



# Lettre d'information

## LA QUALITÉ DES SOLS

### Comprendre, évaluer et préserver un milieu vivant

Dans un contexte de changement climatique accéléré et d'effondrement de la biodiversité, la prise en compte de la qualité des sols dans les projets d'aménagement devient un enjeu central pour **concilier développement territorial et transition écologique**. La Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) fixe une trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) visant la neutralité carbone d'ici 2050. De plus, d'après le **3e plan national d'adaptation au changement climatique**, il est nécessaire de se préparer à une hausse des températures en France hexagonale de 2,7°C en 2050 et de 4°C en 2100, ce qui implique de prendre dès maintenant des mesures concrètes d'adaptation. Les sols sont à la croisée de ces enjeux, étant un levier d'**atténuation** et d'**adaptation au changement climatique**, mais **subissant aussi les conséquences de ce dérèglement**.

Le sol est une ressource vivante, complexe, issue de l'interaction entre matière minérale, matière organique, eau, air et organismes. C'est une ressource **non renouvelable à l'échelle humaine**, puisqu'il faut plusieurs centaines voire milliers d'années pour former un sol. Il assure de nombreuses fonctions indispensables (régulation des cycles de l'eau et du carbone, support de la biodiversité, approvisionnement, etc). **La qualité d'un sol reflète sa capacité à remplir durablement ces fonctions**. Or, cette qualité peut être compromise, voire irréversiblement altérée, par l'artificialisation et l'imperméabilisation, la compaction, la pollution ou une gestion inadaptée.

En Île-de-France, où la pression foncière est particulièrement forte, préserver les sols et veiller à leur qualité dans les projets d'aménagement est devenu un impératif, tant pour **limiter l'impact des aménagements** que pour **renforcer la résilience des territoires face aux aléas climatiques**. Cela suppose non seulement de limiter la consommation d'espaces naturels, agricoles ou forestiers, en réhabilitant l'existant et en évaluant précisément les besoins de construction, mais aussi d'évaluer les fonctions écologiques des sols existants, de favoriser leur désimperméabilisation et leur restauration quand cela est possible.

À travers cette lettre d'information, la Mission régionale d'autorité environnementale (MRAe) d'Île-de-France revient sur les manières dont les projets prennent — ou devraient prendre — en compte la qualité des sols, et sur les recommandations qu'elle formule pour préserver cet écosystème précieux et trop souvent négligé.

## La qualité des sols dans les projets d'aménagement : une prise en compte encore trop partielle

À l'échelle régionale, le **Schéma directeur environnemental de la région d'Île-de-France** (Sdrif-e)[1] [2] adopté en juin 2025 fixe des objectifs de préservation des sols. Il vise notamment à atteindre l'objectif d'**absence d'artificialisation nette des sols d'ici 2050**, tout en promouvant la **densification urbaine** pour limiter l'étalement urbain. Il entend prioriser la réhabilitation des friches industrielles et des espaces vacants pour limiter l'artificialisation, consolider l'« armature verte » (espaces naturels, agricoles et forestiers, ceinture verte, grandes vallées fluviales, etc) comme support de la trame verte et bleue pour maintenir les continuités écologiques (article L. 371-1 I et R.371-19 du code env.).

Le Sdrif-e a également pour objectif de développer la **trame brune**, consistant en la continuité de sols non-artificialisés et aux fonctions préservées, en s'appuyant sur le maintien, voire la reconquête des **espaces de pleine terre**.

En termes d'objectifs chiffrés, la préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers (Naf) dans le Sdrif-e se traduit par :

- la **sanctuarisation de 13 % du territoire francilien** et de la quasi-totalité des espaces verts de la zone urbaine et périurbaine (38 000 hectares agricoles et 12 000 hectares d'espaces naturels en ville),
- la création de plus de **140 nouveaux espaces verts**,
- la plantation de **2 millions d'arbres**,
- la désimperméabilisation de **5 000 hectares de sols**,

L'objectif est de diviser par trois la consommation foncière par rapport au Sdrif de 2013 grâce à un effort de **-176 hectares par an, dans un contexte démographique nettement moins ambitieux que celui de 2013**.

La région Île-de-France finance également la création d'**îlots de fraîcheur** [3], incluant la désimperméabilisation et la végétalisation des espaces urbains. Enfin, le ministère de l'agriculture a élaboré des fiches pratiques [4] fournissant des outils pour intégrer ces enjeux dans les documents d'urbanisme.

Malgré ces différentes mesures, le constat de l'Autorité environnementale est que l'enjeu des sols est encore trop peu pris en compte par les maîtres d'ouvrage. Les études d'impact les abordent souvent de manière **indirecte ou partielle**, à travers les thématiques du foncier, de l'artificialisation ou de la pollution. La plupart des projets se limitent à l'analyse de l'emprise foncière et estiment les surfaces artificialisées (logements, voiries...) mais les sols y sont rarement abordés sous un **angle écologique** : peu de projets intègrent une typologie fonctionnelle des sols et leurs divers rôles sont très peu développés. Quelques études évoquent le stockage de carbone, la rétention d'eau ou la fertilité agricole mais de manière marginale.

## Préserver la qualité des sols pour préserver la santé

La qualité d'un sol ne comprend pas uniquement sa valeur agronomique. En effet, un sol a des propriétés intrinsèques qui lui permettent de remplir des fonctions essentielles dans le cadre de l'aménagement et dans un contexte de changement climatique.

### Les services écosystémiques rendus par les sols

Les sols présentent une grande diversité. En effet, ils se forment à partir de la **roche mère**, qui subit, au fil du temps, des altérations par l'eau, les températures, le vent. La diversité des roches mères (roches calcaires, granitiques, sédimentaires...) explique en partie la diversité des sols. Le **relief** influence également leur formation en favorisant l'accumulation ou le départ de matière. L'activité biologique joue enfin un rôle primordial dans la formation et l'évolution des sols. L'**accumulation et la décomposition de matière organique** augmentent leur teneur en **carbone**, et les diverses populations d'**organismes vivants** (bactéries, champignons, animaux) sont cruciales pour la fertilité et la structure du sol.

|                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Approvisionnement</b><br><br>Nourriture, combustibles, matériaux, médicaments...       | <b>Régulation</b><br><br>Cycles de l'eau et du carbone, régulation des bioagresseurs...           |
| <b>Services de support</b><br><br>Biodiversité, décomposition de la matière organique... | <b>Services socio-culturels</b><br><br>Aspects esthétiques, récréatifs, sources d'inspiration... |

Figure 1 : Les services écosystémiques rendus par les sols

Les sols ont ainsi des propriétés physiques et chimiques variables, qui les rendent aptes à remplir certaines fonctions et donc à fournir des **services écosystémiques** (figure 1). La **qualité d'un sol est alors la capacité de celui-ci à réaliser ces différentes fonctions** (écologiques, agronomiques, etc.) dans un **contexte pédoclimatique** donné. Le concept de santé d'un sol complète cette notion avec un aspect plus dynamique et évolutif.

Pour aborder ces approches fonctionnelles, il convient d'utiliser des **indicateurs de la qualité et de la santé des sols** associés à des référentiels et des valeurs guides fondés sur des caractéristiques bio-physico-chimiques des sols permettant d'apprécier cette qualité/santé (cf. IV.). C'est un des objectifs du projet de directive sur la surveillance des sols [5] de l'Union Européenne, et de différents projets de recherche en cours (par exemple le projet Benchmark [6]).

[1] Sdrif-e, Projet d'aménagement régional, p.6, 8, 12, 13, 30, 34, 36, 59 et 82 et Sdrif-e, Orientations réglementaires, OR N° 11, 28, 29, 76 et 101

[2] <https://www.iledefrance.fr/toutes-les-actualites/le-sdrif-e-officiellement-adopte-au-terme-de-3-annees-de-preparation>

[3] <https://www.iledefrance.fr/aides-et-appels-a-projets/ilots-de-fraicheur>

[4] <https://driaaf.ile-de-france.agriculture.gouv.fr/fiches-pratiques-amenagement-et-espaces-naturels-agricoles-et-forestiers-a1726.html>

[5] <https://www.consilium.europa.eu/fr/press/press-releases/2025/04/10/soil-monitoring-law-council-reaches-deal-with-parliament/>

[6] <https://www.inrae.fr/actualites/sante-sols-lancement-du-projet-benchmark>

Dans ses avis, la MRAe Île de France recommande fortement de ne plus considérer le sol au travers du seul prisme quantitatif de la consommation d'espaces naturels, agricoles ou forestiers, mais d'intégrer de manière la plus exhaustive possible l'enjeu de la qualité des sols dans les projets d'aménagement. Une **étude qualitative et quantitative des sols** peut par exemple être réalisée dans le cadre d'un PLU(i) afin de penser l'aménagement en fonction des sols, en priorisant la réhabilitation des bâtiments existants, en tenant compte des besoins réels de développement local et, en dernier recours, de choisir les espaces à artificialiser en fonction de la qualité des sols.

## De précieux réservoirs de biodiversité

La première fonction écologique des sols est d'être un **support de biodiversité**. Celle-ci est classée en quatre grandes catégories : micro-organismes (bactéries, champignons, archées, etc.), microfaune (nématodes, tardigrades, etc.), mésofaune (acariens, collemboles, etc.), macrofaune (lombrics, gastéropodes, arachnides) (figure 2). À titre d'exemple, dans une motte de terre, on estime qu'il y a 50 km de racines de plantes, 500 km de filaments de champignons, 100 milliards de bactéries, 100 000 protozoaires ou encore 5 000 insectes. La biodiversité joue un rôle fondamental dans la **régulation des cycles biogéochimiques**, la **fertilité des sols**, la **qualité de l'eau** et de **l'air**, ainsi que dans la **résilience** des écosystèmes face aux perturbations, ce qui conditionne directement notre sécurité alimentaire, notre santé et notre bien-être.

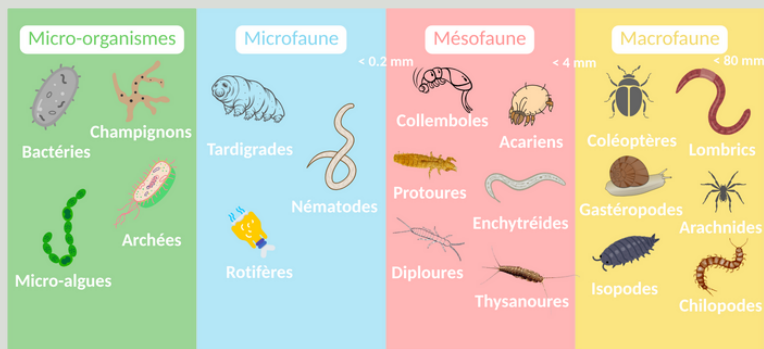


Figure 2 : La biodiversité des sols (non exhaustif).

L'Autorité environnementale recommande par conséquent de ne pas négliger l'analyse de la biodiversité (à l'état initial et après réalisation du projet, du plan ou du programme) dans les études d'impact, de ne pas limiter l'évaluation aux **espèces protégées ou invasives**, mais aussi aux **espèces communes** et **patrimoniales** susceptibles d'être affectées par le déroulé des travaux ou l'état final du projet d'aménagement, et de prendre en compte la **biodiversité du sol lui-même**.

Dans l'avis n°APJIF-2025-007 du 26/02/2025, portant sur le projet de zone d'aménagement concerté « Gare-Bécannes » à la Verrière (78), la MRAe a souligné l'insuffisance de l'évaluation des incidences sur les « fonctions écologiques des sols, réelles ou potentielles, notamment aux plans biologique, hydrique, agronomique et du stockage de carbone », mais aussi le manque de « mesures d'évitement et de réduction de ces incidences ».

## De puissants épurateurs de l'eau

Le sol a un rôle important de **filtration** et d'**épuration** de l'eau. Il exerce une fonction de tampon entre le régime des eaux superficielles et l'alimentation des eaux souterraines. Lorsque l'eau s'infiltre dans un sol, de nombreuses réactions chimiques ont lieu à l'interface entre la solution et la phase solide ou les organismes vivants du sol. Les particules solides (sédiments et débris) sont retenues par la phase solide ce qui permet de rendre l'eau plus claire. En plus de cette **filtration physique**, les organismes vivants décomposent en partie les **contaminants chimiques et biologiques** de l'eau. D'autres peuvent être piégés par certains constituants organiques ou minéraux. Une fois que l'eau a traversé le sol, elle s'infiltre jusque dans les nappes où d'autres micro-organismes transforment les contaminants en molécules moins nocives. Cette capacité d'infiltration et de filtration de l'eau dépend de l'épaisseur du sol et montre l'importance de préserver la pleine terre [1].

## Les sols, facteur de diminution des effets du changement climatique et d'adaptation

### Les sols participent à la réduction des émissions de gaz à effet de serre en stockant du carbone

À l'échelle mondiale, on estime que les trente premiers centimètres de sol représentent un **réservoir de carbone deux à trois fois plus important que la biomasse végétale ou l'atmosphère**. Cela représente environ 2 500 milliards de tonnes de carbone [2]. Les mangroves, les tourbières, les forêts ou les prairies font partie des écosystèmes qui stockent le plus de carbone. À titre d'exemple, les tourbières couvrent 3 % des surfaces émergées sur la planète, mais 613 Gt de carbone, soit près d'un tiers des stocks mondiaux de carbone du sol de la planète [3].



Figure 3 : Le stockage de carbone selon les types de sols (adapté de l'Inrae).

[1] Cf. E. Synthèse sur le lien entre fonctions écologiques et préservation de la pleine terre (p.7)

[2] <https://www.inrae.fr/actualites/sols-face-au-changement-climatique>

[3] <https://lejournal.cnrs.fr/diaporamas/tourbieres-une-bombe-climatique-a-retardement>

# COMMENT ACCROÎTRE LE STOCK DE CARBONE DANS LES SOLS ?

Plus le sol est couvert, plus il est riche en matière organique, et donc en carbone. Jusqu'à présent, le combat contre le changement climatique s'est concentré sur la protection et la restauration des forêts. Il faut aller au-delà et encourager une plus grande couverture végétale sous toutes ses formes.



Ne pas laisser le sol nu, et moins le travailler (méthode de non-labour)



Introduire davantage de cultures intermédiaires, d'associations de cultures et de bandes enherbées



Ajouter des haies en bordure des champs et développer l'agroforesterie



Optimiser la gestion du pâturage avec des périodes et des rotations adaptées



Restaurer les terres en mauvais état par exemple dans les régions arides et semi-arides



Améliorer la gestion de l'eau et des fertilisants et utiliser des engrais organiques

Figure 4 : Les leviers d'augmentation du stockage de carbone dans les sols [1].

Dans ses avis, l'Autorité environnementale insiste pour que les projets d'aménagement prennent en considération le potentiel de **stockage de carbone des sols**, et mettent en place des actions favorisant ce stockage.

## Le changement d'usage des sols engendre des émissions importantes de gaz à effet de serre

Les **changements d'occupation des sols** comme la mise en culture ou l'artificialisation (encadré 1) conduisent à un déstockage de carbone et à des émissions de protoxyde d'azote ( $N_2O$ ) accrues, aggravant le réchauffement climatique déjà en cours. En effet, comme vu précédemment, certains écosystèmes stockent des quantités importantes de carbone. Transformer ces écosystèmes en espaces de production agricole (élevage ou cultures intensifs) ou artificialisés engendre le **déstockage de ce carbone** et ainsi des émissions importantes de  $CO_2$  [2].

À titre d'exemple, les deux tiers des mangroves détruites dans le monde résultent de la production de crevettes, d'huile de palme et de riz. Des facteurs tels que la **fertilisation, l'aération ou le tassement, le retour au sol de matières organiques et leur minéralisation** (par le labour par exemple) peuvent modifier ces émissions.

Dans l'Union Européenne, la base de données Corine Land Cover [3] permet de suivre les proportions de terres agricoles, forêts et milieux semi-naturels, territoires artificialisés et zones humides. Entre 2012 et 2018, en France, la plupart des changements d'utilisation des sols (71 %) concernent la **transformation de terres agricoles en sols artificialisés** [4].

La gestion des sols peut constituer un levier important dans l'**atténuation** du réchauffement climatique : certaines pratiques peuvent contribuer à maintenir, voire à augmenter, leur capacité de stockage de carbone.

En 2015, lors de la COP21, l'initiative **4p1000** [1] a été lancée par la France. Elle vise à montrer que les sols agricoles peuvent jouer un rôle essentiel en matière de changement climatique, et qu'une **augmentation du carbone stocké dans les 30 à 40 premiers centimètres des sols de 0,4 %** (soit 4 %, d'où le titre de l'initiative) par an est une orientation qui permettrait de réduire considérablement l'augmentation du taux de  $CO_2$  dans l'atmosphère.

Ces changements d'utilisation des sols peuvent se traduire par une augmentation des émissions de gaz à effet de serre et par de nombreuses **autres incidences environnementales** (perte de biodiversité, etc.).

L'Autorité environnementale recommande donc aux maîtres d'ouvrage de réaliser des études complètes sur les conséquences des projets en termes d'émissions de  $CO_2$  en cas de changement d'usage des sols. Ainsi, dans l'avis n°ACIF-2025-004 du 09/04/2025 portant sur le projet de Zac du Triangle de Gonesse (95), la MRAe pointe le fait que le bilan carbone ne prend pas en compte la perte de capacité de séquestration de  $CO_2$  liée au changement d'usage des sols et à la destruction de terres agricoles.

## La préservation de la qualité des sols participe à l'adaptation au changement climatique

Le changement climatique a pour conséquences une augmentation, d'une part, des sécheresses et des canicules, et d'autre part, des pluies extrêmes, dont on peut déjà constater les effets depuis plusieurs années, tant en termes de santé, de qualité de vie, de dommages matériels et de coûts individuels et collectifs induits. Les sols constituent un levier d'adaptation car ils contiennent des **réserves d'eau** en partie disponibles pour les plantes. La préservation de cette ressource peut permettre de **limiter le recours à l'irrigation en agriculture**. Pour cela, le taux de matière organique est important car il contribue à améliorer la porosité du sol et sa résistance à la compaction. En milieu urbain, l'**évapotranspiration** peut **limiter les hausses de température localement** (réduire les îlots de chaleur urbains [5]), ce qui devrait inviter à préserver les sols et leur couverture végétale.

[1] <https://4p1000.org/decouvrir/>

[2] Le changement d'usage des sols : Une problématique climatique plus large et pertinente que la seule déforestation, Clément Ory et Corentin Leroux, Carbone 4, janvier 2025

[3] <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/corine-land-cover-0>

[4] <https://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/biodiversite/les-sols-et-sous-sols/article/changements-d-utilisation-des-sols>

[5] Cf. la lettre d'information sur la surchauffe urbaine publiée par la MRAe en mars 2025

Quant aux pluies extrêmes, le pouvoir absorbant des sols permet d'une part, de **limiter les risques d'inondations et de crues** et ainsi de protéger les populations, et d'autre part, d'**alimenter les nappes souterraines** pour être plus résilient face aux sécheresses.

Dans les projets d'aménagement, il est important de s'assurer de la **perméabilisation** des sols ou du maintien de leur perméabilité, en particulier dans les milieux urbains, vulnérables du fait du haut degré d'artificialisation de ces espaces (encadré 1), afin de s'adapter aux phénomènes climatiques extrêmes de plus en plus fréquents et aux conséquences du ruissellement et des crues.

**L'Autorité environnementale insiste sur la nécessité de réduire la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers. Elle recommande d'optimiser l'utilisation du foncier en favorisant le renouvellement urbain.**

Préserver la pleine terre pour améliorer le cadre de vie urbain [1]

Les fonctions écologiques évoquées précédemment sont liées à la profondeur du sol : plus un sol est profond, plus il stockera de carbone, plus la biodiversité sera quantitativement et qualitativement riche, et plus il stockera l'eau, même si ces fonctions sont assurées majoritairement par les premiers horizons de sol. Un sol plus épais permet d'accueillir une végétation plus variée. Enfin, la **continuité verticale entre sol et sous-sol permet l'infiltration de l'eau** dans les nappes souterraines [2].

En milieu urbain, la pleine terre est **un sol capable d'exercer tout ou partie des fonctions associées à un sol naturel** mais le concept n'a pas d'équivalent en milieu naturel, puisqu'il s'applique essentiellement en milieu urbain.

La pleine terre est une notion déjà présente dans certains documents de planification dont les définitions peuvent intégrer les fonctions des sols. La notion de pleine terre citée dans les règlements de certaines collectivités est employée pour exiger une part minimale de surface non bâtie et non revêtue lors de projets de construction (65 % dans le PLU bioclimatique de Paris), sans prendre en compte les aspects qualitatifs du sol. Comme une définition commune fait défaut, les PLU en donnent souvent leur propre définition et fixent des objectifs très variables à sa préservation, d'autant qu'elle se mesure mal, faute de repères conventionnels. Le **code de l'urbanisme** permet d'exiger la **préservation d'une part minimale de surface non imperméabilisée ou éco-aménageable**, éventuellement pondérée en fonction de sa nature [3], dite coefficient de biotope par surface (CBS). Chaque PLU fixe les coefficients pondérateurs des surfaces aménageables selon ses propres critères et le contexte local [4](tableau 1 adapté de [4]).

**L'artificialisation** est définie dans la loi Climat et Résilience comme suit : « 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**. »

En France, près de **24 000 hectares** de sols agricoles, forestiers ou naturels (Naf) ont été **artificialisés par an** en moyenne entre 2011 et 2021, selon **l'Observatoire de l'artificialisation des sols**.

Afin de mesurer la consommation d'espaces Naf, l'institut Paris Région propose des outils comme le **mode d'occupation des sols (MOS)**. Ces données aident à orienter les politiques de sobriété foncière et à suivre les progrès vers l'objectif d'absence d'artificialisation nette (Zan).

Il est important de noter que la notion d'artificialisation ne se superpose pas au caractère anthropisé : une plaine céréalière en agriculture intensive, une forêt de pins en monoculture, une carrière ou un verger traité aux pesticides ne sont pas considérés comme artificialisés mais sont (fortement) anthropisés alors qu'un parc urbain, pourtant sans pesticides, est considéré comme artificialisé.

*Encadré 1 : L'artificialisation des sols*

En complément, il peut être intéressant d'utiliser un coefficient de pleine terre pour en garantir une proportion minimale au sein de l'unité foncière d'une opération, sans oublier les différences de fonctionnalités entre un sol désimperméabilisé et un sol initial non bâti.

Dans plusieurs avis, la MRAe émet des recommandations en faveur d'une considération accrue de la pleine terre. Dans l'avis n°MRAe APPIF-2023-084 du 27/09/2023 portant sur le projet de révision du PLU d'Orsay (91), la MRAe recommande de renoncer à la dégressivité du taux minimum exigé de surface de pleine terre pour les terrains d'assiette les plus grands, et de fixer une limite d'emprise au sol dans une des zones du projet.

| Type d'espaces               | Caractéristiques                                                                      | Coefficient de biotope |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Espace libre de pleine terre |  | 1                      |
| Espace vert sur dalle        |  | 0.5 à 0.8              |
| Toiture végétalisée          |  | 0.4                    |
| Mur végétalisé               |  | 0.2                    |
| Surface imperméabilisée      |  | 0                      |

Tableau 1 : Les coefficients de biotope par surface selon les sols

[1][https://www.cerema.fr/system/files/documents/2022/05/3.5\\_note\\_pleine\\_terre.pdf](https://www.cerema.fr/system/files/documents/2022/05/3.5_note_pleine_terre.pdf)  
[2]A titre d'exemple, une toiture végétalisée extensive a un coefficient de ruissellement de 0.6 contre environ 0.2 pour de la pleine terre (le volume d'eau à gérer au sol sera d'autant plus minoré que le coefficient de ruissellement de la toiture est faible) (Source : arb-idf.fr)  
[3] Article R. 151-43 du code de l'urbanisme  
[4] [https://www.institutparisregion.fr/fileadmin/NewEtudes/000pack2/Etude\\_2577/NR\\_884\\_web.pdf](https://www.institutparisregion.fr/fileadmin/NewEtudes/000pack2/Etude_2577/NR_884_web.pdf)

## Évaluer au plus tôt la pollution des sols pour préserver la santé humaine [1]

Un site pollué est un site qui, du fait d'anciens dépôts de déchets ou d'infiltration de substances polluantes dans les sols et les nappes, présente une **pollution susceptible de provoquer une nuisance ou un risque pérenne pour les personnes et l'environnement**. Ces situations sont souvent dues à d'anciennes pratiques d'élimination des déchets, des fuites ou des épandages de produits chimiques, accidentels ou non [2]. Il existe aussi des contaminations dues à des retombées de rejets atmosphériques.

Les sols contaminés représentent un **danger pour la santé humaine et des écosystèmes**, en plus de présenter des altérations des fonctions écologiques et donc de leur qualité. En effet, les substances nocives peuvent pénétrer dans l'organisme humain par **ingestion** directe de terre (notamment chez les jeunes enfants), de poussières contaminées ou d'eau de captage polluée (à travers son ruissellement ou son infiltration dans les sols), par **inhalation** de substances volatiles (composants organiques volatils, hydrocarbures à chaîne courte), par **contact cutané** ou par **consommation de produits agricoles** cultivés sur des sols pollués.

En Île-de-France, plusieurs sites contaminés subsistent du fait de pratiques anciennes (difficultés à recenser les anciennes activités, peu de moyens alloués à la dépollution). Les principaux contaminants identifiés dans les sols ou les nappes des sites pollués sont les hydrocarbures et les métaux lourds, notamment le cadmium et le plomb [3]. L'exposition au plomb provoque des cas de **saturnisme** (les enfants y étant plus vulnérables), une maladie qui peut entraîner des troubles du comportement et de l'attention, voire des troubles irréversibles du développement neurologique. La pollution des sols est donc un **enjeu majeur de santé publique**, nécessitant une vigilance accrue et des mesures de prévention, ainsi qu'une meilleure information des citoyens.

D'un point de vue juridique, les sites et sols pollués sont encadrés par les articles L. 556-1 à 3 du code de l'environnement qui prévoient entre autres, en cas de **changement d'usage**, une procédure de mise en compatibilité du site avec l'usage futur envisagé pour le terrain.

Les bases de données Basol et Basias, devenue Casias, recensent les zones polluées ou présentant un risque de pollution, ainsi que l'inventaire des anciens sites industriels sur le territoire français (dont les ICPE). Ces bases sont désormais regroupées sur la plateforme **Infosols**[4] (accessible aux services du ministère), qui alimente le site **Géorisques** [5] (accessible au grand public).

La détermination d'une pollution aux éléments traces métalliques (arsenic, cadmium, etc) se fait par rapport à une référence, le **fonds pédogéochimique local** recensé dans la base de données Aspitet (pour les éléments traces métalliques). Ces valeurs sont applicables sur tout type de sol, y compris urbain, sauf s'il existe une autre source de données (fonds pédogéochimiques locaux comme le **GéoBaPa**, ou encore **BDSolu** [6] qui inclut, outre les métaux, des mesures de substances organiques).

Le sujet de la pollution des sols est souvent traité dans les études d'impact fournies par les maîtres d'ouvrage et dans les avis rendus par l'Autorité environnementale mais celle-ci insiste sur l'importance pour tout projet susceptible d'affecter des sols à risque, d'inclure dans l'étude d'impact un **diagnostic précis des contaminations induites pas les différents polluants**, d'estimer les **effets possibles sur la santé humaine et les écosystèmes** et de prévoir des **mesures de gestion pertinentes**. Ces éléments doivent intervenir au plus tôt dans les projets d'aménagement, notamment en appliquant la **méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués** publiée en 2017 [7]. Le **schéma conceptuel** est un des outils inclus dans la méthodologie permettant de caractériser l'état des milieux (identification des sources de pollution, des milieux pollués, des voies de transfert, et des enjeux à protéger) (figure 5).

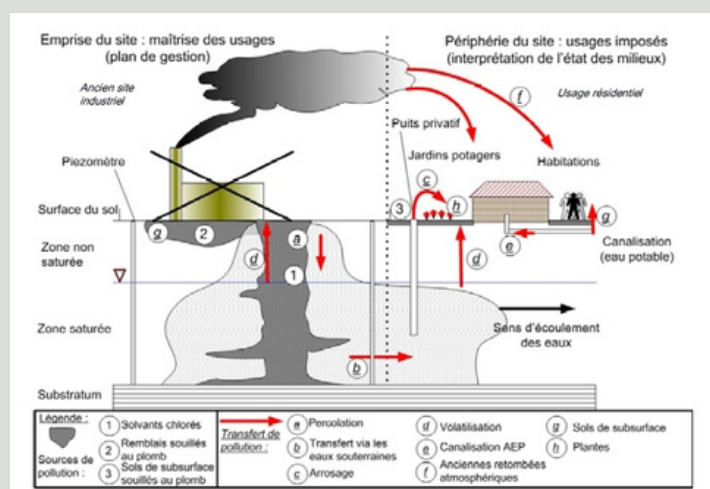


Figure 5 : Schéma conceptuel issu de la publication du BRGM "Schéma conceptuel et modèle de fonctionnement", 2007 [8]

Les mesures de gestion des sites pollués peuvent consister en la **dépollution du site** (excavation ou dépollution en place, évacuation et réemploi des déblais [9] comme dans l'avis délibéré de la MRAe du 23 avril 2020 sur le projet d'aménagement de la RD 190 à Carrières-sous-Poissy et Triel-sur-Seine) ou à **éviter de construire des établissements accueillant des publics sensibles** sur des sites pollués.

Par exemple, suite à l'examen au cas par cas du projet d'aménagement du site Safran à Argenteuil, une crèche qui devait s'installer sur un secteur potentiellement pollué a été relocalisée sur un site présentant un risque plus faible (avis du 8 mars 2019).

[1] Une lettre d'information sur les sites et sols pollués en cours de rédaction développera ces aspects.

[2] <https://basol.developpement-durable.gouv.fr/accueil.php>

[3] Etude de l'Observatoire régional de santé d'Île-de-France, 2014

[4] <https://monaiot.developpement-durable.gouv.fr/glossaire/infosols>

[5] <https://www.georisques.gouv.fr/risques/sites-et-sols-pollues/accueil>

[6] <https://www.bdsolu.fr/fr/projet>

[7] <https://ssp-infoterre.brgm.fr/fr/methodologie/methodologie-nationale-gestion-ssp>

[8] <https://ssp-infoterre.brgm.fr/fr/methodologie/schema-conceptuel>

[9] Le réemploi n'est pas toujours possible, un guide à ce sujet existe : <https://ssp-infoterre.brgm.fr/fr/guide/valorisation-hors-site-tex>

## Une prise en compte récente de la qualité des sols dans les politiques publiques

Comme vu précédemment, les sols sont à l'intersection de plusieurs enjeux environnementaux majeurs. Mais l'Union Européenne ne s'est saisie de la question des sols et de leur qualité que récemment, alors que la directive-cadre sur l'eau date de 2000. Le cadre juridique européen est, encore aujourd'hui, très peu contraignant. Selon l'EUSO (European Union Soil Observatory [1]), environ **62 % des sols européens seraient actuellement dégradés** (érosion, pollution, nutriments, perte de biodiversité, compaction, salinisation, artificialisation et disparition des prairies).

Depuis les années 1970, plusieurs conférences et chartes soulignent la nécessité de protéger les sols, mais sans définir de règles contraignantes. Les tentatives de formalisation de ces préoccupations se sont multipliées, avec des initiatives significatives : en 2021, la Commission européenne a ainsi adopté dans le cadre du Green Deal une nouvelle **stratégie pour les sols** [2] affichant plusieurs ambitions et notamment la création d'un cadre juridique contraignant.

Trois ans plus tard, le **règlement sur la restauration de la nature** [3], adopté en février 2024, inclut des dispositions indirectement relatives aux sols comme la non détérioration des zones naturelles afin de protéger les pollinisateurs, et des mesures visant à améliorer l'indicateur de stockage de carbone organique dans les sols cultivés. Le règlement fixe également comme objectif de restaurer 30 % des habitats concernés par la nouvelle législation (forêts, prairies, zones humides, lacs et fonds coralliens), en priorisant les zones Natura 2000.

En 2023, la Commission européenne a présenté une proposition visant à instaurer un cadre solide et cohérent pour des sols européens en bonne santé d'ici 2025, afin de combler les lacunes réglementaires. La directive [4] devrait être adoptée formellement par le Conseil et le Parlement en deuxième lecture. Une fois entrée en vigueur, elle impliquera la fixation d'un **cadre commun de surveillance et d'évaluation de l'état des sols et de leur gestion durable**, reposant sur des descriptifs physiques, chimiques et biologiques, des critères de santé, d'occupation et d'imperméabilisation. Un **recensement de tous les sites contaminés** sera obligatoire. Le projet de directive reprend à son compte l'**objectif d'absence d'artificialisation nette d'ici 2050** en mettant l'accent sur la lutte contre l'imperméabilisation et la destruction des sols.

À l'échelle nationale, avant la **loi Climat et Résilience** [5] de 2021, qui a institué l'objectif d'absence d'artificialisation nette et a défini l'artificialisation et les fonctions des sols, la question des sols a été de la même façon assez peu traitée, ou de manière hétérogène dans le cadre juridique français. Quelques lois ont commencé à défricher le sujet à partir des années 1960 comme la loi d'orientation foncière de 1967, la loi relative à la protection de la nature créant les études d'impact en 1976, la création des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), ou encore la loi sur l'eau de 1992.

Les années 1990-2000 ont représenté un tournant dans la prise en compte des sols dans la sphère politique et juridique. La surveillance des sols s'est étoffée avec la création du **Groupe d'intérêt scientifique (GIS) Sol** en 2001 et de son **Réseau de mesure de la qualité des sols (RMQS)** qui permet de suivre à long terme la qualité des sols en France. 2 240 sites sont échantillonnés tous les 15 ans avec la première campagne effectuée entre 2000 et 2009. La seconde est en cours. D'autres mesures consécutives ont suivi depuis les années 2000 (figure 2).

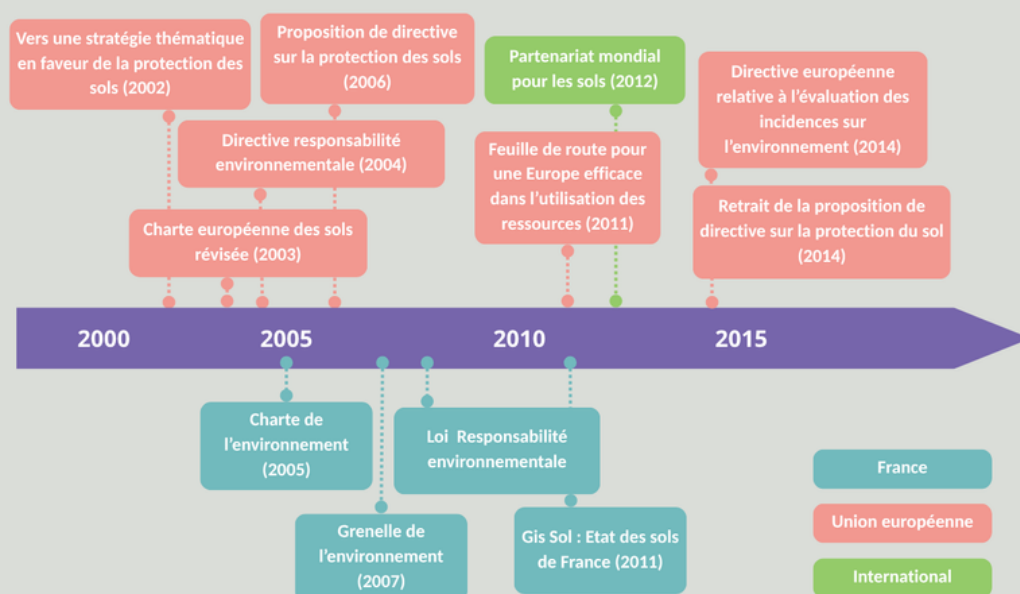


Figure 2 : Frise chronologique des principaux instruments relatifs à la protection des sols entre 2000 et 2015 à l'échelle internationale (orange), européenne (vert) et française (bleu). [adapté de [6]].

[1] <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/esdacviewer/euso-dashboard/>

[2] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0699>

[3] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1991&qid=1722240349976>

[4] <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-11299-2024-INIT/fr/pdf>

[5] <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043956924>

[6] Cousin I. (coord.), Desrousseaux M. (coord.), Angers D. et al. (2025). Préserver la qualité des sols : vers un référentiel d'indicateurs. Rapport d'étude, Inrae (France). 780 pages - DOI 10.17180/qnpx-x742.

La **Stratégie nationale bas carbone** (SNBC 3 publiée en 2024) inclut la gestion des sols comme levier stratégique à travers la lutte contre l'artificialisation des sols, le stockage de carbone dans les sols agricoles et forestiers et la gestion durable des sols forestiers. Enfin, le sujet de la biodiversité des sols, encore très marginal dans les politiques publiques, commence à être abordé, notamment dans la **Stratégie nationale pour la biodiversité** (SNB 2030) et sa mesure n°26 : « Protéger et restaurer nos sols » [1]. Le RMQS intègre également peu à peu une dimension biodiversité des sols avec le programme RMQS BioDiv [2].

Le développement d'indicateurs et d'outils pour mesurer la qualité des sols

Afin de mieux prendre en compte la qualité des sols dans les projets d'aménagement et plus largement pour la mise en œuvre et le suivi des politiques publiques concernées, il est important de pouvoir **mesurer et évaluer la qualité des sols**. Le rapport d'expertise collective de l'Inrae [3] associé à plusieurs bureaux d'études, instituts et centres de recherches, publié en 2025, établit un état des lieux des acquis scientifiques permettant de poser les bases d'un système d'indicateurs (tableau 1).

Un indicateur peut faire référence à une **quantité** (ex : quantité de carbone organique du sol), un **élément de l'écosystème** (ex : présence d'une espèce animale ou végétale), un **instrument de mesure** (ex : présence d'une espèce bio-indicatrice utilisée pour estimer la présence de contaminants), une **valeur particulière** (ex : taux d'érosion). L'information transmise par l'indicateur peut avoir une valeur **descriptive ou normative**.

Les indicateurs peuvent être classés différemment en fonction de leur **finalité, de leur nature, de leur niveau d'intégration spatiale ou temporelle, ou encore de la méthode d'estimation de l'indicateur**.

Le rapport constate aussi la **faible prise en considération du potentiel agronomique des sols**. Tous ces indicateurs sont peu connus et suscitent peu d'intérêt dans les collectivités locales qui ne leur accordent pas de place dans les zonages d'urbanisme. Le rapport conclut à la nécessité de continuer à renforcer les composantes d'opérationnalité technique et d'usage de tels indicateurs.

Certaines initiatives conduisent cependant à pondérer ce constat. Dans le territoire correspondant à l'ancienne région Languedoc-Roussillon, faisant maintenant partie de la région Occitanie, des **classes de potentiel agronomique des sols** [4] ont été créées, sur la base d'indicateurs de leur qualité physique.

D'autres travaux vont au-delà du potentiel agronomique pour appréhender la multifonctionnalité des sols en postulant que des sols multifonctionnels doivent être dédiés à un usage qui ne compromette pas leurs qualités ou qui requière un sol de bonne qualité.

Le projet **Muse** [5] s'inscrit dans cette optique. Il retient quatre fonctions pour construire l'indice de multifonctionnalité des sols : **source de biomasse, régulation du cycle de l'eau, réservoir de carbone, réservoir de biodiversité**. Il s'appuie sur des référentiels régionaux pédologiques (RRP [6]), complétés par des mesures locales afin d'obtenir une échelle plus fine. Ainsi, cela permet d'accompagner les collectivités territoriales dans la réalisation de diagnostics territoriaux et d'orienter leur stratégie d'aménagement.

La méthode Muse a été utilisée à **Ris Orangis** pour intégrer la qualité des sols dans la révision du PLU. L'étude pédologique a révélé des sols d'excellente qualité, notamment dans une zone où était prévue la création d'un écoquartier de 800 logements. Ce projet a été réduit à 250 logements afin de limiter son impact sur le sol. En outre, le diagnostic a permis d'éviter de densifier une zone pavillonnaire dont le sol est de très bonne qualité.

| Chimiques                                                                                                                                                                   | Physiques                                                                                                                                                                                                                                                       | Biologiques                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Carbone organique<br>pH<br>Phosphore<br>Azote<br>Potassium<br>Corg/%argile<br>C/N<br>Capacité d'échange cationique<br>Polluants inorganiques<br>Polluants organiques<br>... | Densité apparente<br>Conductivité hydraulique<br>Granulométrie<br>Capacité de stockage d'eau<br>Taux d'érosion<br>Profondeur<br>Résistance à la pénétration<br>Stabilité structurale<br>Porosité<br>Vulnérabilité à la compaction<br>Régulation de l'eau<br>... | Biomasse microbienne<br>Nématodes<br>Vers de terre<br>Quotient métabolique<br>Enzymes du sol<br>Respiration du sol<br>Collemboles<br>Microarthropodes<br>Activité biologique<br>... |

Tableau 1 : Exemples d'indicateurs de qualité du sol communément utilisés classés par nature

[1] <https://biodiversite.gouv.fr/mesure-26-protger-et-restaurer-nos-sols>  
[2] [https://www.gissol.fr/fiches\\_pdf/Biodiv.pdf](https://www.gissol.fr/fiches_pdf/Biodiv.pdf)  
[3] Cousin I. (coord.), Desrousseaux M. (coord.), Angers D. et al. (2025). Préserver la qualité des sols : vers un référentiel d'indicateurs. Rapport d'étude, Inrae (France). 780 pages - DOI 10.17180/qnpx-x742  
[4]<https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/classes-de-potentiel-agronomique-des-sols-en-languedoc-roussillon-7-classes-cpas/>  
[5]<https://www.cerema.fr/fr/actualites/muse-methode-cartographier-multifonctionnalite-potentielle>  
[6]<https://artificialisation.developpement-durable.gouv.fr/bases-donnees/referentiel-regional-pedologique>

D'autres outils existent tels que celui conçu dans le cadre du projet **Destisol** [1] ou le **Bilan d'opération de transition foncière** [2] en cours de création par l'Institut de la transition foncière. Cet outil vise à mesurer et intégrer la valeur des sols et les externalités négatives liées à leur dégradation dans le cadre de projets d'aménagement. L'Ademe a, elle aussi, publié avec le BRGM une série de sept fiches pour faciliter la prise en compte des fonctions écologiques des sols dans la planification et l'aménagement du territoire (projet SOILval [3]).

Enfin, les **profils environnementaux** constituent un outil à disposition des acteurs de l'aménagement du territoire pour mieux connaître les enjeux écologiques et les prendre en compte dans les orientations de chaque territoire. Leur création fait suite à la circulaire du 23 mars 2009 exigeant, dans chaque région, la création d'un profil environnemental actualisé et partagé. En **Normandie**, un profil environnemental des sols a été publié en 2015 et est en cours d'actualisation depuis 2021. Ce travail est **collaboratif** et réunit de nombreux acteurs régionaux (ARS, Ademe, Cerema, Draaf, OFB, Giec normand, etc).

Ce profil environnemental du sol [4] a pour but d'**améliorer la compréhension de son fonctionnement** auprès de tous les acteurs de l'aménagement (porteurs de projets, bureaux d'études, etc), de permettre une **meilleure prise en compte du sol dans les évaluations environnementales, de fournir une grille de lecture régionale et d'appuyer les avis de la MRAe**. Dans cette optique, les différents partenaires ont caractérisé les **types de sols** dans la région, recensé leurs **fonctions écologiques**, les **dégradations** qu'ils subissent, avec une cartographie de leur **sensibilité** (érosion, artificialisation, pollution, etc). Ils ont enfin listé une série de **leviers d'actions**, parmi lesquels la **dépollution**, la **renaturation**, ou encore les **pratiques culturelles** plus respectueuses des sols.

L'Autorité environnementale encourage ainsi à renforcer le **diagnostic pédologique** dans les études d'impact (fertilité, stockage de carbone, biodiversité, etc) et recommande plus généralement, en amont des choix d'implantation de projets et de zonages d'urbanisme, d'**évaluer la qualité des sols** dans leur globalité, comme la fertilité des terres agricoles, les pollutions résiduelles de sites industriels ou d'activités agricoles, la présence d'espèces patrimoniales ou la nature particulière d'un écosystème (zones humides par exemple), pour orienter les choix de localisation des ouvrages.

Elle recommande par exemple de justifier le choix du site au regard de la qualité des sols : éviter les sols fertiles si des friches ou des sols déjà artificialisés sont disponibles, ou s'il existe un potentiel de densification comme cela est préconisé dans le Sdrif-e.

[1] <https://www.cerema.fr/fr/actualites/projet-recherche-destisol>

[2] <https://www.transitionfonciere.fr/botf>

[3] <https://librairie.ademe.fr/urbanisme-territoires-et-sols/5380-l-evaluation-environnementale-ou-comment-ameliorer-la-qualite-ecologique-des-sols.html>

[4] <https://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr/le-profil-environnemental-normandie-r307.html>

**Un grand merci aux contributeurs et contributrices de cette lettre d'information :**

Margot Holvoet, Institut de la Transition Foncière

Anne Baudry, chargée de mission évaluation environnementale à la Drieat

Philippe Branchu, ingénieur de recherche (sol et eau) au Cerema

Sandrine Héricher, cheffe de projet "Profil environnemental" à la Dreal de Normandie

Guillaume Feaux, chargé d'étude évaluation environnementale à la Drieat

*Cette lettre a été rédigée par Elodie Cuvillier, étudiante en double-diplôme ENS-AgroParisTech, dans le cadre d'un stage à la MRAe Île-de-France entre mai et juillet 2025.*

## La Mission régionale d'autorité environnementale d'Île-de-France

Les autorités environnementales sont des collèges d'experts indépendants des maîtres d'ouvrage. La loi répartit les compétences de trois types d'autorités environnementales. Pour l'Île-de-France, l'autorité environnementale rendant le plus grand nombre d'avis est la mission régionale d'autorité environnementale (MRAe) (246 en 2024). Elle prend également de nombreuses décisions sur les des plans et programmes, des PLU notamment (125 en 2024).

Elle est composée d'un collectif de membres, épaulé par une assistante et par seize agents en poste à la DRIEAT mais placés théoriquement sous l'autorité du président de la MRAe.

L'autorité environnementale en Île-de-France comprend neuf personnes : cinq membres de l'inspection générale de l'environnement et du développement durable (IGEDD) et quatre membres extérieurs au ministère (une architecte-urbaniste, un professeur d'urbanisme et de paysage, un écologue, un chercheur sur le changement climatique et la production d'énergie à partir de ressources renouvelables).

Les décisions et les avis de l'Autorité environnementale sont pour l'essentiel rendus deux mois après le dépôt du dossier (trois mois pour les avis liés aux PLU). Ils font l'objet d'un débat systématique entre les membres et d'un vote en séance hebdomadaire ou toutes les deux semaines (le mercredi). Ils sont mis en ligne dans les heures qui suivent leur adoption et transmis au demandeur et aux autorités décisionnaires ainsi qu'au maire de la commune lorsqu'il n'est pas le demandeur.

Les avis et décisions de la MRAe sont consultables via le lien suivant : <https://www.mrae.developpement-durable.gouv.fr/ile-de-france-r20.html>

Pour écrire à l'Autorité environnementale, l'adresse est : [mrae-idf.migt-paris.igedd@developpement-durable.gouv.fr](mailto:mrae-idf.migt-paris.igedd@developpement-durable.gouv.fr)



Mission régionale d'autorité environnementale  
ÎLE-DE-FRANCE