

# NOTE RAPIDE

DE L'INSTITUT D'AMÉNAGEMENT ET D'URBANISME - ÎLE-DE-FRANCE N° 707



Cédric Lavallier/IAUIdf

ENVIRONNEMENT

Novembre 2015 • www.lau-idf.fr

## LES SOLS, RESSOURCE MÉCONNUE : LES ENJEUX EN ÎLE-DE-FRANCE

### 1 millénaire

ENVIRON EST NÉCESSAIRE  
À LA FORMATION DE 1 CM DE SOL

### 3 à 4 milliards

DE TONNES DE CARBONE  
SONT STOCKÉS DANS LES 30 CM  
SUPÉRIEURS DES SOLS EN FRANCE

### 23 %

DES SOLS FRANCILIENS  
SONT ARTIFICIALISÉS EN 2012  
(SOURCE MOS, CF. « LEXIQUE », P. 6)

L'ANNÉE 2015 A ÉTÉ DÉCLARÉE « ANNÉE INTERNATIONALE DES SOLS » PAR L'ONU. RESSOURCE INDISPENSABLE AU DÉVELOPPEMENT HUMAIN, LES SOLS SONT POURTANT FORTEMENT MENACÉS. LEUR RÔLE DE RÉGULATION DES GAZ À EFFET DE SERRE LEUR CONFÈRE UNE PLACE PARTICULIÈRE DANS LE CADRE DE LA CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (COP21), ORGANISÉE FIN 2015 À PARIS. FOCUS SUR LES ENJEUX EN ÎLE-DE-FRANCE.

Les sols assurent de multiples services essentiels à la vie : ils sont à la base de notre alimentation, fournissent une eau de qualité, accueillent une grande biodiversité et régulent le climat. Limiter la consommation d'espace est aujourd'hui un principe d'aménagement du territoire, surtout en Île-de-France, mais la prise en compte des sols en tant que tels reste limitée. Pourquoi et comment faut-il mieux valoriser cette ressource ?

### LES SOLS, UN ÉCOSYSTÈME SOUS NOS PIEDS ASSURANT DE MULTIPLES SERVICES

Si la nécessité de préserver les espaces ouverts (cf. « Lexique », p. 6) ainsi que leur fonctionnement est aujourd'hui intégrée au schéma directeur de la région Île-de-France (Sdrif 2030), l'évolution des connaissances amène à s'intéresser à leur principale caractéristique : la présence d'un sol vivant. Dans le langage courant, le mot « sol » recouvre plusieurs notions et est tantôt « surface », tantôt « volume », inerte ou vivant. En aménagement du territoire, le sol est avant tout considéré comme un support et sa profondeur rarement appréhendée. Or, pour les pédologues, le sol s'étend largement en dessous de la terre que nous foulons. D'une épaisseur de quelques centimètres à 1,5 m environ sous climat tempéré, il est organisé en « horizons », couches superposées se succédant jusqu'au matériau originel.

Formé de matières minérales et organiques, le sol est un milieu structuré, siège de nombreux processus chimiques, physiques et biologiques, et de multiples échanges. Il occupe notamment une place fondamentale dans les cycles du carbone et de l'azote ainsi que ceux des principaux gaz à effet de serre associés : dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), méthane (CH<sub>4</sub>) et protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). Le dioxyde de carbone, « piégé » par les végétaux via la photosynthèse, se retrouve ainsi sous forme de carbone organique (cf. « Lexique », p. 6) dans le sol, avant d'être minéralisé par décomposition et de retourner à l'atmosphère. Le temps moyen de résidence du carbone varie, selon les molécules, de un



2015

Année internationale  
des sols



INSTITUT  
D'AMÉNAGEMENT  
ET D'URBANISME



PARIS CLIMAT 2015



**Les sols forestiers sont particulièrement favorables au stockage du carbone, participant ainsi à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.**

## LA FORMATION ET LE FONCTIONNEMENT D'UN SOL

Le matériau géologique s'altère progressivement sous l'effet du climat, mais aussi des activités biologiques et anthropiques, ce qui génère la matrice minérale du sol (95 à 99 % de sa masse). La décomposition des organismes vivants sur et dans le sol génère la matière organique du sol (1 à 5 % de sa masse). L'ensemble est organisé en « agrégats », formant un véritable écosystème à l'interface des composants de l'eau, de l'air, de la roche et des êtres vivants. Sa porosité permet une circulation d'eau, d'air et de minéraux, éléments de base pour le développement des végétaux grâce à la photosynthèse (transformation du carbone de l'atmosphère en carbone organique). En fin de vie, les végétaux et les autres organismes sont décomposés sous l'action de la faune, des champignons et des micro-organismes du sol, et la matière organique se transforme jusqu'à être progressivement minéralisée, libérant du carbone (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère.

jour à des millénaires, mais seule une petite partie reste dans le sol sur de longues périodes. Les sols mondiaux contiennent plus de carbone sous forme organique (dans les 30 premiers centimètres) que la totalité du carbone contenu dans la végétation et dans l'atmosphère.

La formation d'un sol est un processus extrêmement lent. Ainsi, à l'échelle humaine du temps, on peut considérer que le sol est une ressource naturelle non renouvelable. Celle-ci peut être détruite en quelques secondes par des engins de chantier... De fait, en ville, les sols sont fortement modifiés, avec des horizons superficiels faits de mélanges ou d'importation et d'exportation de matériaux ; ils sont souvent revêtus (cf. « Lexique », p. 6) et, dans certains cas, pollués.

Environ 25 % de la biodiversité mondiale se trouve dans le sol, mais ce réservoir de diversité génétique reste méconnu. Les espèces en présence sont multiples : des mammifères aux bactéries, en passant par les vers de terre, les acariens, les champignons, les cloportes, ainsi que l'ensemble du réseau formé par les racines des plantes.

Grâce aux processus physico-chimiques et au foisonnement biologique qu'ils abritent, les sols rendent un grand nombre de services écosystémiques :

- services de support et d'approvisionnement : source de matériaux de construction, support des infrastructures et des bâtiments, source et support de la production agricole et sylvicole, elle-même fournissant alimentation, énergie, matériaux, plantes ornementales, médicaments, etc. ;
- services de régulation : stockage et épuration de l'eau, recyclage de certains déchets, régulation du climat, des risques d'érosion et des inondations, atténuation des pollutions de l'air, etc. ;
- services culturels : élément structurant du paysage, lieu d'inhumation, mémoire du passé, etc.

La matière organique présente dans le sol est essentielle pour assurer ces services. À l'origine du stockage du carbone, elle joue un rôle central dans la capacité des sols à influencer sur le climat.

À l'échelle mondiale, on estime qu'une augmentation relative des stocks de carbone dans les sols de 4 % par an permettrait de compenser l'ensemble des excédents nets (ceux qui contribuent au réchauffement global) des émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, parallèlement au stockage potentiel du carbone, l'enjeu majeur est d'éviter son déstockage (cf. planche d'infographies p. 3).

En ville, les services écosystémiques rendus par les sols sont altérés : filtration et infiltration réduites, capacité moindre à réguler les températures extrêmes et à stocker le carbone, production végétale et biodiversité très amoindries.

## DES SOLS FRANCILIENS D'UNE GRANDE RICHESSE...

La connaissance des sols franciliens progresse grâce au programme Inventaire, gestion et conservation des sols, mené par l'Institut national de la recherche agronomique (Inra), qui a notamment permis d'établir un référentiel pédologique au 1/250 000, seule cartographie des sols disponible pour l'ensemble de l'Île-de-France (Inra, 2003).

Ce projet délimite des unités cartographiques homogènes en termes de géologie et de relief, à l'intérieur desquelles on retrouve plusieurs types de sols. La carte donne des informations précieuses à l'échelle régionale, mais reste imprécise et ne peut être utilisée à une échelle locale. De surcroît, une grande partie de l'agglomération centrale et des centres urbains périphériques n'est pas décrite. L'étude des sols urbains reste donc un enjeu majeur de la recherche actuelle.

L'Île-de-France, située au cœur du Bassin parisien, est riche d'un point de vue géologique et présente par conséquent une grande diversité de sols.

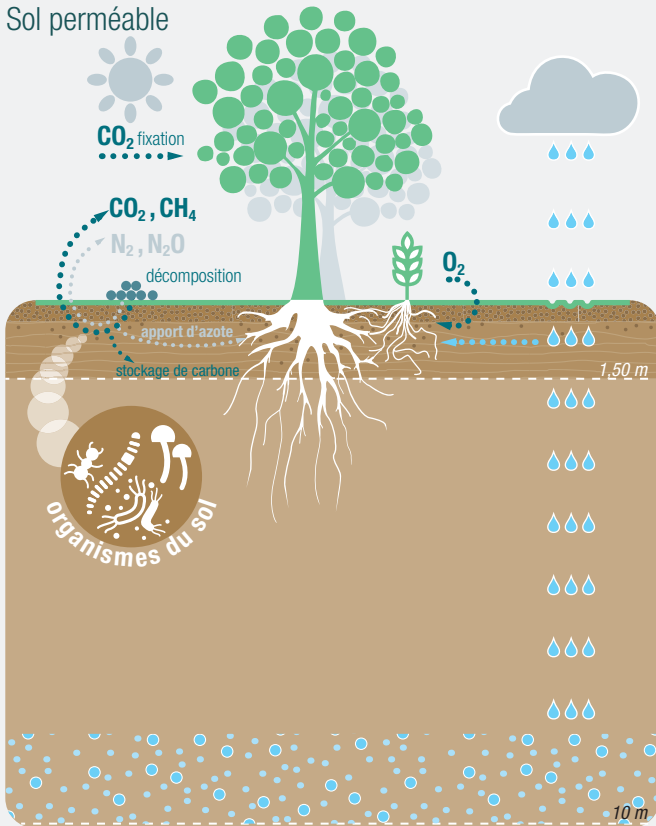
On trouve dans la région près de la moitié des principaux types de sols identifiés par le référentiel pédologique national.

Certains sols franciliens comptent parmi les plus fertiles de France, et même du monde ! Près de la moitié des sols cartographiés de la région sont en effet développés dans des matériaux limoneux, ou « loess », déposés durant les périodes glaciaires (sols limoneux sains épais et sols limoneux humides sur argiles). Ils se caractérisent par une forte réserve utile en eau et des propriétés physico-chimiques favorables, qui leur confèrent une grande fertilité, mais aussi une bonne capacité d'épuration et de stockage d'eau, un potentiel de biodiversité important et un pouvoir d'atténuation des pics de température.

D'autres sols franciliens, moins adaptés aux grandes cultures, peuvent néanmoins s'avérer intéressants pour le maraîchage ou l'arboriculture (sols sableux ou caillouteux de terrasse). Par ailleurs, certains sols considérés comme peu fertiles ou contraignants pour l'agriculture accueillent une biodiversité remarquable (sols argilo-caillouteux calcaires, sols très sableux acides, sols alluviaux), ou présentent des avantages vis-à-vis du stockage d'eau ou de carbone (sols très argileux ou sols alluviaux).

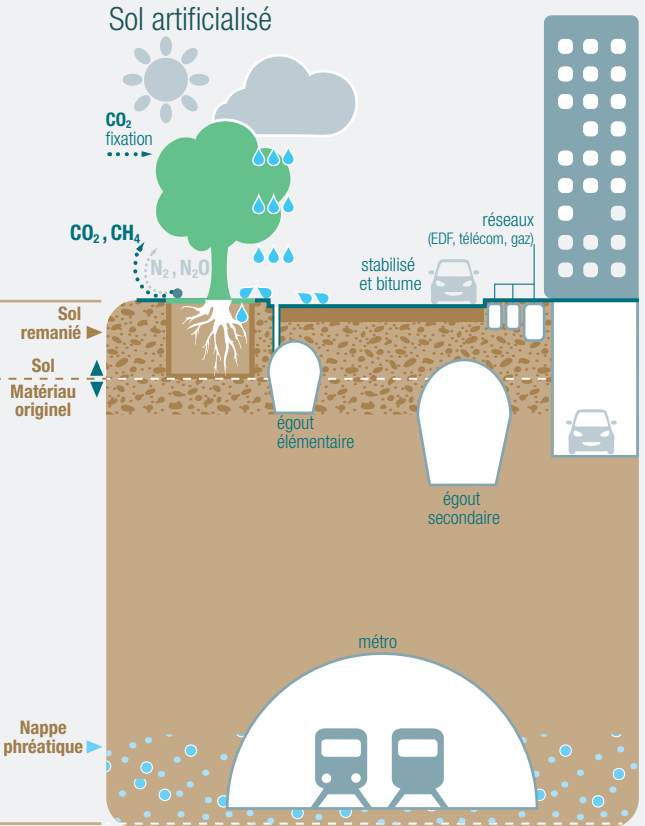
## FONCTIONNEMENT D'UN SOL

### Sol perméable



CO<sub>2</sub> : dioxyde de carbone - CH<sub>4</sub> : méthane - N<sub>2</sub> : azote - N<sub>2</sub>O : protoxyde d'azote - O<sub>2</sub> : Oxygène

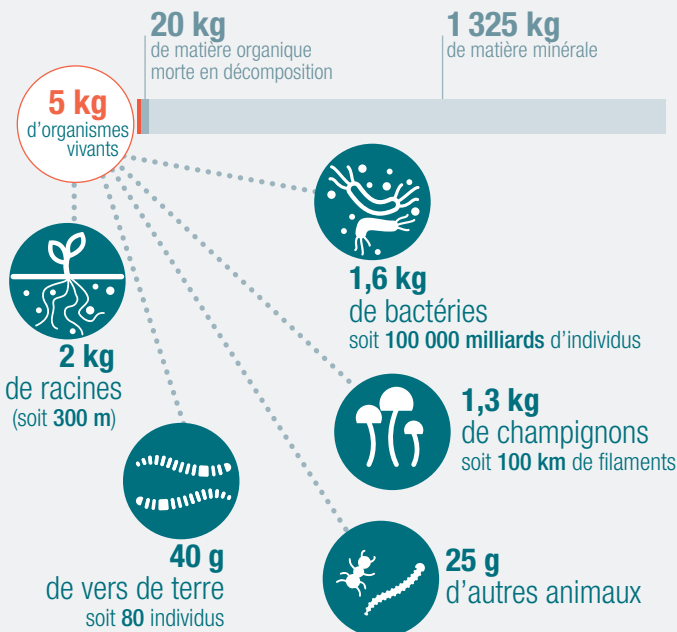
### Sol artificialisé



© IAU idF 2015

## COMPOSITION D'UN SOL

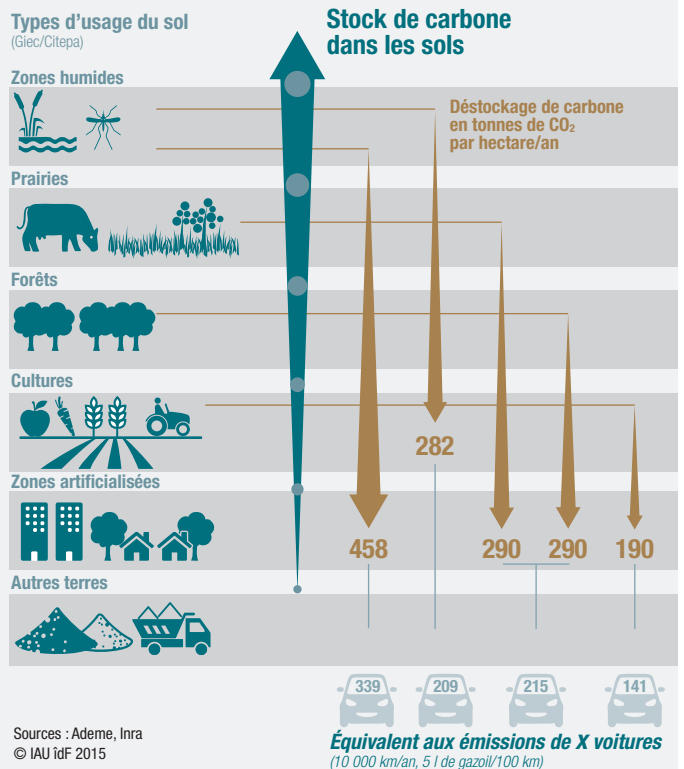
Dans **1 m<sup>3</sup>** d'un sol **limoneux** sous prairie du Bassin parisien, on trouve :



Source : « Les sols ont-ils de la mémoire ? » (cf. Ressources)

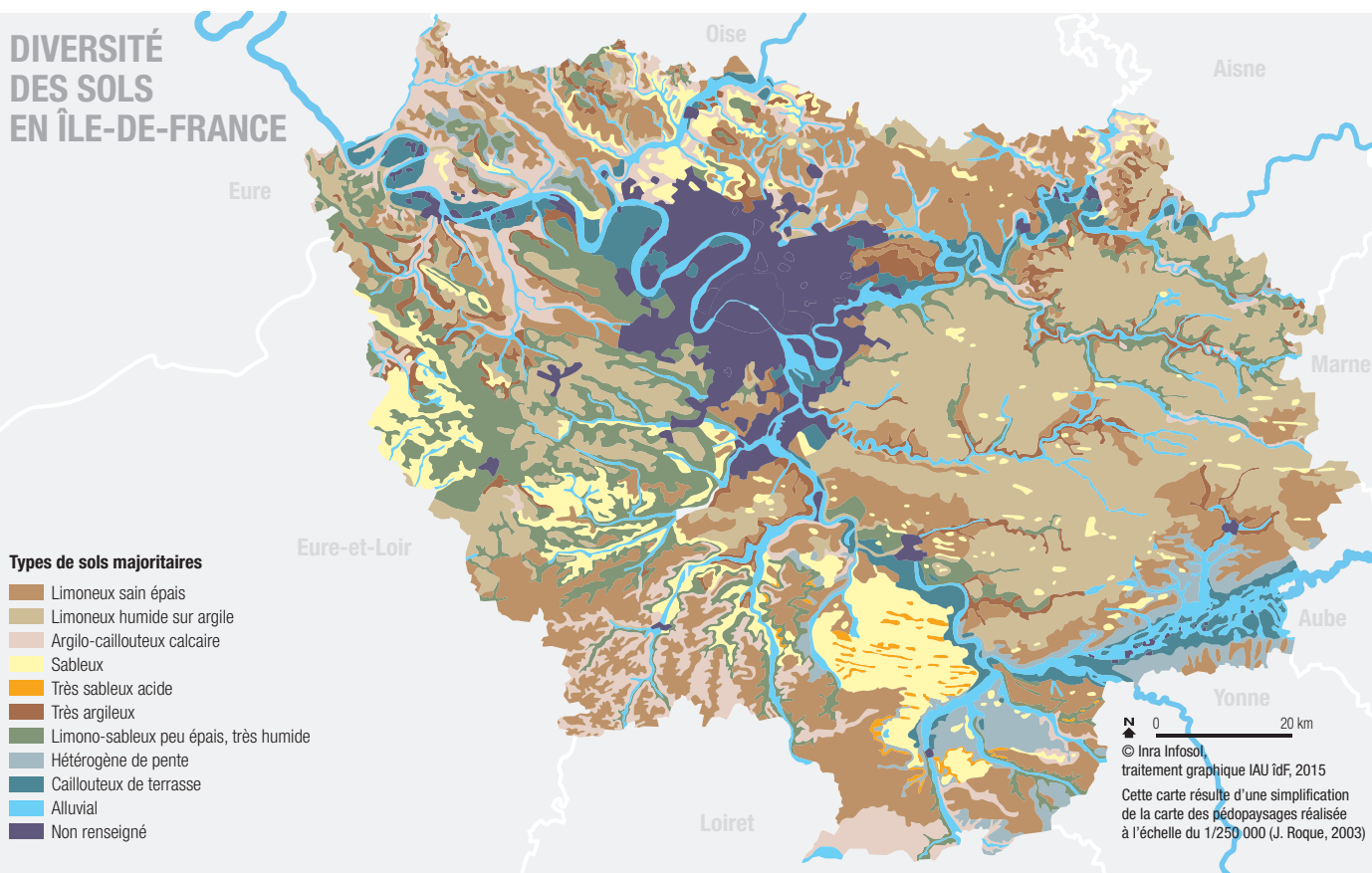
© IAU idF 2015

## CHANGEMENT D'USAGE DES SOLS ET ÉMISSIONS DE CARBONE (CO<sub>2</sub>)



Sources : Ademe, Inra  
© IAU idF 2015

# DIVERSITÉ DES SOLS EN ÎLE-DE-FRANCE



## Types de sols majoritaires

- Limoneux sain épais
- Limoneux humide sur argile
- Argilo-caillouteux calcaire
- Sableux
- Très sableux acide
- Très argileux
- Limono-sableux peu épais, très humide
- Hétérogène de pente
- Caillouteux de terrasse
- Alluvial
- Non renseigné

© Inra Infosol, traitement graphique IAU idF, 2015  
 Cette carte résulte d'une simplification de la carte des pédopaysages réalisée à l'échelle du 1/250 000 (J. Roque, 2003)



Sol limoneux sain épais - Plateau de Saclay -



Sol limoneux humide sur argile - Plateau de Rambouillet -



Sol argilo-caillouteux calcaire - Plaine de Versailles -



Sol très sableux acide - Forêt de Rambouillet -

## Aptitude des sols au regard des enjeux environnementaux

Types de sols	Production agricole		Production ligneuse		Changement climatique		Ressource en eau		Biodiversité	
	potentialité grandes cultures	potentialité maraîchage	potentialité chêne-hêtre	atténuation de chaleur	stockage de carbone	épuration de l'eau	stockage d'eau	abondance des espèces du sol	spécificité du milieu	
Limoneux sain épais	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Limoneux humide sur argile	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Argilo-caillouteux calcaire	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Sableux	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Très sableux acide	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Très argileux	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Limono-sableux peu épais, très humide	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Hétérogène de pente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Caillouteux de terrasse	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Alluvial	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

Aptitude : ● très bonne ● bonne ● modérée ● faible

Sources : IAU idF, AgroParisTech © IAU idF 2015

Ainsi, tous les sols d'Île-de-France méritent d'être préservés au regard du ou des services écosystémiques qu'ils rendent : support de l'agriculture et de la biodiversité, régulation du climat, épuration de l'eau, etc. La région, avec ses sols diversifiés et de qualité, bénéficie d'une grande capacité d'atténuation et d'adaptation face au changement climatique à venir.

### ... MAIS SOUMIS À DE MULTIPLES PRESSIONS

Au-delà des évolutions liées au climat, les sols subissent diverses pressions altérant leurs capacités.

Ces pressions peuvent être liées à l'agriculture. Certaines pratiques culturales influent sur les phénomènes d'érosion et de perte de matière organique, deux enjeux très préoccupants à l'échelle mondiale. Le plateau du Vexin français et la plaine de France sont particulièrement concernés par l'érosion, tandis que tous les sols agricoles franciliens présentent des teneurs en carbone relativement faibles (Inra, Infosol).

En Île-de-France, les pressions liées à l'urbanisation – artificialisation et imperméabilisation des sols – sont très prégnantes.

En 2012, 23 % des sols franciliens sont artificialisés. En moyenne, sur les vingt dernières années, 1 860 ha de sols, le plus souvent agricoles, ont été artificialisés chaque année (d'après les données du Mos, cf. « Lexique », p. 6, hors mouvements de retour à un état agricole, boisé ou naturel). Si, rapporté au nombre d'habitants et d'emplois, ce rythme reste faible comparé aux autres régions de France, les changements d'usage des sols liés à l'artificialisation entraînent globalement un déstockage de carbone.

En outre, on estime que 7 % au moins des sols franciliens sont totalement bâtis ou revêtus (cf. « Lexique », p. 6) par des constructions, de la voirie ou des parkings (hors cimetières, cours d'école, etc.). Cette part atteint 32 % pour Paris et la petite couronne.

Par ailleurs, la région est fortement concernée par la pollution : environ 5 000 ha de sols seraient contraints par des pollutions d'origine industrielle, sans compter les pollutions d'origine domestique liées aux anciens épandages des eaux usées de la ville de Paris.

À ces phénomènes s'ajoutent des flux de terre, considérables à l'échelle régionale : environ 20 millions de tonnes de « terres inertes », mélange de sols et de matériaux géologiques issus d'excavations sur chantiers, ont ainsi été acheminés en 2010 pour combler d'anciennes carrières, être traités ou stockés sur des installations dédiées. Or ces dernières grèvent des sols agricoles et leur fertilité (estimation du plan régional de prévention et de gestion des déchets de chantiers/Predec, 2015).

### DES SOLS PEU PROTÉGÉS PAR LE DROIT

Dans le cadre de la COP21 (cf. « Lexique », p. 6), les sols pourraient occuper une place capitale dans les négociations entre États. L'enjeu s'avère d'autant plus stratégique que les sols apparaissent aujourd'hui relativement délaissés par le droit. Au niveau européen, après l'échec de la directive-cadre sur les sols initiée dès 2006, la Commission européenne étudie une nouvelle proposition en 2015.

En droit français, les dispositions sur le sol sont nombreuses, mais se retrouvent dispersées dans de nombreux codes, sans former un ensemble cohérent ni distinguer clairement les notions de sol et de sous-sol. Le sol est avant tout considéré comme un bien approprié, comme une surface sans épaisseur, plus rarement comme un milieu naturel. L'article 552 du code civil stipule ainsi que « la propriété du sol emporte la propriété du dessus et du dessous » (sauf en présence de ressources minérales dans le sous-sol).

Le code de l'urbanisme envisage le sol comme un support pour l'aménagement du territoire, mettant néanmoins en avant le principe de sa gestion économe (art. L110 du code de l'urbanisme). Les lois SRU (2000), Grenelle (2009) et Alur (2014) réaffirment ce principe de lutte contre l'étalement urbain et d'utilisation économe de l'espace.

Dans le code de l'environnement, le sol ne bénéficie pas d'une réglementation en tant que telle, comme cela existe pour l'eau ou pour l'air. L'aspect réglementaire le plus développé concerne les sols pollués, dans le cadre des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, promulguée en août 2015, progresse sur la reconnaissance du rôle de puits de carbone des sols en les intégrant à la stratégie bas carbone (cf. « Lexique », p. 6).



Les sols agricoles sont les premiers touchés par l'artificialisation, c'est-à-dire la transformation des terres cultivables, boisées ou naturelles au profit de l'urbanisation.

### FLUX DE CARBONE DES SOLS EN ÎLE-DE-FRANCE

Dans le cadre de l'évaluation des émissions indirectes de gaz à effet de serre en Île-de-France, les flux de carbone liés aux changements d'usage des sols (émission ou stockage) ont été estimés grâce à la combinaison de l'évolution de l'occupation des sols en six catégories (déclinaison de la méthode du Giec au Mos au Mos de l'IAU îdF, cf. « Lexique », p. 6) et de facteurs d'émission établis par l'Institut national de recherche agronomique (Inra). Ce travail montre l'intérêt de disposer d'un suivi fin de l'occupation du sol sur une longue période. En revanche, les résultats sont limités par le manque de connaissance des sols en contexte urbain et périurbain, qui ne permet pas de distinguer les stocks de carbone d'un espace artificiel bâti par rapport à un espace ouvert urbain. Par ailleurs, un large éventail d'occupation du sol répond à la catégorie « prairie » (prairie agricole, jachère, friche, etc.), qui nécessiterait d'être affinée pour mieux rendre compte des processus d'évolution dans les régions urbaines.

## DES PERSPECTIVES ENCOURAGEANTES POUR UNE MEILLEURE PRISE EN COMPTE DES SOLS

La mise en lumière des multiples enjeux portés par les sols renforce un certain nombre de principes déjà évoqués dans la planification en Île-de-France, notamment au travers du Sdrif 2030 : limiter l'étalement urbain et préserver des espaces ouverts fonctionnels, renforcer la reconstruction de la ville sur la ville, maintenir en ville des sols de pleine terre, voire les désimperméabiliser pour favoriser la nature en ville.

Des outils sont à inventer pour aller au-delà de cette vision spatialisée du sol et prendre en compte les caractéristiques des sols dans leur aptitude à remplir des services écosystémiques, sujet sur lequel des projets de recherche ouvrent des pistes prometteuses. En parallèle, il est nécessaire d'affiner la connaissance des sols, en particulier en zone urbaine. La chambre d'agriculture de Seine-et-Marne finalise une cartographie pédologique du département à l'échelle du 1/50 000 et des études sont en cours pour bâtir un observatoire des sols urbains franciliens. Par ailleurs, des marges de progrès considérables existent pour la restauration des sols en milieu urbain, voire pour la création de sols (technosols).

À l'échelle nationale, des initiatives récentes (mai 2015) pour sensibiliser la société civile et le monde politique à ces enjeux et faire évoluer la législation peuvent être soulignées, comme la création du Club parlementaire pour la protection et l'étude des sols (CPPES), et la diffusion par le Conseil économique social et environnemental (Cese) d'un avis sur « la bonne gestion des sols agricoles : un enjeu de société ».

La sensibilisation gagne également l'échelle locale. Des parcours pédologiques sont par exemple mis en place en Île-de-France (dans le cadre de formations à Rambouillet, pour tout public à Orsay).

Ces actions sont autant de pistes à explorer pour engager une véritable politique de gestion des sols et rétablir leur statut de ressource naturelle essentielle à notre vie et à notre développement. ■

Marie Carles, chargée d'études environnement  
Julie Missonnier, chargée d'études environnement  
sous la responsabilité de Christian Thibault,  
directeur du département environnement urbain et rural

Avec nos remerciements à l'équipe « sol » de l'UMR ÉcoSys (écologie fonctionnelle et écotoxicologie des agrosystèmes) Inra/AgroParisTech (Joël Michelin et Jean-Marc Gilliot), et à l'Afés, Association française pour l'étude du sol (Jean-Claude Marcus et Dominique Arrouays) pour leur aide précieuse à la réalisation de cette note.

## LEXIQUE

**Artificialisation** : réalisation de zones d'habitat ou d'activités, de terrains de sport, de parcs et de jardins, d'infrastructures ou de carrières sur des sols jusqu'alors agricoles, boisés ou naturels.

**Carbone organique** : carbone contenu dans les organismes vivants.

**COP21** : 21<sup>e</sup> conférence des parties de la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques.

**Espaces ouverts** : ensemble des espaces agricoles, boisés et naturels, et des espaces ouverts urbains

(jardins, parcs, etc.) non imperméabilisés et présentant un sol vivant.

**Giec** : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

**Mos** : mode d'occupation du sol, établi par l'IAU îdF.

**Stratégie bas carbone** : stratégie nationale permettant d'assurer la transition vers une économie moins émettrice de gaz à effet de serre.

**Sols revêtus** : sols bâtis ou recouverts d'une couche imperméable (bitume, asphalte, pavés, etc.).

## RESSOURCES

- Gis Sol, *Synthèse sur l'État des sols de France*, Nancy, 2011.
- Balesdent Jérôme, Dambrine Étienne, Fardeau Jean-Claude, *Les sols ont-ils de la mémoire ? 80 clés pour comprendre les sols*, Versailles, éditions Quae, 2015.
- Roque Jacques, *Référentiel régional pédologique de l'Île-de-France à 1/250 000*, Inra, 2004.
- Courtoux Agnès, Claveirole Cécile, « La bonne gestion des sols agricoles : un enjeu de société », *Les avis du Conseil économique, social et environnemental*, Paris, Les éditions des Journaux officiels, 2015.
- Ademe, *Carbone organique des sols. L'énergie de l'agro-écologie, une solution pour le climat*, coll. Connaître et agir, Collectivités territoriales et monde agricole, 2014.
- Cheverry Claude, Gascuel Chantal, *Sous les pavés la terre. Connaître et gérer les sols urbains*, Montreuil, Omniscience, 2009.
- Denhez Frédéric, *Cessons de ruiner notre sol !*, Paris, Flammarion, 2014.
- Girard Michel-Claude, Walter Christian, Rémy Jean-Claude, Berthelin Jacques, et al., *Sols et environnement. Cours, exercices corrigés et études de cas, 2<sup>e</sup> édition*, Paris, Dunod, coll. Sciences Sup, 2011.
- IAU îdF, « Redécouvrir la nature en ville », *Les Carnets pratiques du Sdrif*, n° 6, 2015.
- IAU îdF, « Comment prendre en compte le fonctionnement des espaces ouverts ? », *Les Carnets pratiques du Sdrif*, n° 5, 2011.
- Cordeau Erwan, « La vulnérabilité de la ville à la chaleur par l'approche Zones climatiques locales », *Note rapide*, n° 661, IAU îdF, septembre 2014.
- Cordeau Erwan, « Les stratégies de végétalisation pour aider la ville à faire face à la canicule », *Note rapide*, n° 662, IAU îdF, 2014.

### Sites web de référence

- Groupement d'intérêt scientifique Sol (Gis Sol) : [www.gissol.fr](http://www.gissol.fr)
- Association française pour l'étude du sol : [www.afes.fr](http://www.afes.fr)
- Vidéo *Let's Talk about Soil* : <http://globalsoilweek.org/resources/video-lets-talk-about-soil>

### DIRECTRICE DE LA PUBLICATION

Valérie Mancret-Taylor

### RÉDACTION EN CHEF

Isabelle Barazza

### CORRECTION

Laurence Girard

### MAQUETTE

Agnès Charles

### INFOGRAPHIE - CARTOGRAPHIE

Sylvie Castano

### MÉDIATHÈQUE/PHOTOTHÈQUE

Claire Galopin, Julie Sarris

### FABRICATION

Sylvie Coulomb

### RELATIONS PRESSE

Sandrine Kocki  
[sandrine.kocki@iau-idf.fr](mailto:sandrine.kocki@iau-idf.fr)

### IAU île-de-France

15, rue Falguière  
75740 Paris Cedex 15  
01 77 49 77 49

ISSN 1967-2144

ISSN ressource en ligne  
2267-4071



[www.iau-idf.fr](http://www.iau-idf.fr)



INSTITUT  
D'AMÉNAGEMENT  
ET D'URBANISME

