

LE GÉNIE PÉDOLOGIQUE POUR RECRÉER DES SOLS FERTILES ...



©ADEME

Projet SOILval

De quoi parle-t-on ?

La reconstitution et la construction de sols, basées sur des techniques de génie pédologique, consistent à reconstituer ou créer de toute pièce des sols fertiles à l'aide de matériaux qui pour la plupart sont issus de déchets urbains (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.



*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). Le référentiel pédologique édité par l'association française pour l'étude du sol (AFES 2017) définit les « anthroposols reconstitués » comme étant des sols qui « 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 place¹, certaines fonctions essentielles assurées antérieurement par le sol naturel initial (voir schéma ci-dessous) (BRGM 2020). Cette approche peut être couplée à des opérations de fertilisation chimique et de végétalisation (BRGM 2020).

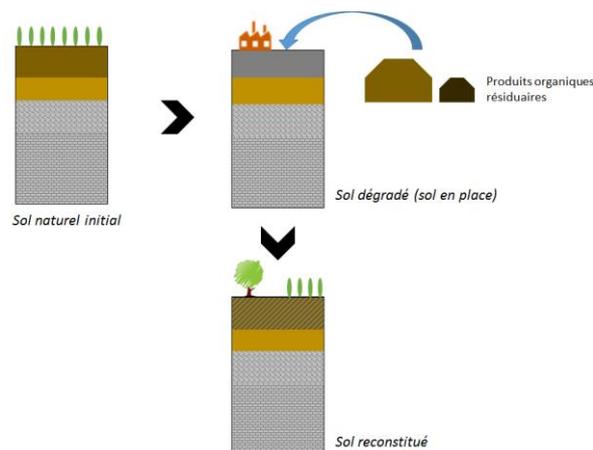


Figure 1 - Principe de reconstitution de sol (source (Plante&Cit  et al. 2015; Tagourdeau et al. 2020))

La couche de surface du sol reconstitué (20 à 30 cm d'épaisseur) peut être enrichi 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.

i

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 2019; Tagourdeau et al. 2020). 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 services que ces sols doivent fournir (régulation, culture, approvisionnement, etc).

La couche de surface du sol reconstitué (20 à 30 cm d'épaisseur) peut être enrichi 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.

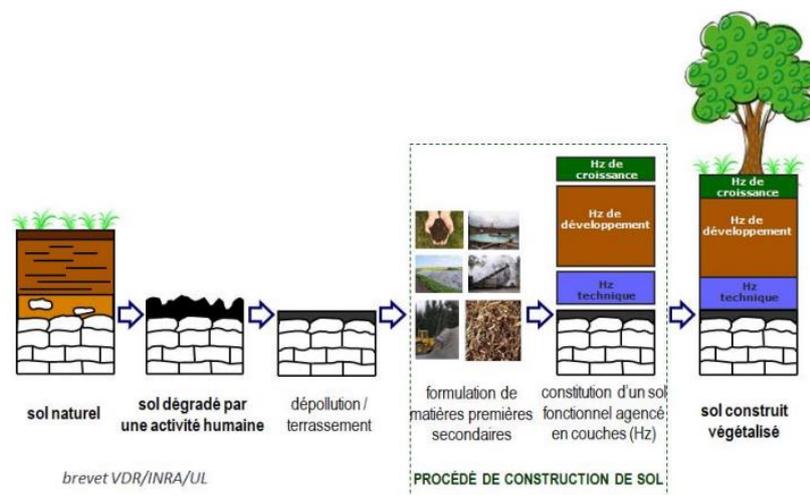


Figure 2 - Principe de mise en œuvre du procédé de construction de sol (Damas et al. 2016) (http://www.genieecologique.fr/sites/default/files/6_aprem_jet_desartificialisation_lse.pdf)

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.

Ces deux techniques de génie pédologique peuvent être menées de manière conjointe avec des techniques de désimperméabilisation (voir fiche SOILval « La désimperméabilisation des sols, pour un retour de la nature en milieu urbain »).

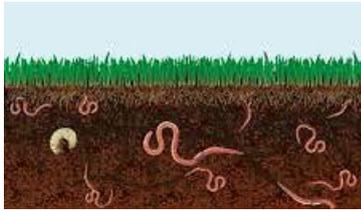
BILAN



- Actuellement, il n'existe pas en France ni en Wallonie de réglementation spécifique.



- Les matériaux pouvant être utilisés pour la construction ou la reconstitution de sols ont, généralement, le statut de déchets et les contraintes réglementaires s'y afférant (triptyque « utilité-innocuité-responsabilité »).



- Permet une réduction de l'artificialisation.

- Permet une réduction de l'utilisation de terre végétale issue du décapage de sols prélevés dans des zones agricoles ou encore des granulats de carrière.



- Permet de retrouver potentiellement toutes les fonctions du sol : amélioration des fonctions biologiques, géochimiques et hydrogéomorphologiques ainsi que les services écosystémiques qu'elles produisent, particulièrement les fonctions qui permettent la production, l'exploitation et la régulation du cycle de l'eau (sous réserve que les risques de pollution des horizons non remaniés soient maîtrisés).

- Augmente la circularité des matériaux terreux urbains qui présentent un potentiel de fertilité et qui, faute d'exutoire, seraient transportés jusqu'aux installations de stockage les plus proches.

MÉTHODOLOGIE/R&D/ COMMUNICATION



- Il existe un programme SITERRE (2012-2015) qui a développé une démarche de génie pédologique pour construire des sols possédant les fonctions de fertilité agronomique et de portance recherchées (ouvrage de Damas et al ; 2016, disponible aux Editions du Moniteur).



- 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).



- Différents guides de bonnes pratiques existent en France, en lien avec la réutilisation de matériaux.



- Nécessité d'intéresser des maîtres d'ouvrage pour utiliser les sols construits et de communiquer sur le sujet.

ECHELLE D'APPLICATION



- Selon (France Stratégie 2019), 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. De nombreux usages sont par ailleurs demandeurs de ce type de solutions techniques, dès lors que de la terre végétale est requise.

MATURITÉ DE LA TECHNIQUE POUR LA PRISE EN COMPTE DE LA QUALITÉ DES SOLS



- En dehors de projet démonstrateurs tels que BioTechnosol, LORVER, Bio-TUBES, SITERRE, AGREGE, peu de projets de renaturation reposant sur une construction ou reconstitution de sols ont, pour le moment, été mis en place.



- Les coûts de ce type d'action sont encore difficiles à évaluer parce qu'ils dépendent de l'importance de la transformation initiale des sols et de la disponibilité locale des matériaux secondaires.

FREINS



- Le prétraitement, la formulation et le stockage nécessitent une emprise foncière pour une installation qui aura le statut d'ICPE.

- Les matériaux déchets sont hétérogènes dans l'espace et dans le temps et leurs caractéristiques physico-chimiques peuvent varier pour un même matériau.

- Un retour d'expérience qui permet de caractériser l'évolution des mélanges à long terme, mais l'absence d'un encadrement réglementaire adapté, ce qui présente un risque de multiplicité des coûts pour garantir l'innocuité environnementale et la traçabilité.

- La méconnaissance de la part des acteurs publics (notamment les services techniques) et un attachement aux anciennes (et actuelles) pratiques de prélever de la terre végétale dans les zones agricoles.

- un marché de niche que se partage un nombre limité de sociétés en France ainsi qu'en Wallonie.

QUALITÉS DES SOLS CONSIDÉRÉES (FONCTIONS, SERVICES INTÉGRANT OCCUPATIONS ET USAGES VISÉS)

La construction et la reconstitution de sol permettent l'amélioration d'une grande partie des fonctions biologiques, géochimiques et hydrogéomorphologiques ainsi que les services écosystémiques qu'elles produisent, particulièrement les fonctions qui permettent la production, l'exploitation et la régulation des végétaux et du cycle de l'eau.

Les documents de référence (guides) pouvant être utilisés dans le cadre de la reconstitution ou de la construction de sols vise la prise en compte d'un éventuel danger sanitaire en lien avec la valorisation de déchets. Ils fournissent pour cela des valeurs seuils en contaminants, mises en place dans

le cadre d'une évaluation des risques sanitaires. Seule la qualité chimique des sols est donc abordée, et uniquement pour les paramètres relatifs à la contamination. La méthodologie proposée dans l'ouvrage « créer des sols fertiles » (Damas et al. 2016) permet de répondre en partie aux aspects agronomiques et à l'évaluation des fonctions du sol pour les scénarios (« usages-modèles ») proposés dans le cadre du programme (aménagement de parc urbain et plantation d'arbres d'alignement).

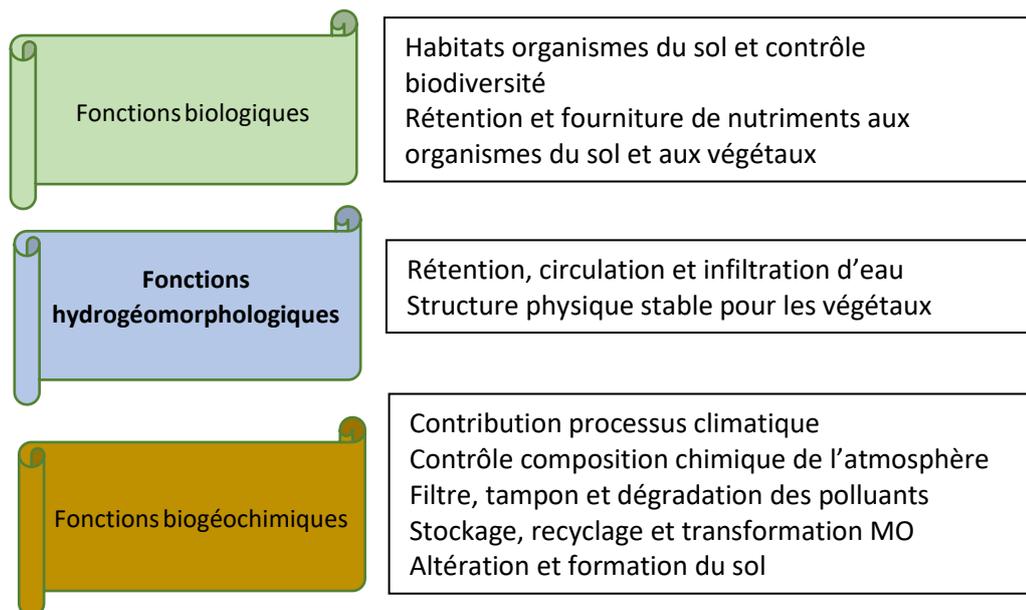
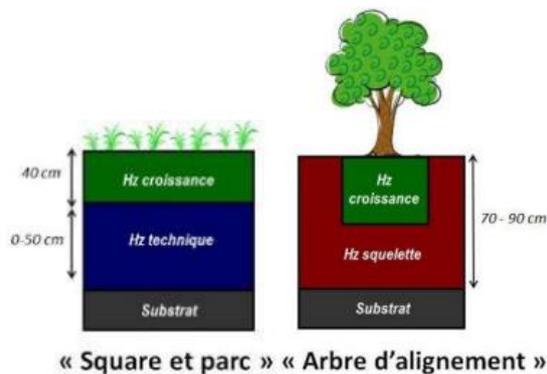


Figure 3 - adaptée des travaux EFESE et de Biotube (Tagourdeau et al., 2020)

LES ACTEURS CONCERNÉS ET LEURS BESOINS IDENTIFIÉS

Les acteurs de la construction ou reconstitution de sols peuvent intervenir à différents stades de la mise en œuvre du ZAN, de l'étape de planification (voir *Fiche SOILval « Face aux défis de lutte contre l'artificialisation et étalement urbain en France et en Wallonie : 7 fiches pour vous accompagner à considérer les fonctions écologiques des sols en planification et aménagement du territoire. »*) et de définition de stratégies, jusqu'à la mise en œuvre de la technique en tant que telle.

De nombreux acteurs attendent beaucoup de cette technique (les collectivités, les aménageurs, les entreprises du BTP, les citoyens, etc), car les besoins en terres végétales sont aujourd'hui importants. Ils attendent 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).



« Square et parc » « Arbre d'alignement »
Profils de sol des usages « square et parc » et « arbre d'alignement », © SITERRE

POINTS D'ATTENTION ET PERSPECTIVES

Actuellement, il n'existe pas 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. Par ailleurs, la plupart des matériaux susceptibles d'être utilisés pour la construction ou reconstitution de sol sont des « biens meubles, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire »,

c'est-à-dire des matériaux prenant le statut de déchet au sens de la réglementation européenne, et donc française (art. L. 541-1 du code de l'environnement).

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 Qualiroutes – <http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes/index.html> ; 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).

Dans un contexte de gestion et de valorisation de déchets principalement urbains, les documents de référence (guides), évoqués ci-dessus, ont été élaborés par les mêmes acteurs en charge de l'élaboration de la méthodologie nationale française de gestion des sites et sols pollués (MTES 2017) et de la gestion des déchets. C'est pourquoi, le danger sanitaire et environnemental constitue actuellement le cœur de ces guides. Il s'agit d'une attente forte des futurs utilisateurs de ses anthroposols comme l'a montré l'enquête réalisée au cours du programme SITERRE. Toutefois, cette dimension n'est pas suffisante pour permettre à elle seule le développement de la filière de construction de sol. Il faut pour cela être en mesure de mieux apprécier la valeur des sols construits au sens des fonctions écologiques qu'ils seront capables de supporter et, par voie de conséquence, les services écosystémiques qu'ils seront capables de rendre. 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.

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.



© SITERRE

Les résultats de nombreux projet démonstrateurs sont actuellement disponibles en France (voir par exemple, SOLVER, BioTechnosol, Bio-TUBES (Tagourdeau et al. 2020), SITERRE (Plante&Cit  et al. 2015), AGREGE¹). Mais, les réalisations en vraie grandeur restent encore limitées.

La Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP) pratique la construction de sols pour construire des merlons autoroutiers. Les Villes de Paris et Lyon, en collaboration avec des entreprises de travaux public comme ECT, ou des paysagistes, développent des supports de culture à partir de terres inertes du BTP et de compost de déchets verts.

EXEMPLE ILLUSTRATIF

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 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 2019; Plante&Cit  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).

Ce programme propose également un outil d'analyses multicritères pour faciliter le choix d'un anthroposol ( galement appelé « 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).



La « Rudoth que » SITERRE en juin 2011

© SITERRE

PERSPECTIVES ET BESOINS DE RECHERCHE

Plusieurs perspectives de recherche sont actuellement identifiées :

- Nécessité de réaliser un travail de sensibilisation sur l'importance de la traçabilité des déchets dans le contexte de la construction ou reconstitution de sols ;
- Nécessité d'intéresser des maitres d'ouvrage pour utiliser les sols construits et de communiquer sur le sujet ;
- Développer les retours d'expérience basés sur des projets de renaturation reposant sur une construction ou reconstitution de sols ont été identifiés en dehors de projets démonstrateurs tels que Bio-TUBES, SITERRE, AGREGE.

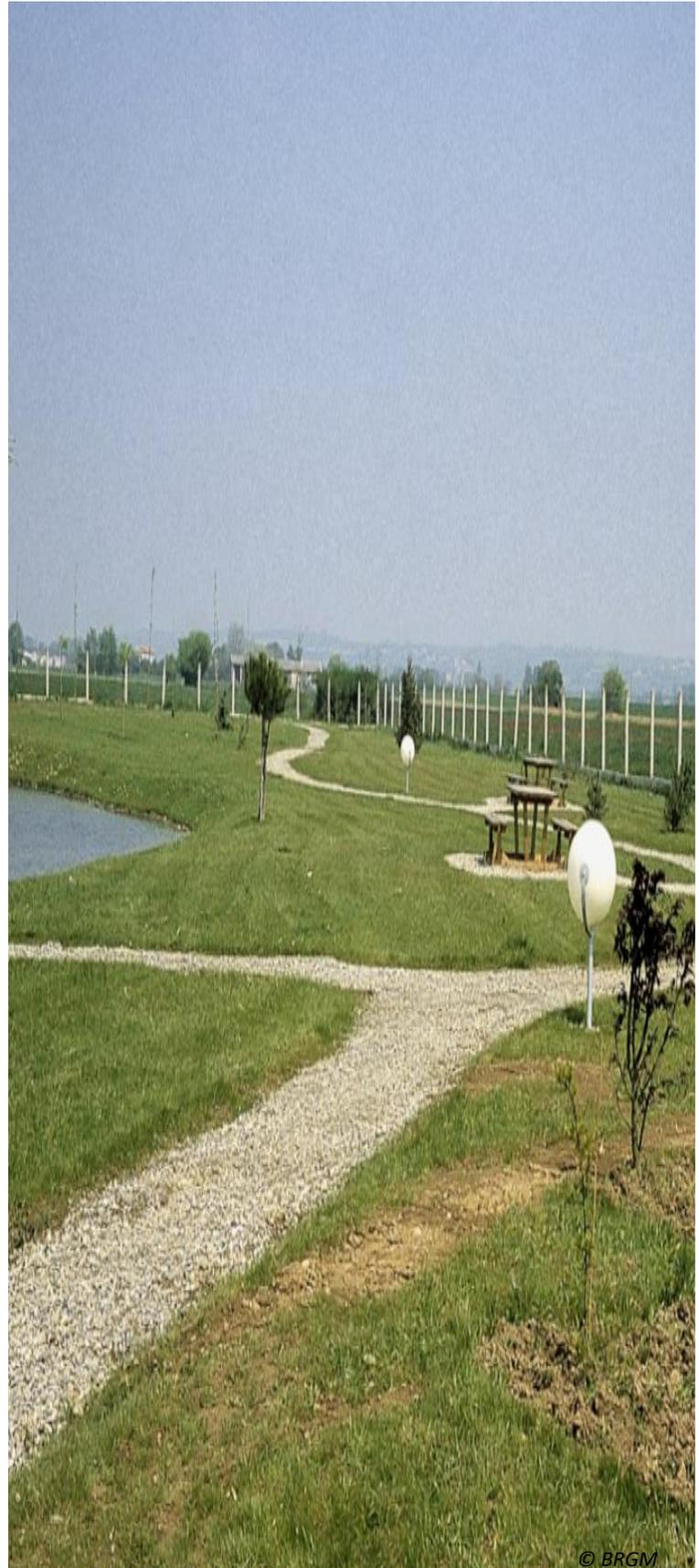
¹ <https://www.idfriches-auvergnerhonealpes.fr/actualite/agrege-2-des-demonstrateurs-en-cours-de-preparation>

CETTE FICHE EST ISSUE D'UNE SÉRIE DE FICHES PROPOSÉES PAR LE PROJET SOILVAL

Le contenu présenté dans cette fiche est issu du projet de recherche à caractère exploratoire SOILval 2020-2021. Le projet SOILval est financé par la plateforme européenne SOILveR qui encourage la recherche intégrée et transfrontalière sur la gestion des sols et des terres. L'objectif du projet SOILval est d'évaluer comment les valeurs des sols - définies comme la qualité des sols reposant sur la notion de fonctions des sols, la biodiversité des sols et les services écosystémiques associés (SE) – sont reconnues et intégrées en France et en Wallonie dans les instruments juridiques et processus décisionnels de planification, et plus particulièrement en contexte de mise en œuvre du ZAN imposé par l'Europe.

Le projet SOILval propose en complément des fiches techniques une note R&D sur les besoins en recherche sur cette thématique et deux policy brief (notes politiques) l'une pour la France l'autre pour la Wallonie qui s'intéressent aux leviers ou blocages juridiques pour cette mise en œuvre et les perspectives d'améliorations qui peuvent être envisagées.

Note : Afin de simplifier la lecture du document, l'acronyme « ZAN » (Zéro Artificialisation Nette) sera utilisé pour faire référence aux objectifs français et wallons qui sont respectivement l'absence de toute artificialisation nette des sols d'ici 2050 et freiner l'étalement urbain et y mettre fin à l'horizon 2050.



© BRGM

POUR ALLER PLUS LOIN...

RÉFÉRENCES UTILES

- *Code de l'environnement*
- *Normes 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))*
- *Décret 2015-890 (21 juillet 2015) relatif à la mise sur le marché et à l'utilisation des matières fertilisantes, des adjuvants pour matières fertilisantes et des supports de culture.*

AUTRES PRODUITS SOILVAL

Quadu F, Bâlon P., Limasset E., Malherbe A., 2021, Projet SOILval – Fiche Technique « Face aux défis de lutte contre l'artificialisation et étalement urbain en France et en Wallonie : 7 fiches pour vous accompagner à considérer les fonctions écologiques des sols en planification et aménagement du territoire. »

Quadu F., Bâlon P., Limasset E., Malherbe A., 2021. Projet SOILval – Fiche Technique « Le SDC et le SCoT... au service de la qualité écologique du sol. »

Quadu F, Bâlon P., Limasset E., Malherbe A., 2021, Projet SOILval – Fiche Technique « SOL et sol... un accord parfait? »

Quadu F, Bâlon P., Limasset E., Malherbe A., 2021, Projet SOILval – Fiche Technique « L'évaluation environnementale... ou comment améliorer la qualité écologique des sols »

Quadu F, Bâlon P., Limasset E., Malherbe A., 2021, Projet SOILval – Fiche Technique – « La désimperméabilisation des sols, pour un retour de la nature en milieu urbain ».

Quadu F, Bâlon P., Limasset E., Malherbe A., 2021, Projet SOILval – Fiche Technique « Le génie pédologique pour recréer des sols fertiles ... »

Quadu F, Bâlon P., Limasset E., Malherbe A., 2021, Projet SOILval – Fiche Technique « Connaitre la qualité des sols en France et en Wallonie et les outils d'aide à la décision en appui à la refunctionalisation des sols »

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)

Merly C., Baptist F., Fournier M., Limasset E., Bâlon P., Desrousseaux M., Quadu F., Hucq A., Malherbe A., Mefotie F. 2021. Projet SOILval – Quelle prise en compte de la valeur des sols dans la planification et l'aménagement du territoire en France et en Wallonie. Pour une meilleure reconnaissance de la qualité des sols en contexte de mise en œuvre des objectifs européens de zéro artificialisation nette – Synthèse des consultations avec les parties prenantes (WP3)

Bibliographie

AFES. 2017. « Sols et définitions ». 2017. <https://www.afes.fr/sols-et-definitions/>.

BRGM. 2020. « Constitution de matériaux alternatifs en support de culture : reformation de sols urbains fertiles à partir de déchets pour végétaliser la ville - Retour d'expérience des projets de R&D sur la reconstitution et construction de sols ».

Damas, Olivier, Anais Coulon, Philippe Bataillard, Mohammed Benbrahim, Florimond Brun, Patrice Cannavo, Pascale Chenon, et al. 2016. *Créer des sols fertiles. Du déchet à la végétalisation urbaine*. Editions du Moniteur. Antony.

France Stratégie. 2019. « Document de travail « Zéro artificialisation nette » : quels leviers pour protéger les sols ? » <https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-dt-zero-artificialisation-nette-octobre-2019.pdf>.

MTES. 2017. « Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués ».

Plante&Cité, Valterra, Rittmo Agroenvironnement, ACTeon, Luc Durand, IFFSTAR, BRGM, Université de Lorraine-GISFI, et 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. https://www.plante-et-cite.fr/ressource/fiche/476/programme_siterre_procede_de_construction_de_sols_a_partir_de_materiaux_innovants_en_substitution_a_la_terre_vegetale_et_aux_granulats_de_carriere/n:25.

Tagourdeau, Olivier, Jennifer Hellal, Daniel Montfort, Elsa Limasset, Camille Chauvin, et Enjeux de. 2020. « ADEME Enjeux de la reconversion d'une friche et comment évaluer la réhabilitation écologique d'un sol dégradé - Synthèse - Evaluation des services et des fonctions lors de la restauration écologique d'une friche Projet Bio-TUBES ». https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/synt-hese-biotubes-enjeux-reconversion-friche_2020.pdf.

Taugourdeau, Olivier, Jennifer Hellal, Daniel Montfort, Elsa Limasset, et Camille Chauvin. 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*, 42.