https://www.selecdepol.fr/fiche-technique/phytodegradation>

[3] <https://www.selecdepol.fr/fiche-technique/phytostabilisation-phyto-immobilisation>

Tableau 4 ci-dessous reprend les principales caractéristiques de ces techniques.

⁹² <https://www.selecdepol.fr/>

Techniques	Phytoextraction ^[1]	Phytodégradation ^[2]	Phytostabilisation ^[3]
Polluants	Polluants inorganiques tels que Ni, Cd, Cu, Zn, As	Polluants organiques (HAP, BTEX, PCB, SCOV, pesticides, explosifs, etc)	Métaux et métalloïdes (Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, As)
Principe	Extraire les polluants (métaux biodisponibles essentiellement) et les stocker dans leurs biomasses, de préférence dans les parties récoltables (parties aériennes)	Dégrader les polluants organiques biodisponibles en éléments plus simples et moins toxiques - transfert dans les parties aériennes	Réduire la mobilité des polluants pour prévenir leur migration (absorption ou précipitation des polluants organiques)
	plantes récoltées et traitées, voire valorisées	plantes récoltées et traitées, voire valorisées	plantes récoltées et traitées, voire valorisées
Valorisation possible	filières bois-énergie ou de filières industrielles non alimentaires.	filières bois-énergie ou de filières industrielles non alimentaires (avec surveillance)	filières bois-énergie ou de filières industrielles non alimentaires (avec surveillance)
Plantes	Certaines plantes (comme <i>Thlaspi caerulescens</i>) sont utilisées pour leurs propriétés hyperaccumulatrices.	Certaines plantes comme les herbacées, les légumineuses ou certaines espèces ligneuses	Les plantes de la famille des Poacées (résistantes aux polluants et limitation du transfert dans les parties aériennes)
Application	Milieu urbain et rural sur de grandes surfaces de sols faiblement contaminés	Milieu urbain et rural sur de grandes surfaces de sols faiblement contaminés	Milieu urbain et rural sur de grandes surfaces de sols faiblement contaminés
Types de sols	Majoritairement silteux à sableux jus qu'à 50 cm de profondeur un amendement est possible pour augmenter les performances de la phytoextraction (amendement chimique ou organique)	Majoritairement silteux à sableux jus qu'à 50 cm de profondeur un amendement est possible pour augmenter les performances de la phytoextraction (amendement chimique ou organique)	Majoritairement silteux à sableux jus qu'à 50 cm de profondeur un amendement (amendement chimique ou organique) est possible pour augmenter l'immobilisation des métaux et métalloïdes, améliorer les potentialités agronomiques du sol et favoriser la croissance des végétaux.
Conditions nécessaires	Connaissances des paramètres agronomiques, chimiques, du sol	Connaissances des conditions climatiques	Connaissances des plantes choisies : tolérance au polluant, capacité d'accumulation, profondeur des racines, etc
Avantages en lien avec la valeurs des sols	Reconquête des activités de fonctionnalité des sols	Connaissances des paramètres agronomiques, chimiques, du sol	Connaissances des conditions climatiques
	Technique applicable sur une large variété de sols pollués (sols agricoles, friches industrielles, sédiments excavés, etc)	Connaissances des plantes choisies : tolérance au polluant, biodisponibilité de polluant, tolérance de l'espèce aux conditions environnementales, etc	Connaissances des paramètres agronomiques, chimiques, du sol
	Faible perturbation du milieu contaminé (structure et fertilité)	Connaissances des conditions climatiques	Connaissances des plantes choisies
	Possibilité d'une valorisation écologique (aménagement paysager, accroissement de la biodiversité)	Connaissances des paramètres agronomiques, chimiques, du sol	Connaissances des conditions climatiques (taux de précipitations)
	Possibilité d'une valorisation foncière des sites concernés	Connaissances des plantes choisies : tolérance au polluant, biodisponibilité de polluant, tolérance de l'espèce aux conditions environnementales, etc	Connaissances des paramètres agronomiques, chimiques, du sol

[1] <https://www.selecdepol.fr/fiche-technique/phytoextraction>

[2] <https://www.selecdepol.fr/fiche-technique/phytodegradation>

[3] <https://www.selecdepol.fr/fiche-technique/phytostabilisation-phyto-immobilisation>

Tableau 4 - Techniques de phytoremédiation – principes et modalités (source Selecdepol)

Les principaux avantages de ces techniques qui ressortent 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 ;
- La possibilité de gérer les terres in situ, par rapport à d'autres techniques conventionnelles (hors site).

La mise en place d'une couverture végétale est essentielle pour limiter l'érosion du sol, limiter l'envol de poussières, limiter le lessivage des éléments toxiques et leur transfert vers la nappe phréatique, et maintenir ou restaurer une microflore et une microfaune adaptée, garantes de la fonctionnalité des sols. L'entretien de cette couverture végétale dépend également de deux facteurs principaux Des espèces plantées : arbre, arbuste, herbacée, etc. et de de l'objectif (par exemple valorisation de la biomasse, restauration de la biodiversité, etc.) (ADEME et al., 2015).

Dans le cas d'une gestion par phytotechnologies, ou dans le cadre d'une évaluation des risques écologiques, il est indispensable de disposer de différents outils de monitoring, permettant une évaluation précise de la biodisponibilité des contaminants et de son évolution à moyen et long-terme (ADEME et al., 2017). Par ailleurs, si l'objectif de la phytotechnologie est la restauration écologique, la performance de la technique sera évaluée en effectuant un suivi des indicateurs de la biodiversité (microflore, faune, flore). D'autres éléments, comme l'identification et la quantification des microorganismes inoculés pourront être réalisées pour vérifier l'efficacité des amendements biologiques, ou encore les transferts dans les chaînes trophiques terrestres (biodisponibilité via l'utilisation de bio indicateurs) (ADEME et al., 2015).

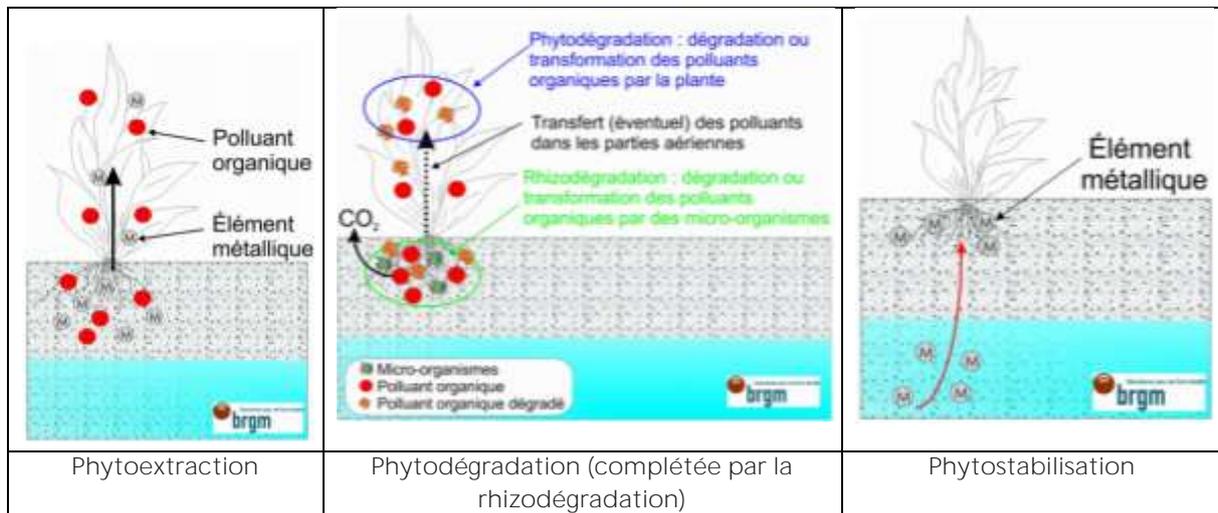


Figure 18 : Schématisation des processus de phytoremédiation (source : SelecDEPOL)

5.4.3 Quelles fonctions et services concernés

Selon (ADEME, 2018c), la plupart des phytotechnologies présentent l'avantage de préserver les sols par le maintien du sol en place, contrairement à l'une des techniques courantes consistant à excaver les sols, puis à les éliminer en décharge, et par la protection des sols contre l'érosion par les végétaux. Elles permettent aussi d'améliorer la qualité des sols (matière organique, fertilité, structure, activité biologique notamment). Elles participent, grâce à la mise en place d'un couvert végétal, à (a) la limitation des transferts de contaminants dans l'environnement (limitation de l'érosion du sol, des envols de poussières, du lessivage des éléments toxiques et de leur transfert vers les eaux souterraines et superficielles, de l'ingestion de terres par les herbivores) et donc à la limitation des risques pour la santé et les écosystèmes (b) au maintien ou restauration de la biodiversité (microflore et faune du sol, garants de la fonctionnalité des sols, insectes, oiseaux, mammifères notamment) et (c) à la préservation de la ressource en eau, à la diminution du risque d'inondation (ADEME et al., 2017). Elles permettent enfin une valorisation foncière des espaces concernés (aménagement paysager pérenne).

La phytoremédiation permet ainsi la restauration ou l'amélioration des fonctions du sol. Les fonctions suivantes sont particulièrement mobilisées dans le cadre de la mise en œuvre de la phytoremédiation :

- Les fonctions biogéochimiques : ensemble des fonctions épuratoires (recyclage et rétention de la matière organique, élimination de polluants, rétention de particules),
- Les fonctions biologiques : les fonctions supports d'habitats et la connectivité écologique.

Dans le cadre d'un changement d'usage, un diagnostic initial est primordial pour caractériser les propriétés du sol du site considéré (au même titre que la charge polluante potentielle du sol). Idéalement, l'évaluation des propriétés permettra d'identifier et de quantifier les fonctions des sols qui peuvent être préservées ou restaurées.

Outre la caractérisation chimique du site choisie conformément aux préconisations de la méthodologie nationale française de gestion des sites et sols pollués (MTES, 2017), il est indispensable de valider l'applicabilité des phytotechnologies en réalisant des paramètres qui pourraient être limitatifs pour la faisabilité et les performances de ces techniques. Des analyses physiques sont notamment préconisées sur les sols (analyse granulométrique, pH, matière organique, CEC, etc.) (ADEME et al., 2015), ainsi que l'étude des éléments climatiques (précipitations, températures). Ces éléments doivent servir à orienter le choix des espèces végétales utilisées, les travaux du sol (i.e décompactage) et les pratiques agronomiques éventuelles à mettre en place (fertilisation, irrigation, etc.). Par ailleurs, il peut être envisagé d'ajouter un amendement.

Au-delà de l'objectif premier de traitement, ces solutions présentent des intérêts environnementaux et sociaux qui peuvent impulser le redéveloppement d'un site. « Les phytotechnologies ont pour force principale un objectif sous-jacent : gérer le sol en place et lui permettre d'assurer ses fonctions. Elles doivent tenir compte sur le moyen et long-terme de la biodisponibilité des polluants et conduisent à caractériser les communautés d'organismes vivants du sol et favoriser leur développement. *In fine*, les SE rendus pas les sols (rétention d'eau, cycle de la matière organique, accueil pour la biodiversité...) sont

aujourd'hui au cœur d'une gestion par phytomanagement et se doivent d'être mieux considérés dans la définition des options de gestion de sites pollués. » (ADEME et al., 2017).

Le site géré et restauré peut contribuer aux SE (ADEME et al., 2017; Bourgeois et al., 2020) :

- Approvisionnement : biomasse non alimentaire pour différents usages,
- Régulation : sol propre et sûr, biodiversité du sol, stabilité du sol, capacité de stockage des eaux, stockage de carbone, biodiversité,
- Culturels : récréation/ tourisme, paysage, éducation.

Les démarches de phytoremédiation peuvent être couplées à un accueil du public, si cet accueil est sanitaire compatible avec les pollutions présentes sur le site. Ces espaces peuvent être à vocation pédagogique et sont propices à des actions de concertation et de communication, notamment dans le cas de limitation des conditions d'accès (Bourgeois et al., 2020).

5.4.4 Contexte réglementaire et méthodologique

En France, la gestion des sites et sols pollués s'appuie, depuis 2007, sur l'évaluation des risques en fonction de l'usage des sites. De plus, la note ministérielle du 19 avril 2017, qui met à jour les textes méthodologiques, rappelle que « quelle que soit la nature du polluant, et dans le respect des principes de l'économie circulaire, les traitements in situ ou sur site, qui limitent la production et le transport de déchets, doivent être privilégiés ». « Les phytotechnologies ne sont pas applicables pour tous les sites pollués et dans toutes les situations. La mise en œuvre de ces outils suppose la définition préalable des objectifs de gestion pour le site (maîtrise ou réduction des polluants en place), en cohérence avec l'usage futur ou constaté de celui-ci, l'évaluation de la pollution des milieux et des risques sanitaires associés, conformément à la méthodologie nationale en vigueur pour la gestion de sites et sols pollués » (ADEME et al., 2017). Il est donc nécessaire de disposer d'informations sur la nature des polluants présents sur le site sur la base d'un diagnostic de qualité (Bourgeois et al., 2020).

En France, en cas de cessation d'activité d'un site soumis à la réglementation ICPE⁹³, la dépollution de ce site devra se conformer aux articles L512-1 à L512-6-1 du code de l'environnement. L'exploitant place son site dans un état tel qu'il ne puisse pas porter atteinte aux intérêts mentionnés à l'article L511-1 du code de l'environnement et permette un usage futur du site, déterminé dans l'arrêté d'autorisation ou d'enregistrement ou au terme d'une concertation (installations soumises à autorisation ou enregistrement), ou comparable à la dernière période d'activité de l'ICPE (installations soumises à déclaration). Par ailleurs, les études préalables à la réhabilitation d'un site sont à réaliser conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (MTES, 2017). La réalisation d'un plan de gestion permet notamment d'identifier la (ou les) technique(s) de réhabilitation, pouvant être mises en œuvre sur le site, afin de garantir une compatibilité entre la qualité des milieux et leur usage futur.

L'Arrêté du Gouvernement Wallon de 2018, relatif à la gestion et l'assainissement des sols introduit la notion de phytomanagement (articles 1, 16° et 70)⁹⁴. La notion de phytomanagement y est référée comme « un projet de phytomanagement : un projet de mise en culture d'espèces végétales sur un site présentant des caractéristiques telles qu'il est, en l'état, non utilisable à des fins alimentaires ou à un usage résidentiel, ou présentant des signes d'abandon ou d'altération du sol ». Cet arrêté instaure la possibilité d'une dérogation en cas de projet de phytomanagement

5.4.5 Echelles d'applications

Les techniques de traitement des sols telle que la phytoremédiation sont pertinentes 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). La durée de traitement peut être importante, allant de 2 à 20 ans (Bourgeois et al., 2020) .

À des échelles plus petites, elles peuvent certainement offrir des alternatives douces aux objectifs de gestion dans des contextes où la durée du traitement n'est pas une contrainte. Ces terrains de taille plus modeste peuvent également être propices à l'expérimentation. Les techniques de phytoremédiation peuvent s'appliquer sur une large variété de sols pollués en milieu rural et urbain. Elles ne nécessitent pas de ressources particulières, excepté un ensoleillement et un apport d'eau adaptés ainsi qu'une qualité de

⁹³ Installation Classée pour l'Environnement

⁹⁴ <http://environnement.wallonie.be/legis/solsoussol/sol008.htm> voir articles 1, 16° et 70

sols propices au développement des végétaux. La méthodologie de gestion des sites et sols pollués insiste sur les points importants à analyser : un accès facile pour l'entretien des plantes et un temps de mise à disposition adapté : les techniques de phytoremédiation prennent du temps, ce qui n'est pas compatible avec une remise en état « rapide » (Bourgeois et al., 2020).

A l'échelle de la parcelle, elles peuvent certainement constituer des alternatives aux objectifs de gestion dans des contextes où la durée d'immobilisation du site à gérer n'est pas une contrainte, répondre à des attentes sociétales et développer les SE rendus par les sols (Bourgeois et al., 2020).

5.4.6 Acteurs identifiés pour sa mise en œuvre

Outre les acteurs de la dépollution, la mise en œuvre de phytotechnologies dans des projets d'aménagement en milieu urbain, fait appel à des paysagistes voire des architectes. En milieu rural, des corps de métier relevant de l'agriculture, des espaces verts et de la foresterie seront préférentiellement sollicités, tels que des semenciers, pépiniéristes, producteurs d'amendements, etc. (ADEME et al., 2015).

5.4.7 Degré d'application, freins et perspectives pour appuyer le ZAN

La phytoremédiation est une approche innovante et intégrative pour la gestion des sites et sols pollués qui considère le sol contaminé non seulement comme un site à réhabiliter mais aussi comme une ressource à exploiter. Bien qu'elles soient encore peu utilisées et fassent encore l'objet de recherches, les phytotechnologies gagnent en maturité. Par ailleurs, bien que jugées plus conformes aux enjeux du développement durable que les techniques classiquement utilisées, ces méthodes restent encore émergentes sur les marchés de gestion des sites et sols pollués. Les avantages principaux incluent le fait que ce processus soit encouragé par le contexte et la loi, et qu'il est à l'origine de SE et d'impacts environnementaux évidents. De nombreux autres usages peuvent être envisagés (la phytoremédiation peut concerner qu'une partie du site) : renaturation, urbanisme transitoire, centrales photovoltaïques. De plus, ces usages sont facilement réversibles, surtout dans le cas de végétaux bas (Bourgeois et al., 2020). Les différentes caractéristiques et donc les degrés d'application des techniques de phytoremédiation, ont été précisées dans le [1] <https://www.selecdepol.fr/fiche-technique/phytoextraction>

[2] <https://www.selecdepol.fr/fiche-technique/phytodegradation>

[3] <https://www.selecdepol.fr/fiche-technique/phytostabilisation-phyto-immobilisation>

Tableau 4 ci-avant.

D'une manière générale, les techniques de phytoremédiation sont applicables sur une large variété de sols pollués, aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain. Cependant, comme le site doit pouvoir être planté ou ensemencé, il doit donc être au préalable désimperméabilisé. Rien n'empêche cependant d'envisager ces méthodes sur seulement une partie du site, en fonction du projet futur. Comme précisé dans le [1] <https://www.selecdepol.fr/fiche-technique/phytoextraction>

[2] <https://www.selecdepol.fr/fiche-technique/phytodegradation>

[3] <https://www.selecdepol.fr/fiche-technique/phytostabilisation-phyto-immobilisation>

Tableau 4, elles s'appliquent essentiellement sur les sols de subsurface silteux à sableux jusqu'à 50 cm de profondeur lorsque les surfaces polluées sont importantes. Au-delà, il est préférable d'utiliser des arbres ou d'excaver les terres pour les gérer (Bourgeois et al., 2020).

D'autres blocages pour la mise en œuvre de ces techniques ont été identifiés (présentés notamment dans l'outil Selecdepol⁹⁵). Ils sont aussi bien d'ordre technique, organisationnel ou foncier, avec, entre autres :

- Une pollution des sols qui doit être « adaptée » (concentrations, profondeurs, polluants) ;
- Des durées de traitement importantes (min 3 ans), un procédé qui est fortement influencé par la météorologie, la fertilité des sols mais aussi les attaques des insectes, les micro-organismes et les substances phytopathogènes ;
- Le sol ne doit pas être trop compacté, imperméabilisé, ou trop de gravats pour que les racines puissent s'installer
- La nécessité d'avoir des terrains de grande superficie (quelques hectares) ;
- La difficulté de mise en œuvre sur les agglomérations à forte pression immobilière ;
- La nécessité d'une surveillance à long terme sur la croissance des plantes, les qualités agronomiques du sol, l'entretien des plantes, etc.

⁹⁵ <https://www.selecdepol.fr/>

L'ensemble de ces contraintes constituent des critères de choix pour décider de leur mise en œuvre ou pas, comparé à des méthodes plus classiques de dépollution ou de gestion de pollution. Par ailleurs, l'ADEME dans son rapport de 2015 (ADEME et al., 2015), identifie plusieurs points de blocage à la mise en œuvre des phytotechnologies :

- Le manque d'expériences des professionnels de la dépollution ;
- Des délais attendus pour la dépollution des terrains qui sont courts ;
- Des espaces souvent limités pour les pollutions concentrées, a priori non compatibles avec l'utilisation des phytotechnologies ;
- Plusieurs polluants rencontrés sur des sites pollués n'ont pas fait l'objet d'expériences avec les phytotechnologies (BTEX, PCB, pesticides, solvants chlorés).

En cas de transfert de pollution milieu - plantes (phytoextraction) un traitement ultérieur pour la gestion de la biomasse est par ailleurs nécessaire. Dans certains cas, la biomasse issue des procédés de phytoremédiation peut représenter une ressource valorisable sur le plan énergétique (production de biocarburants, biométhane) ou chimique (chimie végétale). Des verrous réglementaires restent à lever sur le statut de la biomasse.

Les coûts de ce type d'action sont encore difficiles à évaluer, notamment parce qu'ils dépendent de l'importance de la transformation initiale des sols (France Stratégie, 2019a). Le modèle économique doit encore être stabilisé (Bourgeois et al., 2020). Il ressort tout de même quelques estimations. Les coûts varient entre 2 à 12 €/m² pour la phytostabilisation, à 18 à 40€/m² pour la phytoextraction. Mais les coûts dépendent de la valorisation possible de la biomasse produite pour la phytoextraction (France Stratégie, 2019b).

En dehors de projet démonstrateurs tels que HYPASS, Physaphimm, très peu de projets de renaturation reposant sur de la phytoremédiation intégrée dans un projet de phytomanagement ont été identifiés à ce jour. En effet, si les phytotechnologies ont du mal à se développer, ce n'est plus exclusivement par manque de retours scientifiques, c'est aussi parce qu'elles font appel à de nouveaux métiers, peu représentés dans le monde de la gestion des sites et sols pollués. Les phytotechnologies, et plus globalement le phytomanagement, exigent en plus d'un temps long et d'une volonté d'agir : une expertise en pédologie et en génie végétal, mais aussi en agronomie et en génie des procédés (valorisation des biomasses).

6. La connaissance sur la qualité des sols en France et en Wallonie

6.1. Introduction

Les connaissances sur la qualité des sols en France et en Wallonie sont nombreuses et variées. Historiquement, le suivi de la qualité des sols a été motivé en France pour évaluer la fertilité ou les contraintes en vue d'un usage agricole. En Wallonie, il a été motivé par exemple, dans le cadre de l'affectation des fonctions particulières au sol en contexte d'exploitation minière (via le plan de secteur), et en fonction des ressources du sous-sol et/ou de la qualité du sol identifiées (zone agricole ou zone de dépendance d'extraction par exemple). Les caractéristiques pédologiques sont généralement utilisées comme base à la plupart des démarches relatives au zonage environnemental/écologique des territoires. L'évaluation des impacts anthropiques sur les sols est apparue plus récemment. Ainsi, les connaissances sur les sols français et wallons sont conséquentes, majoritairement pour les sols non artificialisés. 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 urbains⁹⁶. L'intérêt de connaître la qualité des sols artificialisés (principalement urbains) est plus récent, en lien notamment avec la gestion des sols pollués. L'apport des services européens producteurs de données comme le Corine Land Cover est également à souligner dans la connaissance des usages des sols qui constitue un dénominateur commun produit par les différents Etats-membres. Des données plus précises et complètes sont disponibles selon les Etats-membres. La France et la Wallonie possèdent un corpus de données plus complet que ce qui est mobilisable sur le Corine Land Cover.

La reconnaissance des services écosystémiques (SE) rendus par les sols a également émergé ces dernières années et renforce l'intérêt d'une meilleure connaissance des sols urbanisés. En effet, la gestion de tels sols en France repose principalement sur la compatibilité de l'usage du sol avec les éventuelles pollutions résiduelles qui s'y trouvent après leur traitement, dans le cadre de diagnostics et sur la compatibilité de la qualité chimique d'un site receveur, dans le cadre de la valorisation des terres excavées. Pour cela, leur gestion s'appuie sur la détermination de fonds pédo-géochimiques et fait appel à des bases de données sur la qualité chimique des sols. Cette même préoccupation se retrouve dans le Décret sols wallon qui prévoit, d'une part, à son article 10 l'établissement et l'actualisation par l'administration wallonne de la carte régionale des concentrations de fond (elle n'est pas encore publiée mais des données issues de projets de recherche sont cependant disponibles à ce sujet), et, d'autre part, à son article 11 l'établissement et la gestion de la Banque de Données de l'Etat des sols (BDES) (elle a été mise à disposition du public en 2018 et constitue un inventaire de dossiers administratifs en lien avec la problématique de la pollution des sols tels que des rapports d'étude de sol, des autorisations, des permis d'environnement, ...). Le Décret sol prévoit un premier niveau général de détermination des usages autorisés sur un sol sur base de leur qualité chimique (normes en polluants reprises en annexe 1 du Décret sols wallon du 1^{er} mars 2018), tandis qu'un deuxième niveau basé sur la caractérisation, lors d'une étude de sol, de la toxicité ou non du sol pour l'homme et de la concentration de fonds permet d'identifier les usages spécifiques autorisés sur le site étudié ou les voies de valorisation possibles des terres en cas d'excavation.. De son côté, la BDES joue un rôle à la fois de mise à disposition active d'informations environnementale (elle doit être consultée à chaque cession de terrain ou de permis d'environnement) et un rôle de déclencheur d'études de sol (notamment lorsqu'un projet d'urbanisme implique un remaniement du sol).

Se sont ainsi développées sur le territoire français, diverses bases ou sources d'informations pour bancariser des données sur les sols, à différentes échelles allant de la commune, jusqu'au territoire national. Les typologies de données peuvent être aussi bien physiques, chimiques ou même, plus rarement, biologiques, en fonction des objectifs visés par la mise en place de cette bancarisation. En Wallonie, comme l'ont relevé (Stephenne et al., 2015), il a été adopté une politique de mise à disposition des données pour un public large ainsi qu'aux gestionnaires des sols au travers du géoportail wallon. 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).

⁹⁶ Cette cartographie ayant été réalisée entre 1947 et 1991, les zones urbaines étaient moins étendues.

Le groupement SOILval propose ainsi dans ce chapitre un recensement des connaissances wallonnes et françaises ou référentiels de données qui permettent de contribuer directement ou indirectement à la caractérisation de la qualité des sols ou des SE. On entend dans SOILval par « connaissance ou référentiel sur la qualité des sols », l'ensemble des données dites de référence sur la qualité des sols. Cette qualité des sols est qualifiée aujourd'hui en France ou en Wallonie principalement à partir de données sur les paramètres physiques, chimiques, biologiques mesurés dans les sols.

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. Cette spécificité pour les deux territoires sera ainsi prise en compte dans la rédaction des paragraphes, pour décrire les connaissances sur les sols : pour la France, le chapitre s'attache en premier lieu à présenter les différentes bases de données, pour la Wallonie, la porte d'entrée sera le géoportail wallon.

La revue proposée fait également ressortir à partir d'une brève description de chaque base de données (France) ou couche de données (Wallonie), les différents objectifs visés, quelle prise en compte de la qualité des sols, leur échelle d'application, le potentiel de transfert de connaissance, etc.

Pour la France, elle permet de comparer la genèse des bases de données et leurs organisations. Cette approche comparative démontre l'intérêt de la part de chaque territoire à s'inspirer des méthodes et des possibilités d'accès mis en place par l'autre territoire. La revue concernant les éléments français a été réalisée avec l'appui du GIS Sol.

La présentation des différentes données disponibles sur le géoportail wallon (WalOnMap | Géoportail de la Wallonie) est intégralement extraite des différents descriptifs des couches se trouvant sur les pages du géoportail. Pour chacune des couches, des renvois vers ces descriptifs sont proposés dans ce chapitre. La revue concernant le géoportail wallon a été réalisée en appui avec le SPW.

6.2. Les bases de données en appui à la connaissance de la qualité des sols en France

6.3.1 Organisation des connaissances nationales

Il existe plusieurs producteurs de données sur les sols en France. Depuis 2001, le GIS Sol (Groupement d'intérêt scientifique Sol) qui regroupe différents acteurs publics intervenant sur la thématique des sols au sens large⁹⁷ est en charge de la coordination nationale des travaux de cartographie et de surveillance de la qualité des sols. Ainsi, ce groupement acquiert et capitalise des données sur les sols et sur l'évolution de leurs qualités. Il a également vocation à diffuser les données (sous forme de données ponctuelles ou cartographiques), collectées au cours de ses différents programmes (<https://www.gissol.fr/donnees>). L'unité INRAe InfoSol est en charge de l'animation des programmes, pour le compte du GIS Sol. A ce jour, les sols étudiés dans ces programmes sont principalement des sols non artificialisés (grandes cultures, vignes, vergers, prairies, etc.) ou forestiers. L'arrivée depuis 2020 du BRGM dans le GIS Sol va permettre, à terme, de couvrir une continuité dans les usages des sols, notamment en intégrant les dimensions urbaines, périurbaines et les friches.

Quatre grands programmes d'acquisition des données coordonnés par le GIS Sol peuvent notamment être cités :

- **IGCS (Inventaire, Gestion et Conservation des sols)** : en lien avec ses partenaires régionaux, le GIS Sol encourage et finance des travaux de cartographie des sols, à différentes échelles, afin de mettre en évidence la diversité des sols pour définir la façon la plus adaptée de les utiliser et les gérer. L'objectif du programme est d'identifier, de définir et de 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 (Laroche and Schnebelen, 2011). Les études pédologiques existantes sont recensées dans l'outil Refersols (<https://webapps.gissol.fr/georefersols/>). La carte des sols dominants, à l'échelle du 1/250 000^{ème}, est disponible sur le géoportail national (<https://www.geoportail.gouv.fr/carte>). Les données recueillies dans le cadre du programme IGCS sont bancarisées dans l'outil DoneSol (Figure 19). Cette base de données permet de stocker, en un endroit unique et de façon harmonisée,

⁹⁷ Institut National Géographique (IGN), Ministère de l'écologie, Ministère de l'Agriculture, Institut national de la recherche agronomique (INRAe), Institut pour la Recherche et le Développement (IRD), ADEME, BRGM et l'Office Français pour la biodiversité (OFB)

l'ensemble des informations pédologiques d'un territoire (<https://dw3.gissol.fr/login>). Elle regroupe des informations ponctuelles et des données surfaciques des études pédologiques (Branchu et al., 2021; INRAe, 2015). Donesol est également alimenté par différents acteurs pédologues, qui peuvent saisir, via un compte sécurisé, les données pédologiques (<https://dw3.gissol.fr/login>) (Richer-De-Forges, 2014).

- **RMQS (Réseau de Mesures sur la Qualité des Sols)** : Cet outil, mis en place en 2000, repose sur le suivi de 2240 sites répartis uniformément sur le territoire français (métropole et outre-mer). Il 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. L'évaluation et le suivi de la qualité des sols se basent sur des prélèvements réalisés selon un protocole standardisé et l'analyse des paramètres physiques, chimiques et biologiques des sols à l'aide de méthodes normalisées. Sur chaque site, les sources de contamination diffuse sont recherchées et la connaissance de l'historique de l'occupation et des pratiques de gestion pour chaque site est étudiée. Ce programme a été conçu pour pouvoir donner des valeurs de références par grandes occupations de sol. Les cartes et statistiques issues du RMQS sont consultables sur le site du GIS Sol, sur le dataverse INRAe (data.inrae.fr) et sur le géoserveur INRAe (<https://agroenvgeo.data.inra.fr/geonetwork/srv/fre/catalog.search#/home>).
- **BDETM (Base de Données sur les éléments en traces métalliques)** : cette importante collecte de données sur les sols a été menée dans le cadre du suivi des pratiques d'épandage de boues de stations de traitement des eaux usées sur les sols agricoles. Les données issues des analyses de 8 éléments trace (cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, sélénium, zinc) sur des échantillons de sol agricoles de surface ont été collectées auprès d'organismes et/ou de laboratoires impliqués dans les plans d'épandage. Deux campagnes de collecte ont eu lieu : entre 1997 et 1998, puis entre novembre 2008 et janvier 2010, avec une répartition sur l'ensemble du territoire national (<https://www.gissol.fr/donnees/donnees-de-la-bdetm-2873>). Une nouvelle campagne va être organisée en 2022 et 2023. Les cartes et statistiques (médiane/quartile à l'échelle départementale et régionale) issues de la BDETM sont consultables sur le site du GIS Sol ou bien sur le géoserveur INRAe (<https://agroenvgeo.data.inra.fr/geonetwork/srv/fre/catalog.search#/home>).
- **BDAT (Base de Données d'Analyses de Terre)** : les résultats d'analyses de terre (plus de 2 millions) réalisées sur des échantillons de sols agricoles français prélevés entre 1990 et 2014 sur l'ensemble du territoire métropolitain, ont été collectés après de laboratoires certifiés. De nouvelles collectes d'échantillons sont en cours. Ces analyses sont réalisées par et pour des agriculteurs afin d'optimiser leur fertilisation. Ainsi, les méthodes d'échantillonnage (par exemple les profondeurs d'échantillonnage) peuvent être hétérogènes. Cette base stocke les résultats de 31 paramètres physico-chimiques classiques, liés à la fertilité des sols (ex : pH, texture, carbonates, matière organique...). Elle est composée d'une table unique où les individus sont des cantons et les variables des descripteurs statistiques (Branchu et al., 2021) <https://www.gissol.fr/le-gis/programmes/base-de-donnees-danalyses-des-terres-bdat-62>. Un outil cartographique GEOSOL (<https://webapps.gissol.fr/geosol/>) permet la visualisation de ces données.

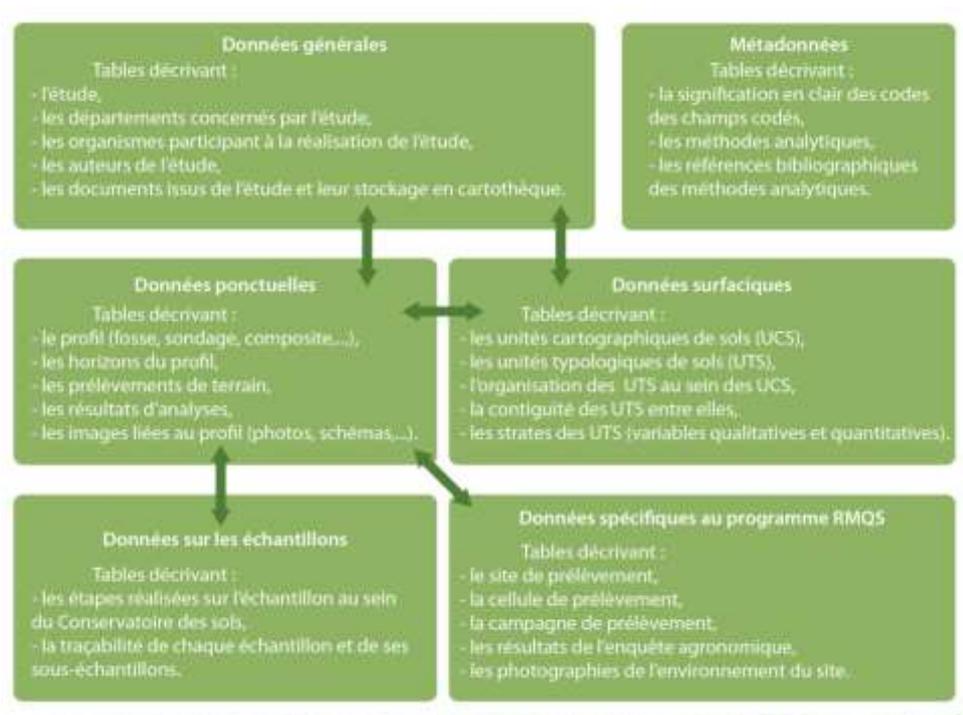


Figure 19- Structuration générale de la base DoneSol 3 (Branchu et al., 2021)

D'autres sources d'informations ou bases de données apportant une information sur la qualité des sols sont utilisées en France :

- **ASPITET⁹⁸ (Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Eléments Trace)**, lancé par l'INRA (aujourd'hui INRAE) en 1993 (Cary et al., 2008), a fait l'objet de plusieurs campagnes d'échantillonnage jusqu'en 1997. Des données relatives à des zones rurales (sols forestiers et sols cultivés), sur plusieurs horizons ont été recueillies sur l'ensemble du territoire français, mais majoritairement situés dans la moitié nord du Bassin parisien. Des teneurs totales en éléments trace ont été déterminées, ainsi que des données de caractérisation pédologique telles que carbone organique, CEC, pH, fer (Baize, 2000). Les résultats complets de ce programme sont fournis dans un ouvrage de Denis Baize, « Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols » (Baize, 1997). Les principales gammes de valeurs proposées pour divers horizons de sols sont classées en 3 catégories : gamme de valeurs couramment observées dans les sols « ordinaires » de toutes granulométries, gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées et gamme de valeurs observées dans le cas de fortes anomalies naturelles et sous forme de statistiques (Baize, 2000).
- **BDSolU (Base de Données des analyses de sols urbains)** (<http://www.bdsolu.fr/>): cette base bancarise des données sur la qualité géochimique des sols. Initialement créée dans le but de bancariser des données de qualité géochimique des sols urbains, le domaine de collecte s'est élargi en fonction des projets ayant complété cette base (chimiques, physiques). L'objectif de cette base est de pouvoir construire des fonds géochimiques anthropisés ou non anthropisés à partir des données bancarisées, afin de répondre à une demande croissante de référentiels adaptés aux milieux urbanisés, dans le cadre de la gestion de sites pollués. Cette base peut être alimentée par tout acteur impliqué dans la gestion de sols et doit répondre à un format précis (données et métadonnées cohérentes avec les registres existants : Sandre, CLC, BSS⁹⁹ ou BASIAS¹⁰⁰). Quant à la mise à disposition des données, celle-ci est libre et gratuite. Les données brutes ne peuvent être fournies que si le propriétaire a donné son accord. Les données seront majoritairement fournies sous forme de statistiques, et si possible de cartes.
- **Inventaire minier national** : cet inventaire a été mis en place dans le cadre de la prospection minière, dans l'objectif d'avoir des connaissances sur la géochimie des sols et des sédiments sur le réseau hydrographique. La couverture de ces données est très partielle (< 20% du territoire), avec une densité des points très variable. Ces informations sont disponibles via le SIG Infoterre (<https://infoterre.brgm.fr/>), avec la couche « ressources minérales » ou via le site

⁹⁸ Cette base va être intégrée à la BDETM et sera consultable sur un outil à développer.

⁹⁹ BSS : Banque du Sous-sol (<https://infoterre.brgm.fr/page/banque-sol-bss>)

¹⁰⁰ BASIAS : inventaire des anciens sites industriels et activités de service (<https://www.georisques.gouv.fr/risques/basias/donnees#/>)

<http://sigminesfrance.brgm.fr/>. Les données brutes pour chaque point d'échantillonnage sont mises à disposition des utilisateurs.

- **RENECOFOR (Réseau National de suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers)** (<http://www1.onf.fr/renecofor/@@index.html>) : l'Office National des Forêts (ONF) s'investit depuis 1992 dans le suivi d'écosystèmes forestiers pour mieux comprendre leurs fonctionnements, ainsi que les impacts du changement climatique sur la biodiversité, l'impact de la pollution atmosphérique depuis 2008. Dans ce cadre, l'ONF a bancarisé des données sur les sols : description pédologique des profils de sols (profondeur, structure, texture, hydrologie, etc.), analyses physico-chimiques (pH, CEC, métaux et métalloïdes, carbonates, azote, etc.). La mise à disposition de ces données est partielle.
- **CORINE Land Cover** : c'est une base de données géographique européenne qui inventorie l'occupation des terres d'un point de vue biophysique. Elle est issue d'une interprétation visuelle d'images satellitaires. Les données et leurs visualisations sont mises à disposition par le Ministère de l'Ecologie.
- **Référentiel TypTerres** (<https://sols-et-territoires.org/produits-du-rmt/typterres>) : en cours d'élaboration qui s'appuie sur les RRP (Référentiel Régional Pédologique (<https://www.gissol.fr/publications/fiche-referentiel-regional-pedologique-rrp-2192>)) pour définir des typologies simplifiées de sol par régions en y associant des valeurs de propriétés physicochimiques de référence (développé par l'ACTA (association des instituts techniques agricoles) et le RMT (Réseau Mixte Technologique) Sols et Territoires).

Au-delà de ces bases de données, le BRGM a élaboré des cartes géologiques du 1/1 000 000 au 1/50 000^e sur l'ensemble du territoire français (métropolitain et DOM). Par ailleurs, des dossiers sur la Banque de données du Sous-Sol et logs géologiques de sondages réalisés sur le territoire fournissent des informations sur les géologies rencontrées. L'ensemble de ces informations sont disponibles via le SIG Infoterre (<https://infoterre.brgm.fr/>).

Par ailleurs, en 2015, la loi ALUR a introduit la notion de « Secteur d'information sur les Sols » (SIS) au sein de l'article L125-6 du code de l'environnement. Elle impose également comme obligation pour 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). Un Secteur d'Information sur les Sols (SIS) impose, pour les terrains concernés pour lesquels la connaissance de la pollution des sols le justifie (par ex, en cas de changement d'usage), la réalisation d'études de sols et la mise en place de mesures de gestion de la pollution.

L'ONB (Observatoire National de Biodiversité) et les ORB (Observatoire Régional de la Biodiversité), mettent à disposition des indicateurs (<https://naturefrance.fr/indicateurs>) sur plusieurs paramètres pour se rendre compte de leur évolution dans le temps : sur l'abondance des vers de terre, l'occupation du sol, les habitats naturels menacés, l'évolution de la biodiversité bactérienne des sols, etc. Les indicateurs sont présentés sous forme de moyenne à l'échelle française, et selon les indicateurs, en fonction de l'usage des sols (prairies, cultures, territoires artificialisés comme les jardins, etc.).

Le premier Conseil de défense écologique, en mai 2019, a décidé l'installation **d'un observatoire de l'artificialisation**, qui fasse référence pour objectiver et quantifier ce phénomène à un niveau national et faire mieux prendre conscience de cet enjeu. L'État a demandé au CEREMA, IGN et INRAe, de travailler en synergie à la mise en œuvre de cet observatoire qui permettra d'établir des orientations opérationnelles efficaces pour contraindre l'artificialisation des sols. Ce sont donc ces organismes qui choisiront les méthodes et sources de données les plus appropriées selon les échelles, qui seront en charge de faire vivre les bases de données, de diffuser et mettre à disposition les résultats. Le portail est aujourd'hui accessible à partir de <https://artificialisation.biodiversitetousvivants.fr/>.

Au niveau national, l'Etat français fait également son propre suivi de l'artificialisation des sols, mené par le CGDD, le Commissariat général au développement durable (CGDD, 2018b). Il relève que la quantification de l'artificialisation reste difficile, mais que les données disponibles permettent tout de même d'alerter sur les grandes tendances du phénomène (Béchet et al., 2017). Il existe en effet plusieurs méthodes pour mesurer le changement d'occupation ou d'utilisation des sols. La mise en place d'un observatoire de l'artificialisation a pour objectif de choisir des méthodes et des sources de données les plus appropriées (Feix, 2020).

6.3.2 Démarches locales ou territoriales

Au-delà des démarches nationales, les régions, communes, communautés d'agglomérations 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.). Par exemple, les villes du Havre, de Marseille, de Lille ou encore de Lyon capitalisent et bancarisent des données sur leurs sols urbains afin de définir des fonds géochimiques qui leur sont spécifiques. La Lorraine a également réalisé ce travail autour de ses friches industrielles, en vue de leur requalification. Ces données sont principalement des paramètres chimiques, mais certaines villes bancarisent également des données d'ordre géotechnique ou physique. Différents projets ou démarches sont présentés ci-dessous. Ce chapitre ne peut être exhaustif.

Le **projet GeoBaPa**, qui a pour objectif de définir un référentiel pédo-géochimique de la basse Vallée de la Seine et du bassin parisien, pour faciliter et optimiser la réutilisation des terres excavées, en lien notamment avec la création du Grand Paris Express (lignes de métro), qui génère un volume très important de terres. Ce projet passe par la collecte et la bancarisation de données existantes (issues de collectivités, laboratoires, Etablissement Public Foncier (EPF), Mairie de Paris, etc.) et de données issues de campagnes d'échantillonnage réalisées dans le cadre du projet.

Le **projet METOTRASS** a été initié en partenariat avec l'ARS des Pays de la Loire et l'ADEME, en lien avec la présence d'arsenic et de plomb dans les sols du département. L'objectif du projet est de développer un référentiel de fond géochimique (dont l'arsenic, le plomb, le cuivre et le zinc), dans le cadre de la gestion des sites et sols pollués et des plans d'épandage de boues de station d'épuration. Les échantillonnages ont ciblé principalement des zones forestières. L'application de la méthodologie s'est heurtée à plusieurs difficultés, et notamment le manque de cartographie des formations superficielles et la difficulté de localiser des filons (Le Guern et al., 2013).

Plusieurs jeux de données issus de ces différents projets et initiatives seront à terme bancarisés dans la base de données BDSolU. D'autres démarches peuvent être citées :

Le RMQS Biodiversité (<https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/page/programme-rmqs-biodiv>) : spécifique à la région Bretagne, il concerne les sites bretons du programme RMQS, qui ont été complétées en 2006 et 2007 par des mesures de biodiversité des sols (macrofaune, mésofaune, microfaune, microflore et indice humus). Les rapports sur les résultats sont mis à disposition du public, sous forme statistiques et cartographique. Son élargissement à l'échelle nationale, piloté par l'OFB, est en cours.

La région Bretagne met par ailleurs à disposition des données pédologiques relevées sur 320 stations de mesures, réparties sur son territoire (<http://www.sols-de-bretagne.fr/>). Elle met à disposition des inventaires, des cartographies pédologiques régionales, des données sur les paysages, etc.

Le **référentiel pédo-géochimique en région Nord-Pas de Calais¹⁰¹ (RPG-NPC)** : ce référentiel, réalisé par l'INRA associé à l'Institut Supérieur d'Agronomie de Lille, s'appuie sur la réalisation et la description de 267 fosses pédologiques, ainsi que sur l'analyse de 768 échantillons. Il fournit les caractéristiques physico-chimiques et les teneurs en éléments traces (Arsenic, Cadmium, Cobalt, Chrome, Cuivre, mercure, Nickel, plomb, Sélénium et zinc) des principaux types de sol de la région. Il s'agit d'un outil de gestion qui permet i) de déterminer les « valeurs normales agricoles » des horizons de surface des terres agricoles et ii) de juger du niveau de contamination d'un prélèvement (Plante&Cité et al., 2015) ;

Le projet **PHOEBUS (Profondeur des entités hydrogéologiques et évaluation des contraintes à l'infiltration des eaux pluviales urbaines sur le territoire de Rennes Métropole)** a pour objectif de mettre en œuvre une stratégie de gestion durable des eaux pluviales, via l'intégration dans un règlement d'urbanisme d'un volet sur la gestion des eaux pluviales et la cartographie des zones favorables ou défavorables à l'infiltration des eaux pluviales. Pour cela, des données sur les formations géologiques, 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) ont été bancarisées, interprétées puis cartographiées. Les résultats ont été mis à disposition de la Métropole de Rennes et sont publics (<https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-68599-FR.pdf>).

Des projets de même nature ont eu lieu sur Tours ou sont en cours (Brest et Toulouse). Dans la même thématique, la métropole du Grand Lyon a produit deux types de cartographie utile à la ville perméable :

- Carte des axes d'écoulements naturels et artificiels et des zones d'écoulement et d'accumulation ;
- Carte de hiérarchisation des zones de production du ruissellement.

Des industriels, comme EDF, ont leur propre base de données (Qualisol) sur les sols et sur les eaux souterraines, alimentée avec les données collectées dans le cadre des nombreuses campagnes d'échantillonnage réalisées sur leurs sites.

¹⁰¹ Cette base va être intégrée à la BDETM et sera consultable sur un outil à développer.

Le projet R&D SUPRA (Sols Urbains et Projets d'Aménagement, ADEME) 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. Il met en avant, du fait de la spécificité des sols urbains (en termes de typologies ou d'hétérogénéité), la nécessité de mieux caractériser les sols urbains. Ainsi, après une classification de sols artificialisés, différentes collectes de données sur les sols ont été réalisées (à travers trois thèses) sur des zones urbaines (principalement Nantes, Marseille et Nancy) pour améliorer les connaissances sur les sols. Les paramètres et indicateurs visés sont en lien avec les propriétés bio-physico-chimiques des sols, les indices de diversité ou de production végétale et les niveaux de contamination (en lien avec la production de biomasse par ex). Les données seront bancarisées dans des bases de données existantes : les données chimiques seront versées dans BDSolU, celles plus en lien avec le volet agronomique seront versées dans DoneSol. L'objectif est ensuite de produire des cartographies interprétatives et développer un outil d'aide à la décision.

Certaines régions comme la Normandie, ont mis en place, depuis 2008, un observatoire des sols à l'échelle communale (OSCOM) (<https://draaf.normandie.agriculture.gouv.fr/Observatoire-des-Sols-a-l-echelle>). C'est un outil de mesure de l'évolution de l'occupation des sols par commune en Normandie, répartie en 4 catégories : les territoires artificialisés, les territoires agricoles, les forêts et milieux semi-naturels et les surfaces en eau. L'outil s'intéresse principalement à la perte du foncier agricole et à l'artificialisation des sols. Les données sont mises à disposition du public sous forme de jeux de données ou cartographiques.

Les zones humides en France font l'objet d'un recensement et d'une bancarisation. Ces données sont mises à disposition, sous forme de jeux de données ou cartographiques, par les régions, les départements, les métropoles, etc. (<https://www.data.gouv.fr/fr/>).

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, 2018c). Ainsi, le programme national de recherche (BIOindicateurs de la Qualité des Sols) a été mis en place par l'ADEME face au constat d'un manque d'indicateurs biologiques pour décrire la qualité du sol. 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 (<https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/ADEMEBioindicateur/>).

6.3. La connaissance de la qualité des sols en Wallonie

Ce chapitre présente les principales couches de données, extraites du géoportail wallon (WaLOnMap | Géoportail de la Wallonie) ou de sites thématiques qui renseignent sur la qualité des sols, en lien avec les paramètres physiques, chimiques ou biologiques mesurés dans les sols. L'ensemble des couches de données disponibles sur le géoportail n'est cependant pas repris dans ce chapitre. Il est à noter que les données géographiques disponibles utiles à la compréhension de la qualité des sols en Wallonie sont accessibles sur le géoportail wallon et visualisable avec l'application WaLOnMap ([WaLOnMap | Géoportail de la Wallonie](#)).

Il est à noter que les données issues de l'Inventaire Permanent des Ressources Forestières Wallon (IPRFW) et du réseau REQUASUD décrits plus bas, ne sont pas disponibles sur le géoportail wallon mais respectivement sur IPRFW (<http://iprfw.spw.wallonie.be/#>) et [Requaconsult \(requasud.be\)](http://requaconsult.requasud.be). Elles sont présentées dans un paragraphe distinct, en fin de ce chapitre.

Différentes couches de données accessibles sur le géoportail wallon compilent des données sur la qualité des sols avec notamment :

- **Carte numérique des sols de Wallonie (CNSW)** ([Carte Numérique des Sols de Wallonie | Géoportail de la Wallonie](#)) : Cette série de jeux de données compile l'ensemble des informations relatives à la Carte Numérique des Sols de Wallonie. L'origine de la Carte des sols de Wallonie est la Carte des Sols de Belgique (CSB), qui a été levée de 1947 et 1991 sur base du plan cadastral de l'époque. Les opérations de cartographie ont été réalisées selon le découpage des cartes de l'Institut Géographique Militaire / National. La carte des Sols "papier" a servi de base à l'élaboration de la Carte Numérique des Sols de Wallonie au 1.20.000ème (CNSW ou CNSW__SIGLES_20).
- **Carte des principaux types de sols de Wallonie (1/250.000^e)** ([Carte des Principaux Types de Sols de Wallonie à 1/250000 | Géoportail de la Wallonie](#)) : Carte des Principaux Types de Sols de Wallonie au 1/250000^e. La Carte des Principaux Types de Sols de Wallonie au 1/250.000^e (CNSW250) a été dérivée de la Carte Numérique des Sols de Wallonie (CNSW20). Sa légende est conçue à partir de regroupements logiques des sols sur base de trois des quatre critères majeurs de la série de sols, à savoir : la texture, le drainage naturel et la nature de la charge caillouteuse pour les sols contenant plus de 15 % en éléments grossiers. Les sols de textures très différentes n'ont jamais été regroupés. Par contre, les termes "principalement" ou "quasi-exclusivement"

sont employés dans les définitions des principaux types de sols pour spécifier les classes de drainage naturel qui sont dominantes du point de vue de la surface (60-95 % ou plus de 95 %, respectivement). Le développement de profil n'est pas pris en compte car lorsqu'il est "marqué", il est généralement lié à une texture particulière pour une région donnée.

- **Occupation du sol (WALOUS 2018)** ([Occupation du sol en Wallonie - WALOUS 2018 | Géoportail de la Wallonie](#)): Cette couche de données reprend la cartographie de l'utilisation du sol de l'ensemble du territoire wallon pour l'année 2018 (WAL_UTS__2018). L'utilisation du sol représentée se définit comme le « Territoire caractérisé selon sa dimension fonctionnelle ou son objet socio-économique actuel (par exemple, résidentiel, industriel, commercial, agricole, forestier, récréatif) » (directive européenne INSPIRE 2007/2/CE¹⁰²). La donnée WAL_UTS__2018 fournit une information sur l'usage des sols par parcelle cadastrale et pour les espaces non-cadastrés. Par parcelle cadastrale (unité de cartographie), ces données ainsi que l'occupation du sol sont synthétisées par une série d'indicateurs statistiques (présence/absence, nombre d'éléments, proportions, mode, recouvrement). L'information sur l'utilisation du sol est fournie, pour les deux types de représentation spatiale, dans le système de projection Lambert Belge 2008 (EPSG : 3812 – Pour usage en LB72, voir information sur la grille NTV2 - <http://geoportail.wallonie.be/home/ressources/outils/Lambert-belge-2008-LB08.html>). La mise en œuvre de la donnée WAL_UTS__2018 s'inscrit dans le cadre du projet WALOUS (2017-2020) subventionné par la Région wallonne et réalisé par un consortium de deux universités (UCLouvain, ULB et d'un centre de recherche public de type UAP (ISSEP). De ce fait, la source à mentionner lors de l'utilisation de cette donnée est "SPW - UCLouvain/ULB/ISSEP".
- **CARBIO SOL (Carbone, Bio, Sol : CARBIO SOL | Géoportail de la Wallonie)**: Cette série de couches de données 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" (CARBIO SOL), à l'origine 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. Ce projet a été mené par l'ULg et l'UCLouvain entre 2013 et 2019 sous couvert d'un financement par le SPW-DGARNE. Il a donné naissance à sept couches de données spatialement continues sur le territoire wallon séparées en deux catégories :
 1. Couches de données relatives aux teneurs en COT des sols :
 - Deux couches représentent les teneurs moyennes prédites en COT dans l'horizon humifère des sols sous cultures et prairies permanentes en Région wallonne (profondeur de labour pour les cultures et profondeur 0 – 15 cm pour les prairies). La première cartographie concerne la période de 1949 à 1972, et la seconde s'étend de 2004 à 2014.
 - Deux couches présentent les incertitudes de prédiction à 90% (coefficient de variation - CV) associées aux deux cartographies des teneurs en carbone organique total et induites par la modélisation mise en place par l'équipe du projet CARBIO SOL.
 - Une couche représente la différence relative des teneurs dans les sols sous cultures et prairies du territoire wallon entre la période 1949-1972 et 2004-2014.
 2. Couches de données relatives aux stocks de COT des sols :
 - Une couche reprend les stocks en carbone organique total en surface (0 – 30 cm) pour les sols sous cultures et prairies permanentes en Région wallonne. Elle concerne une période de 2005 à 2014 ;
 - Une couche présente l'incertitude de prédiction à 90% associée à la cartographie des stocks en carbone organique total des sols et induite par le calcul des stocks et la modélisation.
- **ERRUISSOL – risque d'érosion hydrique diffuse** ([ERRUISSOL | Géoportail de la Wallonie](#)) : La cartographie des zones à risque d'érosion hydrique diffuse. Ces cartes représentent la longueur de pente critique pour 2 seuils de perte en sol fixés (5 et 10t/ha.an) selon 3 occupations de sol (culture sarclée ; culture non-sarclée; prairies/forêts). Ce qui nous fait 6 combinaisons possibles donc 6 cartes de zones à risque d'érosion hydrique diffuse.
- **ERRUISSOL – risque de ruissellement diffus** ([ERRUISSOL - Risque de ruissellement diffus | Géoportail de la Wallonie](#)) : Les cartes des zones à risque de ruissellement diffus représentent le taux (coefficient) de ruissellement potentiel sur le territoire wallon. Elles ont été établies sur base

¹⁰² Directive 2007/2/CE établissant une infrastructure d'information géographique dans la Communauté européenne (Inspire)

de la méthode SCS. La méthodologie définit le taux de ruissellement potentiel en réponse à une pluie de référence, fixée en intensité, durée et fréquence. Cette cartographie permet de mettre en évidence des zones productrices de ruissellement, et ce uniquement sur les terres agricoles et forestières. Elle ne prend pas en compte les zones urbanisées ni les dimensions des ouvrages d'art pouvant récolter les écoulements de surface.

- **LIDAXES – axe de concentration du ruissellement** ([La carte des axes de concentration du ruissellement LIDAXES | Géoportail de la Wallonie](#)) : Cette couche de données vectorielle représente les axes de concentration naturels des eaux de ruissellement, qui correspondent aux thalwegs, vallées et vallons secs, établis sur base du MNT LiDAR 2013-2014. La cartographie des axes de concentration naturels des eaux de ruissellement (LiDAXES) 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.
- **Contextes écologiques marginaux et sensibles** ([Contextes écologiques marginaux et sensibles | Géoportail de la Wallonie](#)) : Cette couche de données identifie les sols sur lesquels existent de nombreux enjeux en termes de biodiversité et de SE associés. Dans le cadre de cette couche :
 - les contextes écologiques marginaux sont définis comme les contextes dans lesquels la mise en œuvre d'activités de productions agricoles et sylvicoles intensives nécessite des investissements lourds et induit une rentabilité faible ;
 - les contextes écologiques sensibles sont définis comme les contextes dans lesquels les enjeux écologiques (biodiversité et/ou SE) sont importants sans être particulièrement contraignants en termes de productivité. Dans les contextes écologiques sensibles, on trouvera notamment les sols alluviaux et colluviaux plus secs, dont la richesse édaphique ne permet pas une inclusion dans la première définition. Il est toutefois évident que ces sols sont d'un plus grand potentiel biologique que d'autres sols secs et qu'ils ont une plus grande capacité à contribuer à des SE de régulation (protection contre l'érosion, maintien des habitats tout au long du cycle de vie des espèces ...).
- **Banque de Données de l'Etat des Sols (BDES)** ([Banque de Données de l'Etat des Sols \(BDES\) | Géoportail de la Wallonie](#)) : Cette couche de données recense les parcelles cadastrales reprises à l'inventaire des terrains pollués et potentiellement pollués en Région wallonne, qui distingue les sites selon si des démarches de gestion des sols ont été réalisées ou sont à prévoir, de celles qui sont concernées par des informations de nature strictement indicative ne menant à aucune obligation, selon le Décret « Sols ». Sont donc précisées des informations historiques en lien avec d'anciennes activités ou installations à risque pour le sol.

Au-delà de ces couches de données, la Wallonie est dotée d'importantes données géologiques sur son territoire, avec la :

- **Carte géologique de Wallonie** ([Carte Géologique de Wallonie | Géoportail de la Wallonie \(http://geologie.wallonie.be\)](#)) : Cet assemblage des planches publiées dans le cadre du Programme de révision de la Carte géologique de Wallonie est destiné à la diffusion via un Web Service Cartographique.
- **Données géologiques de base** ([Données géologiques de base \(GEOLOGIE\) - Série | Géoportail de la Wallonie \(http://geologie.wallonie.be\)](#)) : Jeu de données rassemblant les informations collectées par les géologues sur le terrain ou dans les archives dans le cadre du Programme de révision de la Carte géologique de Wallonie.
Il reprend les couches suivantes :
 - Etat d'avancement : planches de la Carte géologique de Wallonie pour lesquelles les affleurements et sondages sont disponibles.
 - Affleurements : observations en surface (carrières, talus ou pointements rocheux) et observations géomorphologiques.
 - Sondages : observations sous la surface (forages profonds, puits, sondages à la tarière).Chaque site est relié à une fiche reprenant les descriptions et interprétations effectuées par les géologues.
Les tracés de la carte géologique sont effectués sur le fond topographique IGN 1/10 000 (ancienne version et ancien découpage - TOP10S; éditions réparties entre 1977 et 1993). La superposition des couches du jeu de données avec un fond IGN inadéquat peut entraîner des incompréhensions géologiques.

Pour les données issues de l'Inventaire Permanent des Ressources Forestières Wallon (IPRFW) et du réseau REQUASUD, leur description est la suivante :

- **Base de données Sols de REQUASUD (ASBL REQUASUD) (Base de données – Requasud)** : cette série de couches de données constitue un référentiel régional en matière d'analyses de terre permettant un diagnostic de la qualité des sols agricoles wallons car elle centralise les résultats d'analyses de terre réalisées par les laboratoires provinciaux et issues d'échantillons composites prélevés au sein de parcelles agricoles (cultures et prairies), de potagers et de vergers. Son objectif global est de constater l'état de fertilité des terres en région wallonne. Elle est utilisée pour réaliser un diagnostic agronomique des sols, effectuer le bilan édaphique de chaque année culturale, dispenser un rapport d'analyse et des conseils stratégiques aux agriculteurs, notamment en matière de fumure et de suivi environnemental, et mettre en évidence des tendances dans la qualité des sols. Cette base de données constitue également un outil précieux pour la recherche agronomique sur les sols wallons. Au total, 21 paramètres sont analysés en laboratoire : pH du sol, taux de carbone organique, teneurs en éléments nutritifs disponibles (Azote total, Phosphore, potassium, Calcium, etc.), dosage des éléments traces métalliques (ETM), etc. Tous les paramètres ne sont pas systématiquement analysés. D'autres informations, telles que la signalétique (coordonnées géographiques, code postal, etc.), la texture, l'occupation du sol, profondeur, etc. sont renseignées (à titre obligatoire ou optionnel). Ces cartes sont disponibles via l'application REQUASOL (<https://requasol.requasud.be/>) et dans les brochures de REQUASUD.
- **Inventaire permanent forestier (IPRFW) (Inventaire permanent des ressources forestières de Wallonie IPRFW)** : Cet inventaire est un outil qui organise la caractérisation en continu des zones forestières de l'ensemble du territoire régional par échantillonnage. Seule une fraction des forêts, considérée comme représentative de l'ensemble, est caractérisée. Les données obtenues sont rassemblées puis extrapolées aux surfaces qu'elles représentent pour fournir des résultats moyens à l'échelle de la Région. Les parcelles de forêt qui font l'objet de l'inventaire sont réparties de manière systématique dans l'espace : tous les 500 m dans la direction Nord-Sud et tous les 1.000 m dans la direction Est-Ouest, ce qui correspond à 1 point par 50 ha de territoire. Les observations et les mesures sont réalisées dans des périmètres précisément délimités dans l'espace, les "unités d'observation" notées U.O. (également appelées unités d'échantillonnage ou U.E.). Sur base du maillage rectangulaire de la grille d'inventaire, les U.O. sont réparties de manière homogène sur l'ensemble du territoire, le taux de sondage étant constant quel que soit le type d'occupation du sol. Chaque année, environ 10 % des U.E. forestières font ainsi l'objet de mesures et d'observations (informations générales et caractéristiques des individus, des milieux – dont la pédologie, et du peuplement).

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 sols¹⁰³, les unités écologiques homogènes¹⁰⁴ ou encore la carte des liaisons écologiques¹⁰⁵.

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))¹⁰⁶, les zones de consultation de la DRIGM (zones pour lesquelles il est nécessaire de consulter la Direction des Risques industriels, géologiques et miniers (DRIGM)¹⁰⁷, 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.

6.4. **Ce que l'on peut retenir**

6.4.1 Diversité dans les données mises à disposition

Le présent état de l'art met en évidence l'existence de nombreuses sources d'informations sur les sols en France et en Wallonie, aussi bien sur des sols agricoles que sur des sols urbains en France même si en Wallonie les bases de données sur les sols urbains sont moins développées. Pour autant, la disponibilité,

¹⁰³ [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](#)

¹⁰⁴ [LifeWatch - Ecotopes \(v.2.9-2015\) - Service de visualisation WMS | Géoportail de la Wallonie](#)

¹⁰⁵ [Liaisons écologiques – Article D.II.2, §2, alinéa 4 | Géoportail de la Wallonie](#)

¹⁰⁶ [Sites à réaménager de droit \(SAR\) | Géoportail de la Wallonie](#)

¹⁰⁷ [Zones de consultation de la DRIGM - Série | Géoportail de la Wallonie](#)

le format et la diffusion de ces données en France restent hétérogènes, notamment en fonction des producteurs et/ou des gestionnaires de ces données. Ces aspects mettent en difficulté la réutilisation de ces données de manière globale et homogène sur l'ensemble du territoire français. Par contre en Wallonie depuis 1998 les données, métadonnées et services sont des standards interopérables ce qui permet une pratique aisée.

De nombreuses initiatives, sont mises en avant, et aussi bien publiques que privées, pour avoir une meilleure connaissance de la qualité des sols. Leurs objectifs sont divers en France : à des fins d'utilisation pour un usage agricole, pour établir un fond pédogéochimique et ainsi définir des valeurs de référence pour gérer un site pollué, ou encore pour évaluer les changements sur les sols (perte de matière organique par ex) avec le temps (Tableau 5). Les initiatives à l'échelle d'une métropole, qui concernent principalement le milieu urbain, bancarisent les données, afin de mieux gérer les sites pollués et la planification du réaménagement de leur territoire.

Plusieurs recherches ont jeté des balises pour une meilleure compréhension de la qualité des sols en Wallonie notamment la recherche Nature Value Explorer, ou encore la recherche URBERSOL conduite par l'ULiège et qui a pour objectif d'étudier les SE rendus par les sols des espaces verts urbains en vue du développement d'un guide méthodologique pour un aménagement urbain durable, ou encore le projet SANISOL qui s'intéresse aux transferts de polluants du sol vers les plantes et met à disposition un outil de recommandation à destination des jardiniers privés. En écho aux travaux repris plus haut, les activités de recherche ont également approfondi les connaissances sur les dynamiques d'artificialisation du sol en Wallonie.

Il est rappelé que les sources de données étudiées dans SOILval sont l'ensemble des données dites de référence sur la qualité des sols. Cette qualité des sols est qualifiée aujourd'hui en France ou en Wallonie principalement à partir de données sur les paramètres physiques, chimiques, biologiques mesurés dans les sols. Les **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présentent les objectifs visés par les sources de données étudiées respectivement pour la France et pour la Wallonie, en lien avec cette qualité des sols.

Programme/ base de données/pro jet	Couvertur e géographi que	Types de sols visés		Objectifs initiaux								
		Sols agricoles/n aturels	Sols urbains	Evaluer la qualité des sols artificialisé s	Evaluer la qualité des sols non- artificialisé s	Evaluer la fertilité (caractéris ation physico- chimique) pour un usage agricole	Evaluer les impacts naturels sur les sols	Evaluer les impacts anthropiq ues sur les sols	Réutilisati on des terres excavées	Infiltrati on des eaux pluviale s urbaine s	Connais sance général e des sols	
IGCS (DoneSol)	nationale	x			x	X						X
RMQS (DoneSol)	nationale	x	(x) (quelqu es sites)	(X)	x	X	x	x				X
BDETM	nationale	x			x			x				x
BDAT	nationale	x			x	X						X
BDSoIU	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	départeme ntale	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 5. Objectifs initiaux et types de sols visés par les programmes/ bases de données intégrant la notion de qualité des sols en France.

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 (caractérisation physico-chimique) pour un usage agricole	Evaluer les impacts naturels sur les sols	Evaluer les impacts anthropiques sur les sols	Réutilisation des terres excavées	Infiltration des eaux pluviales urbaines	Connaisance générale des sols	
Carte numérique des sols de Wallonie (CNSW)	territorial	x	X ¹	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
CARBIOCOL	territorial	x			x		x	x				x
ERRUISSOLL (érosion et ruissellement)	territorial	x		x	x		x	x			x	
LIDAXES	territorial	x					x	x			x	
BDES	territorial ²	x	x					x	x			

1 Les sols urbains ne sont pas tous cartographiés sur la Wallonie

2 Selon inventaire des terrains pollués et potentiellement pollués et opportunités d'analyses

Tableau 6. Objectifs visés par les couches de données intégrant la notion de qualité des sols en Wallonie.

6.4.2 Différence de couverture de données entre zones urbaines et zones agricoles

La connaissance sur les sols en France existe sur l'ensemble du territoire français, grâce notamment aux importants programmes coordonnés depuis 20 ans par le GIS SoL. Des initiatives plus locales, à l'échelle d'un territoire ou d'un département sont menées depuis quelques années pour compléter ce panel, en fonction des problématiques rencontrées par ces territoires : pollution des sols, planification de réaménagement, qualité agronomique des sols, etc. Les campagnes de collecte ont principalement été réalisées sur des sols agricoles ou forestiers, qui restent donc la principale source d'informations sur la qualité des sols, aussi bien chimique, physique que biologique (Tableau 5 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). La Wallonie présente globalement les mêmes ressources que la France avec des données sols issues de couches de données telles que celles des différentes cartes des sols ou des réseaux de suivi des sols agricoles ou forestiers. Les données de sols agricoles issues des analyses de routine faites par les agriculteurs auprès des laboratoires provinciaux du réseau Requasud complètent le dispositif de même que les données réalisées dans le cadre légal (décret Sols, terres excavées, valorisation des boues d'épuration en agriculture, gestion des sédiments, ...). Enfin signalons les données réalisées ponctuellement à travers des projets de recherche comme cela a déjà été évoqué.

Aujourd'hui, les données en lien avec la qualité chimique, physique ou biologique en milieu urbain restent encore limitées en France. Il existe des bases de données telles que BASIAS¹⁰⁸, qui renseigne la typologie des activités mais ne donne pas d'informations sur la qualité des sols, ou encore BASOL qui recense depuis 1994, les sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif. BASIAS (Art. R.125-48 du code de l'environnement) évolue vers CASIAS (Art. R. 410-15-1-I.), avec pour objectif de préciser l'emprise des sites à l'échelle du parcellaire cadastral (Branchu et al., 2021). Ainsi, à défaut de connaissances sur les sols urbains, la gestion des friches ou des sites pollués en contexte urbain se réfère donc souvent aux données collectées en milieu rural. De même, la typologie des sols urbains reste encore méconnue (distinction entre technosols ou anthroposols). Des projets de recherche et les métropoles tendent à améliorer ces connaissances, mais certains territoires restent encore limités. Par ailleurs, des cartes pédologiques et géologiques des sols urbains sont aujourd'hui lacunaires tant en France qu'en Wallonie.

¹⁰⁸ Accessible sur le site internet Georisques : <http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/inventaire-historique-des-sites-industriels-et-activites-de-service-basias#/>

Les données sur les propriétés physiques et chimiques des sols restent les mieux renseignées dans les bases de données recensées en France et en Wallonie. Les données biologiques et microbiologiques sont lacunaires, notamment pour la mise en œuvre de solutions techniques telles que la restauration écologique ainsi qu'en Wallonie même si une réflexion a déjà été poursuivie en Wallonie dans le cadre du projet CARBIOSOL qui est repris sur le géoportail WaLONMap.

6.4.3 Standardisation de la collecte des données mais manque de référentiels

En France et en Wallonie, on peut noter que divers protocoles, méthodes d'analyse ou de mesures, bien qu'ils aient évolué au cours du temps (méthodes de minéralisation par exemple pour la recherche de métaux et métalloïdes) sont standardisés voire normalisés, mais la plupart des référentiels sont encore en construction en France (Blanchart et al., 2019). L'évaluation des fonctions du sol nécessite encore l'acquisition de connaissances nouvelles qui se traduit en France par une recherche très active sur ce sujet (Blanchart et al., 2019). On assiste à l'heure actuelle à la recherche d'une plus grande opérationnalité dans la mise en œuvre des méthodes de mesure des paramètres physico-chimiques. La mesure des paramètres biologiques fait l'objet de développements importants mais nécessite encore d'acquérir des retours d'expériences et d'améliorer les référentiels d'interprétation. » Cette préoccupation est également présente en Wallonie.

Pour autant, il se développe des référentiels, notamment avec le RMQS, avec actuellement l'inclusion de protocoles sur la biodiversité. Le projet Agro-eco-sol d'AUREA (<https://www.aurea.eu/conseil-2/services-2/>) développe également des référentiels d'interprétation sur la biologie des sols agricoles en s'appuyant dans un premier temps sur les bases de données du GIS Sol. Au niveau européen, une action Européenne COST, appelée Eudaphobase, a pour objectif de rassembler toutes les bases de données sur la biodiversité des sols (<https://www.eudaphobase.eu/>). La base de données sera gérée par le Museum de Senckenberg.

Si les méthodes d'analyse sont souvent décrites et explicitées, il n'en est pas toujours de même avec les stratégies ou même les méthodes d'échantillonnage. Ces dernières devraient également être réfléchies ou mieux décrites en fonction des objectifs (ex : représentativité statistique, cartographie). En effet, en fonction du choix des points de collecte et de la manière (ex : profondeur) d'échantillonner, il ne sera pas toujours possible d'utiliser ces informations pour réaliser des cartes ou être représentatif d'une zone donnée.

6.4.4 Mise disposition des données et perspectives d'évolution

La mise à disposition au public en France des données collectées dans le cadre de projets publics ou privées reste difficile (Tableau 7) alors qu'elle est plus simple en Wallonie même si l'infrastructure informatique est encore appelée à évoluer et certains concepts clarifiés. L'encadrement légal de la mise à disposition des données en regard des finalités poursuivies et du respect de la protection des données privées, de même que la documentation permettant la bonne interprétation des données mises à disposition constituent les conditions indispensables pour le développement de l'accès du public aux informations.

Les conditions d'accès aux données sont d'autant plus contraignantes en France pour la qualité chimique d'un sol en zone urbaine, pour laquelle la sensibilité des données est accrue en lien avec des pollutions qui pourraient être mises en évidence (acceptabilité sociale, risques sanitaires, spéculation foncière etc.). Ainsi, les données à l'échelle d'une métropole restent généralement disponibles aux acteurs directement impliqués dans cette démarche, mais ne sont pas diffusées à l'extérieur. De même, certains bureaux d'étude spécialisés en sites et sols pollués mènent leur propre bancarisation de données sur les sols en lien avec des études de gestion d'un site pollué sur un territoire. En Wallonie, la future carte régionale wallonne des concentrations de fond devrait compléter utilement l'information déjà présente dans la base de données de l'état des sols (BDES).

Pour autant, il semble qu'une volonté commune de l'ensemble des acteurs en France, d'une migration des données collectées en milieu urbain ou en milieu rural, vers des bases de données géoréférencées et interopérables, se développe. Par exemple, la base de données BDSolU, initialement construite pour bancariser des données chimiques sur les sols superficiels urbains, collectées spécifiquement pour réaliser des fonds pédo-géochimiques urbains, s'ouvre vers d'autres types de données, afin de répondre à une demande accrue d'un « guichet unique » pour bancariser des informations de qualité chimique sur les sols (sols profonds, sols prélevés sur des zones polluées, etc.). En effet, (Blanchart et al., 2019) souligne le besoin en « Développement de plateformes de stockage d'informations pour favoriser le partage des données et la construction de référentiels; en passant par des structures centralisées qui favorisent l'alimentation et la communication entre les bases de données existantes (ex : DoneSol pour les données agronomiques et pédologiques (Inra) et BDSolU pour les données géochimiques (BRGM)). Des web services

faisant appel aux standards OGC¹⁰⁹ et répondant aux exigences de la directive INSPIRE sont aussi développés autour de cette base et désormais autour de Donesol pour permettre une large interopérabilité des données.

Cette interopérabilité entre les différentes bases de données géographiques est déjà implantée en Wallonie, au travers du géoportail wallon et de WalOnMap. En effet, comme décrit plus haut, l'ouverture de l'accès aux données wallonnes permet une consultation par un large public.

Pour autant, il est constaté une demande d'une plus grande facilité de compréhension et d'usage de ces données de la part d'utilisateurs non experts. Il apparaît ainsi nécessaire de former à l'utilisation de la plateforme GIS WalOnMap pour améliorer l'appropriation ou l'interprétation des bases de données sols et sous-sols par les acteurs de l'aménagement du territoire.

La carte numérique des sols de Wallonie basée sur la carte des sols de la Belgique, qui a servi à déterminer l'aptitude des sols à l'agriculture mais aussi la production résiliente en forêt (fichier écologique des essences forestières), et la rétention en eau devrait également évoluer. Elle a toutefois déjà servi à des réflexions en termes de SE (projet Nature Value Explorer), fonctions et valeurs des sols.

L'évolution de la plateforme devrait faire l'objet d'un travail avec les différents types d'utilisateurs pour rencontrer l'ensemble des attentes, et notamment celles de la formation des utilisateurs. Il faut également relever les investissements importants nécessaires à la production de données avant d'envisager leurs diffusions.

Bases de données	Couverture géographique	Types de sols visés		Mise à disposition des données
		Sols agricoles/naturels	Sols urbains	
IGCS (DoneSol)	nationale	x		L'information sur le sol dominant est libre (sur le géoportail) mais l'accès à la donnée brute peut être soumis à autorisation (variable selon les propriétaires)
RMOS (DoneSol)	nationale	x	(x) (quelques sites)	Informations cartographiques et statistiques libres sur le dataverse et le géoserveur INRAE (mais les coordonnées géographiques des points sont dégradées)
BDETM	nationale	x		Informations cartographique et statistique libres sur le dataverse et le géoserveur INRAE (mais les données brutes sont protégées)
BDAT	nationale	x		Informations cartographique et statistique libres sur le dataverse et le géoserveur INRAE (mais les données brutes sont protégées)
BDSolU	nationale	x	x	Libre (données brutes sous réserve de l'accord du propriétaire et interprétées)
ASPITET	nationale	x		Libre (statistiques)
Inventaire minier national	nationale	x		Libre
RENECOFOR	nationale	x		Restreint
ORB	nationale	x	x	Libre (données interprétées)
GeoBaPa	territoriale	x	x	Libre (données interprétées)
METOTRASS	départementale	x		Restreint
RMOS Biodiversité	région	x		Libre (données interprétées)
PHOEBUS (idem Tours, Lyon, Brest)	métropole	x (sur territoire de la Métropole de Rennes)	x	Libre (données interprétées)
SUPRA	métropole		x	Libre (versement dans BDSolU et dans DoneSol)

Tableau 7 - Mise à disposition des bases de données intégrant la notion de qualité des sols en France

¹⁰⁹ OGC : Open Geospatial Consortium (https://fr.wikipedia.org/wiki/Open_Geospatial_Consortium)

6.4.5 Quel apport des bases dans la planification du territoire et l'aménagement de sites

En Wallonie, le croisement des données sur la qualité des sols et aménagement du territoire est assez aisé sur le géoportail WaLOnMap. Cependant, une appropriation de ces mécanismes par l'ensemble des acteurs et son évolution, voire un approfondissement des informations sur la qualité des sols en Wallonie, devraient être envisagées.

Aujourd'hui, on observe tant en France qu'en Wallonie le besoin d'approfondir la connaissance et l'accès à cette connaissance sur la qualité des sols, exprimé dans un certain nombre de projets R&D qui cherchent à répondre aux besoins de l'aménagement du territoire. Le besoin d'approfondissement de la connaissance sur la qualité des sols se fait sentir pour 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. Le projet R&D SUPRA par exemple essaie de répondre à ces attentes. Il a en effet 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.

En Wallonie, outre cette connaissance sur la qualité géochimique des sols ainsi que sur les gisements archéologiques du sol et du sous-sol, les recherches menées par les centres de recherches de l'UCLouvain, ULiège et l'ULB au sein de la Conférence Permanente du Développement Territorial (CPDT) ont été orientées depuis plus de vingt ans vers une compréhension plus fine de l'évolution de l'artificialisation afin de guider les projets d'aménagement du territoire et d'urbanisme vers plus de durabilité (Godart and Ruelle, 2019; Grandjean, 2016; Jungers et al., 2015; Lorquet et al., 2020). En effet, les données sur la connaissance des sols sont indispensables pour évaluer la dégradation des sols telle que l'artificialisation mais aussi pour la mise en œuvre et le suivi des solutions de refonctionnalisation dans les projets de réaménagement en contexte de ZAN (voir les solutions de refonctionnalisation au chapitre 3). Les données existantes sur la qualité des sols en France ou en Wallonie, selon le contenu qu'elles couvrent, peuvent également venir alimenter l'utilisation d'outils d'aide à la décision en appui à la refonctionnalisation des sols en appui au ZAN (présentés dans le chapitre 0 suivant).

La France et la Wallonie ont initié une réflexion sur le suivi de l'artificialisation des sols (depuis l'enquête de l'Agence européenne EUROSTAT auprès des Etats membres sur le suivi de l'artificialisation des sols) pour permettre de chiffrer l'artificialisation et l'imperméabilisation, pour en dégager l'évolution et atteindre les objectifs ZAN d'ici 2050. Selon (Feix, 2020), *la mesure de l'artificialisation nécessitent des mesures et des observations de terrain, dont une partie est regroupée sous forme de cartes pédologiques et de bases de données « sols » mises à disposition par le GIS Sol. Un travail est néanmoins encore nécessaire pour traduire les informations détenues par le GIS Sol en indicateurs de qualité des sols (fonctions écologiques et/ou SE par exemple) ou de dégradation des sols, pour établir les référentiels, pour définir des seuils ou notes de qualité et pour mettre tout ceci à disposition.*

Bien avant, la sortie de la loi climat et Résilience 2021 et sa définition de l'artificialisation, certaines régions françaises comme la Région Normandie ou Occitanie ont initié un travail d'étude de l'évolution de l'artificialisation des sols sur leur territoire. Aujourd'hui, la France est en attente de décrets spécifiant la mesure concrète de l'artificialisation et du ZAN. L'état de l'Environnement Wallon édite une carte de référence du suivi de l'artificialisation du sol. Outre les projets de recherche déjà cités, une démarche est en cours pour établir une typologie des sols artificialisés. L'inventaire des friches industrielles est réactualisé actuellement avec une identification des Sites A Réaménager (SAR) de fait sur base d'orthophotoplans (inventaires SAR – Site à Réaménager).

Également la mise en œuvre et le suivi de mesures d'évitement, réduction ou compensation de l'artificialisation en appui au ZAN nécessitent une connaissance solide des sols et des milieux afin que celles-ci soient efficaces. Il s'avère nécessaire que les données sur les sols soient bancarisées de manière homogène sur l'ensemble du territoire, malgré le fait que les régions, départements, communes, consortium de projets travaillent de manière isolée, et que cette bancarisation soit anticipée et réfléchie avant le lancement du projet afin de gagner en efficacité et en temps. Le Tableau 7 met en avant la couverture géographique des bases de données française et quels appuis elles peuvent théoriquement apporter selon le niveau de résolution (pour la planification régionale/intercommunale ou à « échelle de site »).

6.4.5 Format des données

En Wallonie, le Géoportail wallon présente une interopérabilité sur base d'une structure commune des métadonnées en correspondance avec les obligations de la directive INSPIRE.

En France, le projet MUSE met en évidence la diversité des formats de bancarisation des données de qualité des sols en France, qui représente un frein à l'utilisation des données (Branchu et al., 2021). En effet, les métropoles ou consortium de projets ont créé leurs bases pour répondre à leurs propres besoins, de manière isolée. La question de la nécessité de mutualisation des informations dans des bases uniques est assez récente et s'est souvent posée après le lancement du projet. Aujourd'hui en France, le versement de ces données dans les bases géo référencées (BDSOLU et Donesol) met en évidence des problèmes de format des données et de leurs métadonnées. Il nécessite une saisie manuelle de certaines informations afin de pouvoir les exploiter sous forme cartographique notamment. Ces manipulations demandent du temps et de l'argent qui restent aujourd'hui difficiles à trouver.

De même, des formats de mise à disposition de ces données au public, s'avèrent également hétérogènes, ceci en lien avec les usages et les objectifs des projets ou de la bancarisation. Ils peuvent être sous forme brute, cartographique ou statistique. Les producteurs de données privilégient en général la mise à disposition des données sous forme interprétée, plutôt que brute, pour éviter tout problème d'interprétation par l'utilisateur de la donnée (au-delà du problème de la propriété de la donnée).

7. Les outils d'aide à la décision en appui à la refonctionnalisation des sols

7.1. Introduction

Un examen critique des publications sur la qualité des sols et sur les outils d'évaluation a été réalisé en 2018 notamment en ce qui concerne les indicateurs de qualité des sols, en termes de points communs, de différences significatives et d'omissions. Les outils/méthodes associés à l'évaluation de la qualité du sol ont changé dans le temps (Figure 20). La revue se focalisant sur les indicateurs de qualité des sols en contexte agricole, a mis en avant qu'une évaluation explicite de la qualité du sol (menaces pesant sur le sol, les fonctions du sol et les SE) a rarement été mise en œuvre jusqu'à récemment, et peu d'approches ou outils accompagnent sur l'interprétation de l'ensemble des indicateurs à mesurer.



Fig. 5. Main objectives, tools and approaches of soil quality assessment through history.

Figure 20 - Outils et approches intégrant la qualité des sols à travers le temps source: (Bünemann et al., 2018)

En effet, des outils d'aide à la décision (OAD) ont émergé seulement ces dernières années pour aider à une meilleure prise en compte de la qualité écologique, principalement en termes des fonctions des sols (via des indicateurs) pour les écosystèmes agricoles, forestier et urbains. Ces OAD peuvent appuyer un projet de refonctionnalisation des sols et encourager le renforcement, le rétablissement ou la création de la fonctionnalité générale ou spécifique du milieu sol, en agissant sur les propriétés du sol attendu. 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 relatifs à l'évaluation de la qualité des sols, semblent principalement s'intéresser à l'échelle de la parcelle agricole et/ou urbaine. L'échelle du territoire est parfois intégrée (Blanchart et al., 2019).

En en contexte agricole ou forestier, des projets ou outils récents ont par ailleurs cherché à intégrer les fonctions écologiques sols et SE associés, en proposant pour certains des indicateurs de la qualité des sols ou de SE. En France, par exemple INSENSE¹¹⁰, et PROSOL¹¹¹ ont développés des approches et OAD à appliquer en milieux forestier. Les projets REVA¹¹², AgroEcoSol¹¹³, Landmark, SOiSERV ont été mis en œuvre pour le milieu agricole. L'OAD AgroEcoSol permet d'intégrer les fonctions/SE à l'échelle de la parcelle agricole (support de la production, stockage du carbone, limitation des émissions de gaz à effets de serre, régulation des bio-agresseurs, bioremédiation...). L'OAD « Soil Navigator DSS »¹¹⁴ développé dans le cadre du projet Landmark permet d'évaluer et optimiser les fonctions du sols dans le cadre des pratique agricoles à l'échelle de la parcelle. Également, l'approche SOiSERV en appui à la gestion agricole a permis de quantifier une diversité de SE grâce à de la modélisation. Il a visé à consolider les méthodes

¹¹⁰ 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)

¹¹¹ 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)

¹¹² REVA : Réseau d'expérimentation et de veille à l'innovation agricole (<https://www.ofsv.org/le-reva/>)

¹¹³ 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/>)

¹¹⁴ <https://landmark2020.eu/pillars/soil-navigator-pillar1/>

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 (voir section 1.2 ci-après). Cependant, dans l'esprit, certains outils web permettant de prendre des décisions relatives à l'adéquation de pratiques d'utilisation du sol sur base de sa qualité peuvent s'y apparenter. Dans le domaine forestier, on peut citer par exemple « le fichier écologique des essences »¹¹⁵, pour le choix des essences à planter en forêt ou pour établir un diagnostic sur l'adéquation essence-station dans le cadre de diverses questions de gestion (régénération naturelle, santé des forêts, avenir des peuplements dans les changements climatiques, etc.). Il est accessible à partir d'un portail numérique en libre accès. Cet outil met en avant les différentes fonctions écologiques, économiques et sociales des forêts. Dans le registre du jardinage et de l'essor de l'agriculture urbaine, l'outil web SANISOL¹¹⁶ est mis à disposition de tout jardinier wallon pour délivrer des recommandations spécifiques sur base de la qualité du sol cultivé (teneur en éléments traces métalliques et paramètres de base) et du profil de l'utilisateur (âge, fréquence de jardinage, fruits et légumes cultivés, taux d'autoconsommation). Cet outil réalise une évaluation des risques sanitaires et une estimation de la qualité de la production potagère, et permet d'adapter les pratiques de jardinage, dont le choix des variétés à privilégier, à la qualité du sol rencontrée.

D'après Drobniak (2018), les méthodes d'évaluation de la qualité des sols dédiées à la planification urbaine sont peu nombreuses. Elles apparaissent en outre très hétérogènes. Les partenaires SOILval proposent ainsi une revue non exhaustive des outils d'aide à la décision français et wallon en appui à la refonctionnalisation des sols artificialisés. Un focus est proposé sur les outils développés à ce jour, qui peuvent venir en appui sur un projet de refonctionnalisation de sols artificialisés à l'échelle de la parcelle que ce soit dans un projet de réaménagement urbain voire de restauration écologique, intégrant les concepts de fonctions écologiques des sols et ou de SE. Cette revue est commune à la France et à la Wallonie. La revue fait ressortir après un bref descriptif des OAD, les différents objectifs visés, quelle prise en compte de la qualité écologique des sols, le potentiel de transfert de connaissance, quelles parties prenantes devraient s'impliquer pour leur mise en œuvre, leur intérêt/applicabilité vis-à-vis de la mise en œuvre du ZAN.

7.2. Les OAD en appui à la refonctionnalisation des sols artificialisés revus dans SOILval

Les OAD français et wallons qui ont été revus dans le cadre de SOILval sont résumés dans le Tableau 8 et décrits ensuite brièvement dans des paragraphes séparés. Les OAD développés sous forme d'outils numériques, reposent le plus souvent sur des approches multicritères, pouvant proposer des croisements de données géographiques, de la monétarisation, voire de la modélisation, etc. Les résultats bruts obtenus peuvent être sous forme cartographique, graphique, numérique ou textuel. On peut distinguer les outils selon si leur démarche intègre la qualité du sol avec une approche « fonctions du sol » combinée avec une évaluation des SE et ceux qui se concentrent uniquement sur l'approche par les SE. L'ensemble des outils revus s'appliquent principalement aux sols artificialisés, et par conséquent aux écosystèmes urbains. Les OAD listés dans ce tableau (Tableau 8) sont également mis en avant par les réseaux URBASOL et/ou Wal-ES pour la France et la Wallonie respectivement.

Nom de l'OAD	Objectifs majeurs de l'OAD	Intégrations des fonctions du sol	Intégration des SE	Pour plus d'informations
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	X		https://www.cerema.fr/fr/actualites/projet-recherche-destisol

¹¹⁵ <https://www.fichierecologique.be/resources/FO143-12-19.pdf>

¹¹⁶ <http://sanisol.wallonie.be/>

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	X	X	https://bibliothèque.ademe.fr/sols-pollues/3770-enjeux-de-la-reconversion-d-une-friche-et-comment-evaluer-la-rehabilitation-ecologique-d-un-sol-degrade.html
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	X	X	infoterre.brgm.fr/rapports/RP-68659-FR.pdf
RECORD 1 (Fr)	Mesure de la biodiversité et évaluation des SE des milieux restaurés. Méthodes et retours d'expériences	X	X	https://record-net.org/rapports/en-savoir-plus/209
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	X	X	https://record-net.org/rapports/en-savoir-plus/226
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.		X	https://services.ecosystemiques.wallonie.be/en/nature-value-explorer.html?IDC=5948&IDD=4102
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.	X		https://sol.environnement.wallonie.be/home/sols/sols-pollues/code-wallon-de-bonnes-pratiques--cwbp-/projet-dassainissement.html
Bénéfriches (Fr)	Evaluer les bénéfices socio-économiques de la reconversion de friches pour lutter contre l'artificialisation. Outil BENEFRICHES		X	https://bibliothèque.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/3772-evaluer-les-benefices-socio-economiques-de-la-reconversion-de-friches-pour-lutter-contre-l-artificialisation-outil-benefriches.html

Tableau 8 - Les outils d'aide à la décision (AOD) recensés dans le cadre du projet SOILval qui permettent de considérer les fonctions écologiques des sols artificialisés à l'échelle de la parcelle

Outil DESTISOL

Cet OAD est issu du projet DESTISOL cofinancé par l'ADEME. Il propose une méthodologie avec un calcul d'indicateurs qui cherche à trouver des solutions en aménagement qui maximisent l'obtention de SE (Blanchart, 2018). Cette méthodologie propose d'aller au-delà de la démarche actuelle de diagnostics de pollution et d'identification des propriétés géomécaniques en amont d'un projet de réaménagement, avec une prise en compte globale de la qualité des sols (en terme de fonctions) et des SE associés pour un usage donné. Les modalités de mise en œuvre de ce diagnostic élargi s'intègrent dans l'approche actuelle et ne nécessitent pas de moyens significativement supérieurs. La démarche DESTISOL vise ainsi à accompagner l'aménageur en facilitant la prise de décisions à différentes étapes du projet. 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 (Cherel et al., 2017; Séré et al., 2018). Les rapports méthodologiques sont accessibles à partir du site de l'ADEME.

Approche Bio-TUBES

Le projet Bio-TUBES (2018-2020) cofinancé par l'ADEME a permis de proposer une démarche d'évaluation des fonctions du sol et des SE dans le cadre de réhabilitation écologique de sites dégradés, Cette démarche repose sur deux volets. Un premier pour évaluer les fonctions du sol à partir la mesure de processus écologiques du sol et la prise en compte des fonctions des sols réhabilités pour en évaluer l'état

fonctionnel. Concrètement elle propose la sélection d'indicateurs pour une évaluation de plusieurs fonctions de régulation sur lesquelles reposent des SE associés. Le projet a pu montrer qu'avec un nombre restreint de paramètres physico-chimiques et biologiques, il est possible de rendre compte des fonctions écologiques rendus par les sols suite à la mise en œuvre de solutions techniques distinctes (technosol versus génie écologique). Une deuxième démarche est proposée reposant sur une méthode d'évaluation économique des SE avec prise en compte des bénéficiaires dépendant des usagers des sols selon différents scénarios de gestion sur un même site (Tagourdeau et al., 2020). Les rapports méthodologiques et tests réalisés sont accessibles à partir du site de l'ADEME.

Mel fonctions du sol

Le projet MEL fonction du SOL cofinancé par la Métropole Européenne Lilloise (MEL) a permis de développer une approche pour permettre 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. Le cadre conceptuel encourage une démarche de comparaison entre « l'état zéro » de la parcelle, et « son état reconverti », c'est-à-dire son usage pressenti. La démarche permet d'identifier les nouveaux SE qu'un changement d'usage générerait mais également d'identifier la perte ou la dégradation de SE. Pour appuyer la visite de site et la consultation documentaire, une grille de repérage est proposée. La démarche proposée a été testée sur deux parcelles de la MEL pour illustrer l'approche à mettre en œuvre (Monfort et al., 2020; Monfort and Limasset, 2019). Le rapport méthodologique et tests réalisés sont accessibles à partir du site du BRGM.

Outil RECORD 1

L'outil RECORD 1 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. Cet outil s'adapte à une large gamme de situations définies selon les types de dégradation et de contamination observés sur le site mais également en fonction des usages visés par la restauration. Enfin, la méthodologie développée dans ce rapport a été testée à travers trois cas de restauration de sites : un crassier métallurgique phytostabilisé, une installation de stockage de déchets et une ancienne carrière restaurée en milieu humide. Cette étude ouvre des perspectives intéressantes en matière d'évaluation de la restauration de sites dégradés (Baptist et al., 2018). Le rapport méthodologique et tests réalisés sont accessibles à partir du site de l'association RECORD¹¹⁷.

Outil RECORD 2

L'outil RECORD 2 aussi appelé « Outil de conception et de suivi de la réhabilitation écologique de sites dégradés intégrant les solutions fondées sur la nature » repose sur une démarche conceptuelle et méthodologique permettant d'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. Dans une optique d'opérationnalisation, un outil Excel assorti d'une notice d'utilisation a été élaboré sur la base de cette démarche. Il permet, grâce à des données d'entrée spécifiques à un site et renseignées par son utilisateur (gestionnaire ou industriel), d'avoir accès à une liste des solutions fondées sur la nature pouvant idéalement se substituer à des solutions conventionnelles fortement impactantes. Cet outil propose par ailleurs des indicateurs de suivi des fonctions et SE permettant de mesurer le succès de la réhabilitation écologique mise en œuvre sur le site. (RECORD, 2021). Le rapport méthodologique et tests réalisés sont accessibles à partir du site de l'association RECORD¹¹⁸.

Outil Bénéfriches

L'outil BENEFRICHES accessible depuis 2020 à partir du site de l'ADEME. Il 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 (friche versus terres agricoles), voire entre différents scénarios d'usage sur une même friche (ex : logements versus parc paysager). Plus précisément, il aide à mesurer les retombées économiques, sociales et environnementales de la réhabilitation de friches, comparée à l'extension sur des terres agricoles. Le rapport méthodologique et l'outil numérique sont accessibles à partir du site de l'association RECORD (méthode et fichier Excel à télécharger)¹¹⁹.

¹¹⁷ <https://record-net.org/>

¹¹⁸ <https://record-net.org/>

¹¹⁹ [Bénéfriches : un outil pour accompagner l'aménagement - ADEME Infos](#)

Outil Nature value explorer (NVE – Wallonie)

Cet outil développé par le VITO pour l'administration flamande en collaboration avec l'Université d'Anvers, et transposé partiellement à la Wallonie, 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. Ainsi il permet une évaluation rapide de l'impact d'un changement d'utilisation des terres sur la provision des SE. Il encourage également d'aborder les choses sous un angle concret, à des fins de sensibilisation et d'information. L'outil est accessible à partir d'une plateforme dédiée « nature value explorer »¹²⁰.

Outil GAMMA (Grille d'Analyse Multicritère pour les Méthodes d'Assainissement - Wallonie)

L'outil GAMMA financé par le SPW est accessible depuis le site Sols et Déchets du SPW et s'adresse aux experts agréés au sens du Décret du 1^{er} mars 2018 relatif à la gestion et à l'assainissement des sols qui réalisent des investigations et des projets d'assainissement de sols pollués nécessitant le choix des meilleures techniques disponibles tout en respectant les objectifs du décret. GAMMA ambitionne ainsi d'articuler la notion de Meilleure Technique Disponible (MTD) à la notion d'assainissement intrinsèquement durable, cette notion consistant en une pondération des piliers Environnemental, Social (tous deux considérés au niveau local et global de façon à tenir compte d'échelles géographiques et de temps plus importantes qu'uniquement celles liées à la durée et au lieu de l'assainissement), et Economique. Les objectifs de chaque pilier sont ainsi traduits en critères pouvant être de nature quantitative ou qualitative. En particulier, le critère de « restauration de la fonctionnalité du sol » se retrouve dans l'un des objectifs du pilier Environnemental (« Minimiser l'impact résiduel de la technique sur les sols ») et se base sur le score qualitatif de la réponse à 3 questions englobant les quatre facteurs principaux considérés (la production de plante, le recyclage de la matière organique, la réserve de biodiversité et le stockage et l'épuration de l'eau). Le rapport méthodologique et l'outil numérique sont accessibles à partir du site du Département du Sol et des Déchets du SPW (méthode décrite aux pages 53 à 105 du Guide de Référence pour le Projet d'Assainissement – GRPA-V04.1, et fichier Excel à télécharger)¹²¹.

Note sur les outils intégrant la qualité des sols ou SE associés à une échelle territoriale

Les outils dédiés à l'évaluation de la qualité des sols sont un plus nombreux lorsqu'il s'agit d'apporter un appui à l'échelle de la parcelle agricole et à l'échelle d'un site en milieu urbain. Jusqu'en 2020, la plupart des outils (français) permettaient une évaluation des fonctions et assez peu (français et wallons) permettent l'évaluation des SE. D'après (Blanchart et al., 2019), en effet *peu de projets de recherche ont permis de développer des approches qui iraient jusqu'à l'évaluation d'un SE, la plupart se limitant à l'évaluation des fonctions. Si un consensus général existe concernant les fonctions mobilisées pour l'évaluation de la qualité des sols dans les projets, ce n'est pas le cas pour les SE. Les services sont en effet dépendants de l'usage du sol ainsi que du bénéficiaire considéré.*

Aujourd'hui en France, les travaux les plus avancés en matière de développement pour une application territoriale intégrant la qualité fonctionnelle des sols sont associés au projet R&D MUSE. Avec l'appui d'un projet parallèle, SolUC3ion¹²² l'accompagnant dans la co-construction avec l'appui d'un panel de collectivités volontaires, 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. L'objectif premier est d'améliorer la prise en compte des sols dans le document d'urbanisme et d'encourager à l'acquisition de connaissances nouvelles. Il encourage la prise en compte du sol comme une ressource, dans toutes les étapes de la démarche d'élaboration du PLUi. Deux approches différentes et complémentaires ont été proposées pour renseigner l'indice de multifonctionnalité :

- Une méthode spatialisée basée sur des données disponibles à l'échelle nationale pour le milieu rural et périurbain ;
- Une approche spécifique au milieu urbain mettant en lien la capacité des sols à exercer certaines fonctions à partir de la spatialisation de la « Pleine Terre ». Cette approche nécessite de définir

¹²⁰ <https://www.natuurwaardeverkenner.be/>

¹²¹ <https://sol.environnement.wallonie.be/home/sols/sols-pollues/code-wallon-de-bonnes-pratiques--cwbp-projet-dassainissement.html>

¹²² <https://www.cerema.fr/fr/actualites/quelle-prise-compte-sols-documents-urbanisme-premier-rapport>

précisément la « Pleine Terre », notion d'ores et déjà utilisée de manière hétérogène dans les documents d'urbanisme (CEREMA, 2021).

En Wallonie, des outils existent également pour appuyer la gestion du territoire à une approche territoriale. Il s'agit par exemple de l'outil NVE Wallonie qui peut être décliné à l'échelle de la parcelle ou d'un territoire.

7.3. **Ce que l'on peut retenir**

7.3.1 Similitudes et différences dans les objectifs visés par les OAD

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 à la préservation des sols en adéquation avec leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques ou vers des choix de refunctionalisation. La mise en œuvre de ces outils peut reposer sur le recours d'indicateurs de valeurs de sols (multi fonctions et/ou multi services) pour planifier, évaluer/ou suivre un projet de réaménagement, notamment de renaturation. Leur mise en œuvre peut également s'appuyer sur l'utilisation de données spécifiques à un site ou un territoire ou issues de bases de données (cartographiques ou non).

Malgré une forte similitude entre ces outils (ils ont tous une philosophie de maximiser les bénéfices environnementaux au sens large) et travaux ils présentent des objectifs relativement différents. On peut identifier les outils qui font en partie abstraction des difficultés à faire le lien entre les fonctions du sol et les SE et qui se positionnent selon l'usage final envisagé du site (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 de réaménagement des sites.

Le test de l'approche développée sous Bio-TUBES a été confronté plus ou moins à la même situation : l'atteinte d'une performance d'un site sous la forme des SE dépendra en partie du degré de fonctionnalité d'un sol et celui-ci dépend des solutions techniques de réhabilitation du sol choisies, qui ont à la fois des coûts et des temporalités très différentes. Dans l'approche Bio-TUBES, bien qu'ils aient mesuré et proposé des indicateurs sur la fonctionnalité des sols, ils ne font pas explicitement le lien entre les fonctions et les services. Les coûts associés sont l'investissement pour rendre le site fonctionnel par rapport à l'usage final.

L'étude MEL ne dispose que d'éléments très sommaires sur le degré de fonctionnalité des sols (% imperméable, surface végétalisée, historique des pollutions) mais permet à des usagers de l'outil d'identifier quelles seraient les fonctions du sol à préserver et/ou améliorer sur un site donné. Des outils comme RECORD1 et 2 proposent d'identifier les indicateurs les plus appropriés pour le suivi des fonctions et ou SE mais ne quantifient pas les services. Le projet RECORD 2 (s'appuyant sur le projet RECORD 1) est le seul à tenter d'apporter un appui en matière de réhabilitation écologique et dépollution combinée (par la mise en œuvre de solutions fondées sur la nature) sur un même site visant à favoriser le rétablissement d'un écosystème urbain fonctionnel autonome intégrant la qualité du sol, et à l'origine de biens et services.

DESTISOL cherche au sein d'un site la meilleure répartition des occupations du sol (espaces verts, voirie, bâtiments...). Bénéfriches cherche à identifier les bénéfices à réaménager une friche urbaine par rapport à l'artificialisation des terrains pour un même usage mais ne se soucie pas de la répartition des usages du sol au sein du site. Une étude comme celle de la MEL permet identifier très en amont les portions des sites où les sols et le couvert végétal pourraient être préservés. L'Outil Gamma via son critère de « restauration de la fonctionnalité du sol » permet d'appréhender les notions de fonctions du sol en considérant des facteurs de production de plante, de recyclage de la matière organique, de réserve de biodiversité et le stockage et d'épuration de l'eau).

En Wallonie, on constate que l'intégration des SE fournis par les sols ou l'intégration directe des fonctions du sol sont très peu développés à ce jour. A noter néanmoins le développement d'une méthode basée sur les services écosystémiques dans le cadre de l'aménagement foncier Wallon et appliqué sur le territoire de Forville et de Rouvroly notamment.

7.3.2 Prise en compte de la qualité des sols en termes de fonctionnalité des sols et des SE

On retient des approches et outils développés à ce jour dans le cadre de projet R&D, que la multifonctionnalité des sols est étudiée à toutes les échelles des territoires selon les outils développés à ce jour en France (SCOT, PLUI et site). Cependant les outils d'une manière générale ont encore du mal à

faire le lien entre les fonctions du sol, qui sont très liés aux processus inhérents des sols, et les SE (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*. Souvent, l'atteinte d'un niveau de SE est liée à la présence d'un substrat végétal, qui génère aussi bien des services de régulation (régulation du climat local), approvisionnement (biomasse alimentaire par exemple) et culturels (parc). Sans un sol en capacité de supporter cette végétation les services ne sont pas atteints. Mais le sol par lui-même ne fournit pas tout le spectre de SE. Ceci constitue la principale difficulté rencontrée lors du développement de tels outils. On peut aussi distinguer les outils selon si leur démarche intègre la qualité du sol avec une approche combinée SE et fonctions en appui et ceux qui se concentrent uniquement sur l'approche par les SE (Tableau 9).

Approches/Outil d'aide à la décision		Echelle	Mesure propriétés/ caractéristiques du sol	Evaluation fonctions sols	Evaluation qualitative bénéfiques	Evaluation monétaire services
DESTISOL	F	site	x	x	x	
Bio-TUBES	F	site	x	x		x
MEL	F	site		x	x	
NVE Wallonie	W	Site et territoire			x	x
GAMMA	W	site	x	x		
Bénéfriches	F	site			x	x
RECORD 1 et 2	F	Site	x	x	x	

Tableau 9 - Récapitulatif des évaluations proposées par les principaux outils et approches développés à ce jour en France et en Wallonie (application territoriale ou réaménagement de site).

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. D'autres fonctions, au contraire, semblent très dépendantes de l'usage qui va être visé. Il s'agit de la fonction « Filtre, tampon et dégradation des polluants » pour le contexte urbain et la fonction « Habitat des organismes du sol et régulation des populations pour le contexte agricole » (Blanchart et al., 2019).*

7.3.3 Transfert et accès des connaissances vers leur prise en main des OAD par les parties prenantes

D'après (Bünemann et al., 2018), l'élaboration d'une procédure d'évaluation de la qualité des sols scientifiquement solide et soutenant les décisions de gestion et de politique qui tiennent compte de la multifonctionnalité du sol nécessite l'implication des parties prenantes pertinentes et des utilisateurs finaux dans une bien plus large mesure que ce qui est pratiqué jusqu'à présent. Ils recommandent aujourd'hui que les objectifs soient définis au démarrage (pourquoi avoir recours à un outil d'évaluation la qualité des sols ?). En d'autres termes, est-ce que l'évaluation est conçue comme une base pour donner des recommandations sur la gestion de la qualité du sol, comme outil pédagogique ou dans le cadre d'un programme de suivi ?

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. 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 (formation, création d'un centre de ressources dédié à la gestion durable des sols etc.). L'acquisition de retours d'expériences sur la mise en œuvre des méthodes « émergentes » de caractérisation des sols agricoles et des sols urbains devrait avoir lieu dans un cadre coopératif en impliquant le plus en amont possible l'ensemble des parties prenantes (Blanchart, 2018).

On constate aujourd'hui que les concepts derrière les outils et le retour de tests réalisés sur des sites pilotes sont accessibles à partir de rapports sur internet (Tableau 10). Seuls deux outils avec une prise en main immédiate sont disponibles. Il s'agit de NVE et de l'outil Bénéfriches. Les projets RECORD 1 et 2 proposent des outils dont l'accès est pour l'instant réservé aux opérateurs industriels membre de l'association RECORD (rapports sur les démarches étant accessibles publiquement). L'outil GAMMA est également destiné uniquement aux experts sols agréés dans le cadre du Décret sol Wallon, ais accessible

publiquement. Par ailleurs l'approche MUSE est en cours de finalisation. Elle a pour objectif d'être reproductible, afin d'être applicable sur tout le territoire métropolitain français. Elle a reposé sur de nombreux échanges afin de favoriser la co-construction de leur approche et devenir à termes appropriable par les collectivités (CEREMA, 2021). Il n'est pas encore clair comment le transfert de ses connaissances et la prise en main de l'approche sera proposée ou mise en œuvre. La présentation des derniers avancements aux collectivités début 2021 a montré un fort intérêt des acteurs mais des questionnements à poursuivre avant d'envisager son opérationnalité et sa reproductibilité sur le territoire français. En particulier le besoin de réflexion complémentaire concerne comment accompagner l'appropriation par les élus (quelle pédagogie et comment ?), la justification du choix des indicateurs sélectionnés, et le lien à faire localement entre la pondération des fonctions et les enjeux de chaque territoire.

	Échelle	Objectif	Outil - Approche	Statut projet	Accès
Muse	Territoire	Améliorer la prise en compte des sols dans PLUi	Approche AMC+indice SIG (carte)	En cours	Rapport public à venir
DESTISOL	Site	Identifier les bénéfices SE pour réaménager les sites dégradés	AMC entre propriétés sol – fonctions – services – occupation du sol	Terminé	Rapport public et articles. Projet de maturation en cours DESTISOL'AU
Bio-TUBES	Site	Comparaison entre solutions fonctionnalisation sols	Suivi réhabilitation par bio-indicateurs. Monétarisation SE scénarios réhabilitation site dégradé, ACB	Terminé	Rapport public
MEL fonctions du sol	Site	Sensibiliser les acteurs aux fonctions et services rendus par les sols	Approche qualitative. Comparaison entre scénarios de conversion des sites dégradés.	Terminé	Rapport public et articles
NVE Wallonie	Site et territoire	Évaluer les bénéfices et SE en fonction du changement d'usage avec renaturation	Approche +outil Monétarisation bénéfices SE.	Terminé	Outil accès libre (interface web)
Gamma	Site	Évaluer certaines fonctions du sol dans le choix des meilleures techniques d'assainissement	Approche AMC+ outil Excel	Terminé	Rapport et fichier Excel accessible
Bénéfriches	Site	Montrer les bénéfices économiques lors du réaménagement des friches (usages verts et autres)	Monétarisation des bénéfices, ACB	Terminé	Outil accès libre (classeur Excel)
RECORD 1 & 2	Site	Suivi de l'efficacité de la réhabilitation écologique de site dégradé	BDD+AMC	En cours	Rapport public + outil accès réservé RECORD

Tableau 10 - Récapitulatif du statut des principaux outils, et de leur accès. AMC : analyse multicritère.

7.3.4 Besoins d'indicateurs pertinents et de référentiels de données

L'évaluation des fonctions écologiques des sols nécessite la mesure d'un ensemble de paramètres physicochimiques, agronomiques et biologiques dont l'agrégation des mesures permet le développement d'indicateurs d'état fonctionnel des sols (Obriot et al., 2016). Ce besoin d'indicateurs pour la mise en œuvre du ZAN est également ressorti comme un besoin lors de l'atelier de MUSE de janvier 2021 (Béchet et al., 2021; CEREMA, 2021). Ainsi se pose la question de pouvoir proposer des indicateurs pertinents en terme 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 en France une liste complète d'indicateurs de fonctions et de SE qui peuvent être utilisés pour le diagnostic, et le suivi de réhabilitation dols artificialisés dégradés (RECORD, 2021). MUSE également a travaillé à définir un indice de multifonctionnalité reposant sur un petit nombre de fonctions écologiques portées par le sol. Cet indice peut s'appliquer dans les tous les écosystèmes, qu'ils soient urbains, agricoles ou forestiers.

Il est important de noter que des indicateurs nouveaux émergent et permettent de considérer des propriétés et processus du sol négligés jusqu'à aujourd'hui dans les évaluations de la qualité du sol (Bünemann et al., 2018). Cependant on constate que les niveaux actuels d'opérationnalité des indicateurs

disponibles sont très variables suivant le ou les paramètre(s) concernés, notamment en raison d'un manque de référentiels d'interprétation consolidés. Par exemple pour le suivi de l'efficacité d'une réhabilitation écologique, il se pose la question d'avoir accès ou du besoin d'établir des référentiels d'interprétation des indicateurs obtenus avec des paramètres mesurés in situ pour paramétrer la valeur d'un indicateur de fonction étudié en fonction de l'état souhaité du sol et de son usage (et cela pour de nombreux paramètres physicochimiques et biologiques) (Tagourdeau et al., 2020). En France, le réseau du GIS Sol cherche à appuyer la consolidation et l'accès à tous à ces référentiels (voir chapitre précédent). En Wallonie, de nombreuses bases de données en lien avec la qualité des sols sont disponibles à partir du Géoportail, cependant leur interprétation consolidée en vue servir d'indicateur à intégrer au sein de mécanismes de décision reste peu développée. Mis à part certaines données spécifiques intervenant dans des procédures réglementaires (consultation obligatoire de la BDES dans le cadre du Décret sol, des axes de ruissellement LIDAXES dans le cadre de l'octroi des permis d'urbanisme), dans des diagnostics environnementaux à l'échelle régionale (indicateurs sols de l'état de l'environnement wallon¹²³, dont les teneurs et les stocks de carbone organique issus des travaux projet CARBIOSOL¹²⁴), ou dans des outils de recommandation (le fichier écologique des essences forestières), le développement de référentiels d'interprétation des indicateurs issus de paramètres mesurés et mis en lien avec les fonctions ou SE assurés par les sols reste ténu. Cependant, les réflexions en cours en Wallonie, tant au niveau des développements réglementaires que des aspects propres à la recherche appliquée, aux outils techniques (y compris informatiques) et à la constitution de réseaux de réflexions devraient permettre d'avancer sur la question.

Note sur les outils pour un appui à une échelle territoriale

Le recours aux outils d'aide à la décision à vocation territoriale pâtit d'un manque de référentiels de données pour l'interprétation des résultats obtenus (Franck-Neel et al., 2019). Certains outils à déploiement territorial ont besoin de données d'entrée déjà capitalisées et organisées sous forme de BDD et pas nécessairement mesurées sur sites. La cartographie de la multifonctionnalité des sols à l'échelle d'un PLUi de MUSE repose avant tout sur le recours aux données mobilisables de manière systématique sur tout le territoire (c'est-à-dire existantes). L'approche MUSE s'est cependant adaptée à l'hétérogénéité de la disponibilité des données sur le territoire français en proposant deux approches selon la couverture des données d'entrée disponibles. Pour le milieu rural, il s'agit de données disponibles et structurées sur la France « entière » avec spatialisation (au 1/250 000) avec les Référentiels Régionaux Pédologiques (RRP) et les données associées (DoneSol). Pour le milieu urbain, il n'existe pas de carte pédologique, seulement un début de structuration de base de donnée, dont l'alimentation doit être généralisée à l'échelle nationale (Béchet et al., 2021). Pour ce milieu, où les données existent mais de manière homogène, la méthode de cartographie de l'indice repose sur la capacité des sols à exercer certaines fonctions à partir de la spatialisation de la « Pleine Terre ». Pour cette « approche pleine terre », il ressort un fort besoin de développement de la connaissance, d'acquisition et capitalisation des données sols dans les zones à enjeux (celles destinées à l'urbanisation) pour décliner leur approche et un besoin d'introduire la dimension "prise en compte de la ressource sol" à toutes les échelles (Béchet et al., 2021).

Certains auteurs proposent en vue de protéger les sols à l'échelle nationale (agricoles, forestiers et urbains) l'utilisation d'un socle commun d'indicateurs et le partage des référentiels d'interprétation lorsque cela est pertinent (Calvaruso et al., 2019). Cela pourrait permettre de favoriser les synergies entre projets (partage d'acquis), la comparaison des résultats, et l'enrichissement des bases de données.

8. Conclusion / Perspectives

Le projet SOILval, dans le cadre de son Work Package 2 a permis de faire un état des lieux juridique et technique de la reconnaissance du concept de **valeur des sols** dans la planification et l'aménagement du territoire en France et en Wallonie, et plus particulièrement en contexte de lutte contre l'artificialisation des sols.

¹²³ <http://etat.environnement.wallonie.be/home.html>

¹²⁴ <http://www.carbiosol.uliege.be/>

La revue des concepts clés à travers la littérature présentés dans le chapitre 3 ont mis en avant le nombre important de concepts lorsque l'on s'intéresse à la qualité des sols, leurs fonctions, les services écosystémiques (SE) associés. On retient particulièrement que la notion de valeur des sols, n'est pas clairement définie alors que les notions de qualité des sols (en terme de qualité fonctionnelles) ou fonctions écologiques des sols et SE semblent trouver plus consensus dans la recherche que ce soit en France ou en Wallonie. Un travail d'homogénéisation des définitions notamment en lien avec les définitions existantes issues du droit serait nécessaire.

L'analyse juridique sur la notion de qualité des sols en droit français, met en avant que ce 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 précédemment menés (Normasol, GESSOL 3, 2010-2014) 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 » (Desrousseaux, 2021).

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-elle en cause la décision de l'artificialiser. Dans la perspective de contribuer à la définition de l'objectif du ZAN, mais sans s'y limiter pour autant, il y a une nécessité première pour le droit de se doter d'une définition des sols qui intègre leur multifonctionnalité. 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 viendra ni du droit international, ni du droit de l'Union européenne. Cette avancée vient d'être partiellement amorcée par l'adoption de la loi dite « climat et résilience » en août 2021. En instaurant un nouveau régime de l'artificialisation des sols, elle en renouvelle la définition en mettant en avant certaines des fonctions du sol. 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 viendra nécessairement interroger les pratiques des aménageurs notamment en matière de réversibilité des ouvrages. 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.

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^o 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^o 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^o 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.

Le chapitre 5 a permis de mettre en avant la revue des différentes solutions opérationnelles de refonctionnalisation des sols, aujourd'hui identifiées. On peut recenser les techniques de désimperméabilisation, le génie pédologique (construction et reconstitution de sols) ou encore les techniques de phytoremédiation. La construction ou la reconstitution de sol, sont toujours en cours de développement et de tests dans le cadre de projet R&D, bien qu'emmenées par la demande importante de terre végétale dans les aménagements et la recherche d'exutoires pour les matériaux excavés dans les zones urbaines et péri-urbaines (France Stratégie, 2019b). Les techniques de désimperméabilisation sont de plus en plus utilisées par de grandes collectivités, aussi bien sur des emprises foncières limitées ou dans le cadre de reconversion de zones de surface importante. Cependant le potentiel ou les contraintes

associées à ces techniques commencent seulement à être étudiés dans le cadre de projets de recherche. Egalement, plusieurs freins au développement de ces techniques existent. Ils sont de natures variées en fonction des solutions opérationnelles : en lien avec les contraintes de mise en œuvre (la phytoremédiation par ex), le coût (désimperméabilisation), 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 SE associés. Ces techniques sont utilisées pour un objectif bien précis, mais la valorisation plus globale 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, défini 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). 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 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 (besoin de démonstrateurs pour compléter les informations qui manquent comme le coût de mise en œuvre, le besoin de techniques d'amélioration pour leur implémentation, ...), identifier les acteurs clés du secteur et les bonnes pratiques déjà appliquées, etc.

Le chapitre 6 met en avant un recensement des connaissances wallonnes et françaises ou référentiels de données qui permettent de contribuer directement ou indirectement à la caractérisation de qualité de sol ou de SE. Il existe de nombreuses sources d'informations sur les sols en France et en Wallonie, aussi bien sur des sols agricoles que sur des sols urbains. Pour autant, l'évaluation des fonctions du sol nécessite encore l'acquisition de connaissances nouvelles qui se traduit en France par une recherche très 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. 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 un approfondissement des informations sur la qualité des sols en Wallonie, devraient être envisagés. 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, malgré des développements importants (Blanchart et al., 2019).

Le chapitre 7 propose une revue non exhaustive des outils d'aide à la décision français et wallon en appui à la refunctionalisation des sols artificialisés. La multifonctionnalité des sols est étudiée à toutes les échelles des territoires selon les outils développés. La revue a distingué les outils d'aides à la décision qui viennent en appui à la planification territoriale de ceux qui viennent en appui à l'aménagement de parcelles. Un focus sur ces dernières a été réalisé. Cependant les outils d'une manière générale ont encore du mal à faire le lien entre les fonctions du sol, qui sont très liés aux processus inhérents des sols, et les SE (Tagourdeau et al., 2020).

En contexte de mise en œuvre d'objectif ZAN, les OAD étudiés pourraient accompagner les acteurs sur la préservation ou la refunctionalisation des sols notamment dans le cadre de projets de renaturation. Les outils tels que DESTISOL, RECORD 1, RECORD 2 et MEL fonctions du sol, Gamma bien qu'ayant des finalités et modalités diverses, encourageant différents acteurs d'un projet à interagir et les guident vers le choix des usages et pratiques les plus favorables à la préservation des sols en adéquation avec leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. La prise en compte des fonctions du sol, via des indicateurs, notamment y a toute sa place. On peut aussi identifier les outils qui font en partie abstraction des difficultés à faire le lien entre les fonctions du sol et les SE et qui se positionnent dans l'usage final envisagé du site (Bénéfriches, Nature Value Explorer). En Wallonie, on constate que l'intégration des SE fournis par les sols ou l'intégration directe des fonctions du sol sont très peu développés à ce jour. Cependant, malgré l'avancée et du développement des outils intégrant la notion de fonctions des sols, on note un besoin d'indicateurs pertinents et de référentiels de données adaptés. Les niveaux actuels d'opérationnalité des indicateurs disponibles sont très variables suivant le ou les paramètre(s) concernés, notamment en raison d'un manque de référentiels d'interprétation consolidés. Enfin, on observe un besoin évident de transférer ces connaissances en termes de méthodes, de protocoles et d'outils auprès

des acteurs de la gestion des sols. Enfin, à ce jour, aucun retour d'expérience en France ou en Wallonie sur la prise en main actuelle ou anticipée de ces outils n'a été fait.

Alors que cet état de l'art SOILval s'achève, s'inscrivant dans le cadre de la stratégie de l'UE en faveur de la biodiversité à l'horizon 2030, « la nouvelle stratégie de l'UE pour la protection des sols- Des « sols sains » en cours de préparation permettra une mise à jour de la stratégie actuelle visant à lutter contre la dégradation des sols et à préserver les ressources foncières (« neutralité de la dégradation des terres »). Il est attendu que d'une telle stratégie, l'ensemble des points mis avant par l'état de l'art et l'analyse juridique SOILval pourront être approfondis.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADEME, 2018a. Guide pour la détermination des valeurs de fonds dans les sols - échelle d'un site - Groupe de travail sur les valeurs de fonds
- ADEME, 2018b. Guide pour la détermination des valeurs de fonds dans les sols - échelle du territoire - Groupe de travail sur les valeurs de fonds
- ADEME, 2018c. Aménager avec la nature en ville - Des idées préconçues à la caractérisation des effets environnementaux, sanitaires et économiques.
- ADEME et al 2017. Les phytotechnologies appliquées aux sites et sols pollués (Nouveaux résultats de recherche et démonstration). 68pp.
- 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).
- ADIT, Société Nationale d'Intelligence Stratégique, 2006. Traitement biologique des sols pollués: recherche et innovation. Françoise STRASSER - Société Nationale d'Intelligence Stratégique - 2 rue Brûlée - 67000 Strasbourg., Ademe 92.
- AFES, 2017. Sols et définitions. URL <https://www.afes.fr/sols-et-definitions/>
- Agence d'Urbanisme de l'Agglomération de Tours, 2020. Atlas de la Métropole Nature pour végétaliser et désimperméabiliser la ville.
- Assemblée Nationale, 2003. Rapport fait au nom de la commission des affaires économiques, de l'environnement et du territoire sur le projet de loi, adopté par le Sénat (n° 606), relatif à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages.
- Baize, D., 2000. Teneurs totales en "métaux lourds" dans les sols français - Résultats généraux du programme ASPITET. Courrier de l'environnement de l'INRA 16.
- Baize, D., 1997. Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France), INRA Editions. ed. INRA.
- Baize, J.-C., Girard, 2009. Référentiel pédologique.
- 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.
- Béchet, B., Bissonnais, 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.
- Béchet, B., Boithias, L., Branchu, P., Duvigneau, C., Laroche, B., Le Guern, C., Marseille, F., Moulin, J., Neel, C., 2021. L'objectif ZAN, un levier pour l'intégration de la qualité des sols dans les documents d'urbanisme. Les apports de la méthodologie MUSE. Atelier webinaire ZAN et méthodologie MUSE du 29 janvier 2021.
- Bertrand, B., 2018. Les nouveaux modes de production du droit de l'Union européenne - La dialectique du droit institutionnel et du droit matériel.
- Bierry, A., Quétier, F., Baptist, F., Wegener, L., Lavorel, S., 2015. Apports potentiels du concept de services écosystémiques au dialogue territorial. *Revue Science Eaux & Territoires*, article hors-série, 5. <https://doi.org/10.14758/SET-REVUE.2015.HS.05>
- Billaudot, F., Besson-Guillaumot, M., 1979. Environnement, urbanisme, cadre de vie - Le droit et l'administration. EDITIONS MONTCHRESTIEN. PARIS.
- Billet, Ph., 2018. La réhabilitation des sites et sols pollués en droit public: certitudes sur quelques incertitudes, in F. LABELLE et D. THIERRY (dir.), *Droit des sites et sols pollués, Bilans et perspectives*, L'Harmattan, pp. 55-82.
- Bispo, A., Grand, C., Galsomies, L., 2009. Le programme ADEME "Bioindicateurs de qualité des sols": Vers le développement et la validation d'indicateurs biologiques pour la protection des sols. *Étude et Gestion des Sols*, Vol. 16, n°3/4, 145-158.
- 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., 2014. Déboisement, conservation de l'équilibre écologique et multifonctionnalité en zone forestière. "Revue de jurisprudence de Liège, Mons et Bruxelles", liv. 22 1041–1052.
- Born, C.-H., 2010. La protection juridique des sols en Région wallonne : une approche "désintégréée" p.20-53.
- Born, C.-H., 2009. La prise en compte des solutions alternatives en droit de l'urbanisme. Vers l'émergence d'un principe de substitution en droit du cadre de vie ?, in: Mélanges en l'honneur de R. ANDERESSEN. Bruylant, Bruxelles, pp. 23–65.
- Boulaine, J., 1992. Histoire de l'agronomie en France, de moins 8000 à nos jours, Lavoisier, rééd. ed.
- Bourgeois, C., Martinez, C., Ohannessian, A., Marechal, A.-L., 2020. Guide IDfriches : Quels usages alternatifs pour les friches ? ID Friches 38.
- Boyer, P., Denier-Pasquier, F., 2022. Planifications aquatiques. SDAGE. SAGE, Jcl. Environnement et Développement durable, Fasc. 2930.
- Branchu, P., Marseille, F., Béchet, B., Bessière, J.-P., Boithias, L., Duvigneau, C., Genesco, P., Keller, C., Lambert, M.-L., Laroche, B., Le Guern, C., Lemot, A., Métois, R., Néel, C., Sheriff, R., 2021. MUSE. Intégrer la multifonctionnalité dans les documents d'urbanisme.
- 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 reconstruction et construction de sols.
- Bruxelles Environnement, 2017. Actions pour une gestion durable de l'eau au niveau de la parcelle et du bâtiment | Guide Bâtiment Durable [WWW Document]. URL <http://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/actions-pour-une-gestion-durable-de-l-eau-au-niveau-de-la-parcelle-et-du-batiment.html?IDC=6865&IDD=13033> (accessed 10.25.21).
- Bünemann, E.K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R.E., De Deyn, G., de Goede, R., Fleskens, L., Geissen, V., Kuyper, T.W., Mäder, P., Pulleman, M., Sukkel, W., van Groenigen, J.W., Brussaard, L., 2018. Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry* 120, 105–125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>
- Calvaruso, C., Blanchart, A., Bertin, S., 2019. Synthèse - Diagnostic de la qualité des sols agricoles et forestiers : indicateurs de suivi et stratégies de déploiement. 21 pages.
- Cartuyvels, J.-F., Renoy, L., 2019. Le décret du 1er mars 2018 relatif à la gestion et à l'assainissement des sols (D.G.A.S.) – l'articulation avec d'autres polices, in: Le décret de gestion et d'assainissement des sols du 1er mars 2018 (D.G.A.S.), Delnoy, M. (dir.), Bruxelles, Collection de l'Association belge francophone pour le droit de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme. Larquier, Bruxelles, pp. 299–327.
- Cary, L., Maton, D., Piantone, P., 2008. Géochimie des sols, bases de données : inventaire, proposition de démarches pour évaluer la qualité des données et estimer les fonds géochimiques (No. BRGM/RP-57133-FR), BRGM. BRGM.
- 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, 2021. L'objectif ZAN, un levier pour l'intégration de la qualité des sols dans les documents d'urbanisme : retour sur le webinaire du 29 janvier. URL <https://www.cerema.fr/fr/actualites/objectif-zan-levier-integration-qualite-sols-documents?folder=4232>
- CEREMA, 2020a. Fiche n°02 - Paysage et désimperméabilisation à Marseille : les sols dans le projet urbain durable pour la ville héritée.
- CEREMA, 2020b. Fiche n°01 - Sol et végétal : au coeur des aménagements urbains - Le renouvellement du quartier Victor Hugo à Bagneux.
- 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.
- CGDD, 2018a. Théma - Les écosystèmes Urbain - l'Évaluation française des écosystèmes et services écosystémiques (CEREMA), Analyse Théma et Rapport technique.
- CGDD, 2018b. Théma - Objectif « zéro artificialisation nette » Éléments de diagnostic.
- CGDD, 2016. Théma - EFESE L'essentiel du cadre conceptuel.
- CGDD, 2013. Evaluation du Plan national d'action pour les zones humides 2010-2013, 123 p.
- Chaussod, R., 1996. La qualité biologique des sols, évaluation et implications tude et Gestion des Sols, 3, n°4, 269–270.
- Cherel, J., Séré, G., Boithias, L., Warot, G., Schwartz, C., Morandas, P., 2017. DESTISOL : Les sols, une opportunité pour un aménagement urbain durable.
- Claval, P., 2000. Géographie de la France.
- Cluzeau, D., 2004. L'importance de la biodiversité du sol: le cas du ver de terre.
- 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.

- Comité pour l'économie verte, 2019. Les enjeux de l'artificialisation des sols : diagnostic.
- Commission des communautés européennes, 2006. Communication de la commission au conseil, au parlement européen, au comité économique et social européen et au comité des régions Stratégie thématique en faveur de la protection des sols COM 2006/0231/final.
- 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 (accessed 4.27.21).
- Coussy, S., Dubrac, N., Hulot, C., Billard, A., Kaabouch, S., 2020. Guide de valorisation hors site des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués dans des projets d'aménagement. MTE.
- CPDT, 2019. Recherche 5 gérer le territoire avec parcimonie Rapport scientifique. Rapport final.
- 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.
- Davit, A., Soler Gil, A., Payá Pérez, A., Vecchio, A., Cortizas, A., Péters, A., Peeters, B., Jordi, B., U.Müller, B., Stevenin, B., Dimić, B., Audí-Miró, C., Andersen, C., Reusser, C., Badertscher, C., Rasumny, C., Troxler, C., Torrentó, C., Molenaar, C., Sanchez, S., 2015. Remediated Sites and Brownfields. Success Stories in Europe, EUR 27530. ed. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3466.0882>
- De Cleen, M., Molenaar, C., Masson, J., 2016. Background paper, Soil Stakeholders' Conference.
- Décret relatif à la gestion et à l'assainissement des sols, 2018. , M. B.
- Deharbe, D., 2005. La remise en état des ICPE au risque de la dualité juridictionnelle.
- Delnoy, M., Castiaux, P., 2015. La zone d'habitat doit aussi accueillir des espaces verts publics, in: D'urbanisme et d'environnement, Born Ch.-H. et Jongen F. (Dir.), Mélanges. Bruylant, Bruxelles, p. 1132.
- Derex, J.-M., 2013. Evolution des zones humides et le prisme déformant de leur définition, intervention au colloque de l'Académie d'agriculture de France.
- Desrousseaux, M. 2021. Contribution juridique a la notion de qualite des sols en cours de publication.
- Desrousseaux, M., 2016. La protection juridique de la qualité des sols.
- Donnay, L., Leprince, S., 2017. « L'aménagement opérationnel », in: Le nouveau code du développement territorial (CoDT) - L'aménagement opérationnel. Décret du 20 juillet 2016, sous la coordination de M. Delnoy et C.-H. Born, Association belge francophone pour le droit de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme. Bruxelles, p. 652 p.
- Doumbé-Billé, S., Steichen, P., 2010. Les sols en droit international et communautaire. Revue Aménagement-environnement n° double spécial, 2010, p.p. 7-19.
- Dufour, S., Arnauld de Sartre, X., Castro, M., Oszwald, J., 2016. Origine et usages de la notion de services écosystémiques : éclairages sur son apport à la gestion des hydrosystèmes. Vertigo, La revue électronique en sciences de l'environnement (Hors-série no 25, mis en ligne le 26 août 2016. <https://doi.org/10.4000/vertigo.17435>
- EC DG ENV, 2018. Providing support in relation to the implementation of the EU Soil Thematic Strategy - Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services Soil ecosystems Lead (No. Report 1.2).
- 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.
- FAO, 2015. Status of the World's Soil Resources: Main Report.
- Fardel, A., 2019. Fonctionnement hydraulique et propriétés épuratoires de techniques alternatives de gestion des eaux pluviales – cas des noues. Génie civil. Ecole centrale de Nantes. Génie civil. Ecole centrale de Nantes 345.
- Farinetti, A., 2013. La protection juridique de la qualité du sol au prisme du droit de l'eau, Environnement n° 6, Juin, étude 17.
- Feix, I., 2020. Réflexions sur la définition de l'artificialisation des sols.
- France Stratégie, 2019a. France Stratégie - Objectif « zéro artificialisation nette » : quels leviers pour protéger les sols ? 54.
- France Stratégie, 2019b. Document de travail « Zéro artificialisation nette » : quels leviers pour protéger les sols ?
- Franck-Neel, C., le Guern, C., Limasset, E., Keller, C., Lebeau, T., Branchu Philippe, Bechet, C., 2019. MUSE - Mapping Soil Ecosystem services For Urban Planning: Current Tools And Challenges.
- Gain, M.-O., 2008. Le droit rural, l'exploitant agricole et les terres, Litec, 2e éd. ed.
- 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.
- Gors, B., Karolinski, M., Muynck, F.D., Borres, M., Courtois, C., Mossoux, Y., Trybulowski, A., 2021. Mémento de l'environnement 2021 : Régions wallonne et bruxelloise, 27e éd. ed. Wolters Kluwer, Malines, Liège, Waterloo...

- 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.
- Grandjean, M., 2016. Le foncier agricole face à l'artificialisation des terres en Wallonie, CPDT, Note de recherche 66.
- Grimonprez, B., 2015. La fonction environnementale de la propriété. RTDCiv. : Revue trimestrielle de droit civil 3, 539–550.
- GT CCC, 2020. Convention citoyenne pour le climat Se Loger – Lutter contre l'artificialisation des sols. Document à transmettre aux parlementaires et citoyens.
- Haumont, F., 2020. Rép. not., T. XIV, Le droit public et administratif, Livre 14/1, in: L'urbanisme – La Région wallonne. Larcier, Bruxelles.
- Hautereau-Boutonnet, M., 2019. Pour un droit privé du climat!
- Hauzeur, T., 2019. « Le régime de prévention dans le décret du 1er mars 2018 relatif à la gestion et à l'assainissement des sols », in: Le Décret de Gestion et d'assainissement Des Sols Du 1er Mars 2018 (D.G.A.S), Delnoy M. (Dir.). Larcier, Bruxelles.
- ID Friches, 2021. Fiche - Qu'est-ce que le phytomanagement.
- INRAE, I., 2015. DoneSol: la base de données nationale des sols de France. HAL 2. <https://doi.org/HAL-02801122>
- IPBES, 2018. Résumé à l'intention des décideurs du rapport d'évaluation thématique sur la dégradation et la restauration des terres de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques.
- Jacquot, H., 2001. La refonte de la planification urbaine.
- Janin, P., 1990. L'espace en droit public interne,
- Jans, D., 2010. « La gestion des sols dans le droit wallon de l'environnement ». Amén. 2010/2, 106-112.
- Jegouzo, Y., 2001. L'impact de la loi SRU sur la nature du droit de l'urbanisme.
- Jungers, Q., Leclercq, A., Neri, P., Radoux, J., Waldner, F., ss la dir. de Defourny P., 2015. Vers un plan de secteur durable. Indice de durabilité résidentielle : analyse multicritère. Note de recherche CPDT 61.
- Labrousse, Fr., Simon, E., 2020. Terres excavées : déchets ou produits ? Éclairage apporté par la loi sur l'économie circulaire, Énergie - Environnement.
- Lagasse, D., Thiebaut, C., Orban de Xivry, E., 2020. [D.IV.1-D.IV.13 CoDT] [Permis et certificats d'urbanisme] Généralités, in: Code Du Développement Territorial (CoDT) Commenté, C.-H. Born, D. Lagasse, J. Neuray et M. Pâques (Eds.). pp. 465–564.
- Laroche, B., Schnebelen, N., 2011. Le programme Inventaire, Gestion et Conservation des Sols (IGCS). HAL 36. <https://doi.org/hal-02805201f>
- 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.
- Legay, G., 1991. Les conséquences de vices de sol dus à la sécheresse : « cat nat » ou décennale ?
- Leprince, S., Halen, H., 2019. « Les notions fondamentales du décret du 1er mars 2018 relatif à la gestion et à l'assainissement des sols », in: Le décret de gestion et d'assainissement des sols du 1er mars 2018 (D.G.A.S), Delnoy, M. (dir.). Larcier, Bruxelles.
- Leray, G., 2019. L'immeuble et la protection de la nature, Thèses. L.G.D.J.
- Letellier, V., 2020. [Art. D.IV.46-D.IV.61 CoDT] [Procédure] Décision sur les demandes de permis et de certificat d'urbanisme., in: Code Du Développement Territorial (CoDT) Commenté, C.-H. Born, D. Lagasse, J. Neuray et M. Pâques (Eds.).
- Libes, M., 2011. Le droit de l'aménagement foncier agricole et forestier : un remembrement tourné vers l'environnement, Berger-Levrault. ed.
- Liège Université, 2020. Logiciel NVE –Région atlantique. Adaptation, 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 Wallonie Manuel utilisateur Juillet2020.
- Limasset, E., 2021. La mise en oeuvre de la refonctionnalisation des sols - Webinaire « Mise en oeuvre de l'objectif de ZAN à l'échelle des territoires » 22/04/2021.
- Loi Biodiversité, 2016. LOI n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages - Légifrance.
- Lorquet, T., Heindricks, S., Lambotte, J.-M., Ruelle, C., 2020. Bilan de l'artificialisation des sols en Wallonie, CPDT., Note de recherche 79.
- Mazière, B., 2009. Penser et aménager les agglomérations urbaines : quelques exemples de métropoles européennes, Annales des Mines - Responsabilité et environnement, n°56, 72-79.
- MEA, 2005. Millenium Ecological Assessment. Millennium Ecosystem and Human Well-being: A framework for Assessment.
- MEEM et FRB, 2017. EFESE Cadre Conceptuel, Balises Théma Biodiversité.
- Meynier, A., 2020. Réflexion sur les concepts en droit de l'environnement.

- Millet, L., 2015. Contribution à l'étude des fonctions sociale et écologique du droit de propriété : enquête sur le caractère sacré de ce droit énoncé dans la Déclaration des droits de l'homme et du citoyen du 26 août 1789 (Thèse de doctorat). Paris 1.
- Misonne, D., 2011. Droit européen de l'environnement et de la santé, l'ambition d'un niveau élevé de protection.
- Moléon, E., 2003. Essai sur le fait juridique des sols, Logiques Juridiques.
- 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.
- MTES, 2018. Plan biodiversité.
- MTES, 2017. Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués.
- Nations Unies FAO, 2020. Examen de l'initiative internationale pour la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique des sols et plan d'action actualisé - Convention sur la diversité biologique (No. CBD/SBSTTA/24/7).
- Obriot, F., Stauffer, M., Goubard, Y., Cheviron, N., Peres, G., Eden, M., Revallier, A., Vieublé-Gonod, L., Houot, S., 2016. Multi-criteria indices to evaluate the effects of repeated organic amendment applications on soil and crop quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 232, 165-178. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.004>
- Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., 2016. Global soil biodiversity atlas, European Commission, 176 p.
- Parlement Wallon, 2017. Doc., Parl. w., 2017/2018.
- Parlement Wallon, 1996. Doc., Parl.w.
- Party, J., Sauter, J., Lux, M., Muller, N., 2014. Classement des sols et classement des terres pour l'aménagement foncier. Méthodes et adaptation en Alsace. *Etude et gestion des sols* 21: 61-76.
- Pessis, C., 2020. Histoire des « sols vivants ». *Revue d'anthropologie des connaissances* 14. <https://doi.org/10.4000/rac.12437>
- Pirson, A., Charlier, S., 2020. [Art. D.II.22-D.II.42 CoDT - Plans de secteur] [Contenu] Destination et prescriptions générales des zones., in: Code Du Développement Territorial (CoDT) Commenté, C.-H. Born, D. Lagasse, J. Neuray et M. Pâques (Eds.).
- 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.
- Potager - Portail Environnement-Santé [WWW Document], n.d. URL <http://environnement.sante.wallonie.be/home/au-quotidien/environnement-exterieur/potager> (accessed 10.25.21).
- Poyat, 2018. La cartographie des services écosystémiques rendus par les sols: un nouvel outil pour un urbanisme durable.
- 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.
- Rouhaud, J.-F., 2012. La protection des espaces ruraux par les documents d'urbanisme : quelle efficacité pour l'exercice des activités agricoles? ». *Revue de droit rural*, n°399, doss. 3.
- Sambon, J., 2020. [Art. D.I.1-D.I.2 CoDT] [Dispositions générales] Objectifs et moyens., in: Code Du Développement Territorial (CoDT) Commenté, C.-H. Born, D. Lagasse, J. Neuray et M. Pâques (Eds.).
- Sambon, J., 2019. « Réflexions sur les axes principaux de la réforme du régime de gestion et d'assainissement des sols en Région wallonne », in: Le Décret de Gestion et d'assainissement Des Sols Du 1er Mars 2018 (D.G.A.S.), M. Delnoy (Dir.). Larcier, Bruxelles.
- 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.
- Smal, R., 2018. Le demandeur de permis et son auteur d'étude face à l'obligation d'examiner des solutions de substitution. *Aménagement-Environnement*.
- Stahl, L., 2013. La qualité des sols agricoles en droit (Norma-sol, GESSOL 3, (MEDDE- ADEME)).
- 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*.
- Taugourdeau, 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 dégradé - Evaluation des services et des fonctions lors de la restauration écologique d'une friche, *Projet Bio-TUBES-Synthèse*. Ademe, Ademe 42.

- Trebulle, F.-G., 2010. Les principales problématiques juridiques sur le thème de la pollution des sols La pollution des sols, soil pollution, conférence du forum des juges de l'UE pour l'environnement, Bruylant, 562 p.
- Treillard, A., 2019. L'appréhension juridique de la nature ordinaire (thèse, Limoges).
- UICN France, 2013. Panorama des services écologiques fournis par les milieux naturels en France - Volume 2.3 Les écosystèmes urbains. Paris, France.
- Vanheusden, B., 2018. Soil and Land Stewardship and Property Rights.
- Vanheusden, B., 2010. The Relation between Spatial Planning Law and Soil Remediation Law. Journal for European Environmental & Planning Law 7, 25–36.
<https://doi.org/10.1163/161372710X12676263561755>
- Wal-ES, 2016. Wal-ES le cadre d'évaluation - version provisoire.

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

TABLEAUX

<i>Tableau 1- Les types d'usage selon la zone d'affectation spatiale (réalisé à partir de l'annexe III du décret Sols)</i>	37
Tableau 2 - Différents schémas et plan établis par le CoDT.....	40
Tableau 3 - Exemple d'évaluation des services écosystémiques rendus par les sols construits, en comparaison des pratiques habituelles basées sur l'utilisation des ressources naturelles (Damas et al., 2016).....	65
Tableau 4 - Techniques de phytoremédiation – principes et modalités (source Selecdepol).....	70
Tableau 5. Objectifs initiaux et types de sols visés par les programmes/ bases de données intégrant la notion de qualité des sols en France.	86
<i>Tableau 6. Objectifs visés par les couches de données intégrant la notion de qualité des sols en Wallonie.</i>	87
Tableau 7 - Mise à disposition des bases de données intégrant la notion de qualité des sols en France	89
<i>Tableau 8 - Les outils d'aide à la décision (AOD) recensés dans le cadre du projet SOILval qui permettent de considérer les fonctions écologiques des sols artificialisés à l'échelle de la parcelle ...</i>	94
Tableau 9 - Récapitulatif des évaluations proposées par les principaux outils et approches développés à ce jour en France et en Wallonie (application territoriale ou réaménagement de site).....	98
Tableau 10 - Récapitulatif du statut des principaux outils, et de leur accès. AMC : analyse multicritère.	99

FIGURES

Figure 1 - Illustrations de l'occupation, de l'utilisation et de l'affectation du sol selon (Godart and Ruelle, 2019)	13
Figure 5 - Les fonctions écologiques portées par les sols d'après la méthodologie EFESE d'après (Tagourdeau et al., 2020).....	15
Figure 6 - Les quatre catégories de fonctions liées au sol et au sous-sol dans un écosystème urbain source (Monfort et al., 2020)	15
Figure 7 - Exemple des liens entre les fonctions, services et processus : exemples de trois services écosystémiques clés de la réhabilitation des sols dégradés source (Tagourdeau et al., 2020)	15
Figure 2 - Représentation schématique du cadre conceptuel EFESE à gauche d'après MEEM et FRB, 2017 et du schéma conceptuel Wal-ES à droite source (MEEM et FRB, 2017) et Wal-ES	17
Figure 3 - Synthèse des grandes catégories de services écosystémiques issues de plusieurs travaux. Source (Monfort et al., 2020).....	17
Figure 4 - Classification de services écosystémiques liés au sol en milieu urbain, ainsi que les principaux groupes de bénéficiaires adaptées à la métropole européenne Lilloise (Monfort et al., 2020).....	18
Figure 8 - Terrains artificialisés et non artificialisés selon (Godart and Ruelle, 2019).....	21
Figure 9 - Solutions possibles de refunctionalisation combinées avec un projet de végétalisation dans le cadre d'un projet de renaturation source (Limasset, 2021)	55

Figure 10 – Deux grandes possibilités de trajectoires d'une désimpermeabilisation – adapté de (CDC Biodiversité and Humanité Biodiversité, 2021). Les encadrés reprennent les actions strictes de refonctionnalisation du sol.....	56
Figure 11 - Résumé des moyens mobilisables en France pour la désimpermeabilisation (source adapté de (Grand Est Agences d'Urbanisme, 2020)).....	60
Figure 12 – Extrait d'une fiche sur la désimpermeabilisation – acteurs à mobiliser source (Grand Est Agences d'Urbanisme, 2020).....	60
Figure 13 - Exemple de coûts associés à la mise en œuvre de la désimpermeabilisation source : vers la ville perméable. Comment désimpermeabiliser les sols. Guide technique SDAGE 2017, repris par (France Stratégie, 2019b).....	61
Figure 14 - Illustration des orientations de projets de désimpermeabilisation source : (Grand Est Agences d'Urbanisme, 2020).....	61
Figure 15 - Principe de reconstitution de sol (source (Plante&Cité et al., 2015; Tagourdeau et al., 2020).....	63
Figure 16 - Principe de mise en œuvre du procédé de construction de sol (Damas et al., 2016).....	64
Figure 17 - Principes des techniques de bioremédiation (source Isabelle Feix dans (ADEME, 2018c)).....	69
Figure 18 : Schématisation des processus de phytoremédiation (source : SelecDEPOL).....	71
Figure 19- Structuration générale de la base DoneSol 3 (Branchu et al., 2021).....	78
Figure 20 - Outils et approches intégrant la qualité des sols à travers le temps source: (Bünemann et al., 2018).....	92

SIGLES ET ACRONYMES

ACTA = association des instituts techniques agricoles
ADEME = Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AE = Apport en Eau
AEE Agence européenne de l'Environnement
AFES = Association Française de l'Étude des Sols
ALUR = Accès au Logement et Urbanisme Rénové (Loi)
ASBL = Association Sans but lucratif
ASPITET = Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Éléments Traces
BASIAS = Base de données d'Anciens Sites Industriels et Activités de Service
BASOL = Base de données sur les sites et sols pollués (ou potentiellement pollués)
BDAT = base de donnée des analyses de terre
BDD = Base De Données
BDES = Banque de Données de l'État des Sols
BDETM = Base de Données sur les éléments en traces métalliques)
BDSolU = Base de Données des analyses de sols urbains)
BRGM = Bureau de Recherche géologiques et minières
BTP = Bâtiments et Travaux Publics
CASIAS = carte des anciens sites industriels et activités de services
CAW = Comité d'Accompagnement Wallon
CBS = Carte des Sols de Belgique
CCC = Convention Citoyenne sur le Climat
CDB convention dur la diversité biologique
CDC = Caisse des Dépôts et Consignations
CGBD = Comité de Gestion de la Base de Données
CGDD = Commissariat général au développement durable
CLC = corinne Land Cover
CNSW = Carte Numérique des Sols de Wallonie
CoDT = Code du Développement Territorial
COT = carbone organique total
CPAS = Centre Public d'Accueil Social
CPDT = Conférence Permanente du Développement Territorial
CV = coefficient de variation
CWATUP = Code wallon de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme et du patrimoine
CWBP = Code Wallon des Bonnes Pratiques

DEE = département de l'environnement et de l'Eau
 DGO3 = (SPW-DGARNE) Service Public de Wallonie. Direction Générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement.
 DoneSol = base de données nationale structurant et regroupant les données ponctuelles et surfaciques des études pédologiques
 DRIEA = Direction Régionale et Interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement
 DRIGM = Direction des Risques industries, géologiques et miniers.
 DROM = département et région d'outre-mer
 EEW = Etat de l'Environnement Wallon
 EFESE = Evaluation Française des Services Ecosystémiques
 EPF = Etablissement Public Foncier
 ERC = Eviter Réduire Compenser
 ETM = éléments traces métalliques
 FAO = Food and Agriculture Organisation
 GeoBaPa = référentiel de fond géochimique du bassin parisien
 GIS SOL = Groupement d'intérêt scientifique SOL
 ICPE = Installation classée protection de l'environnement
 IFFSTAR = Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux.
 IGCS = Inventaire, Gestion et Conservation des sols
 IGN = Institut national de l'information géographique et forestière
 INRAE = Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement,
 IPRFW = Inventaire permanent forestier
 IRD = Institut de Recherche pour le développement
 IWEPS = Institut Wallon de l'Évaluation, de la Prospective et de la Statistique
 LCN = loi sur la conservation de la nature
 MEA = Millenium Ecosystem Assessment
 MEL = métropole européenne lilloise
 MNT = Modèle Numérique de Terrain
 NH = niveaux hydrique
 NT = niveaux trophiques
 NVE = Nature Value Explorer
 OAD = Outil d'aide à la décision
 OGC = Open geospatial consortium
 OFB = Office français pour la biodiversité
 ONB Observatoire National de Biodiversité
 ORB = Observatoire régional de la biodiversité
 ONF Office national français
 ORE = Obligation Réelle Environnementale
 PLU = Plan Local d'Urbanisme
 PLUI = Plan Local d'Urbanisme Intercommunal
 PPRI = plans de prévention des risques inondations
 PPRNP = plan de prévention des risques naturels prévisibles
 RENECOFOR = Réseau National de suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers
 RGPD = Règlement Général sur la Protection des Données
 RHW = réseau hydrographique wallon
 RMQS = Réseau de Mesures sur la Qualité des Sols
 RNA = Réseau National des Aménageurs
 RPG-NPC = référentiel pédo-géochimique en région Nord-Pas de Calais
 RRP = Référentiels Régionaux Pédologiques
 RSS = réseau de surveillance des sols
 SAED = sites d'activité économique
 SAFER = Sociétés d'Aménagement Foncier et d'Etablissement Rural
 SAR = Site à réamanager
 SAR = sites à réaménager
 SCOT = Schéma de Cohérence Territorial
 SDC = schéma de développement communal
 SDP = schéma de développement pluri communal
 SDT = Schéma Directeur Territorial
 SE = Services écosystémiques
 SOILval = Recognizing SOil values in land use planning systems

Soilver = Soil and land funding research platform for Europe
SOL = schéma d'orientation locale
SPW = Service Public de Wallonie
SSP = Sites et Sols Pollués
UCL-CREAT = Université Catholique de Louvain - Centre de recherches et d'études pour l'action territoriale
UCL-SERES = Université Catholique de Louvain Séminaire de recherche en droit de l'environnement et de l'urbanisme
UE = Unités d'échantillonnage
UICN = Union internationale pour la conservation de la nature
ULiège = Université de Liège
UTSR = Unités Typologiques de Sols Régionales
Wal-ES = plateforme wallonne sur les services écosystémiques en Wallonie
WalOnMap = Géoportail de la Wallonie
WALOUS = Wallonie Occupation et Utilisation du Sol
ZACC = zone d'aménagement communal concerté
ZAN = Zéro Artificialisation Nette
ZAP = Zone agricoles protégées

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique - nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, air, économie circulaire, alimentation, déchets, sols, etc., nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et solidaire et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



Projet SOILval – Analyse juridique et **état de l’art** (Work Package 2)

L’objectif du projet SOILval est de permettre une meilleure reconnaissance de la valeur des sols et plus précisément de la qualité des sols en contexte de mise œuvre d’objectifs de lutte contre l’artificialisation des sols, à partir de l’analyse des pratiques sur 2 territoires : la France et la Wallonie.

Ce rapport présente une évaluation de l’intégration de la qualité des sols en termes dans les instruments juridiques français et wallons. L’état de l’art porte sur les options de solutions opérationnelles de refonctionnalisation des sols. Il s’est également intéressé au degré d’opérationnalité des outils d’aide à la décision français et wallons pouvant accompagner sur des projets de refonctionnalisation des sols, ainsi que les bases de données de qualité des sols françaises et wallonnes qui peuvent venir en appui.

L’essentiel à retenir

Les résultats présentés dans ce rapport ont pu être ensuite repris par les partenaires SOILval et abordés avec des parties prenantes françaises et wallonnes dans le cadre de consultations (Work Package 3 du projet).

Ces résultats ont également constitué une base solide pour formuler des propositions dans le cadre du Work package 4 « Analyse et recommandations » et pour diffuser les connaissances acquises dans le cadre du Work package 5.

