



Les **sols**  
portent notre  
**avenir**

**ADEME**



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Énergie

Administrations, collectivités, aménageurs territoriaux,  
entreprises et monde agricole

**CONNAÎTRE POUR AGIR**



2015

Année internationale  
des sols



# SOMMAIRE

## PRÉAMBULE :

LE SOL C'EST QUOI ? ..... 3

## PARTIE 1 :

LE SOL ASSURE  
DES SERVICES ESSENTIELS  
À L'HOMME ..... 4/5

LE SOL EST  
UN MILIEU VIVANT,  
FRAGILE ET MENACÉ ..... 6/9

## PARTIE 2 :

PRÉSERVER ET AMÉLIORER  
LA RESSOURCE SOL ..... 10/11

DÉVELOPPER SES CONNAISSANCES  
ET METTRE EN ŒUVRE UNE GESTION  
DURABLE DES SOLS ..... 12/15

## REMERCIEMENTS

*Ce document a été réalisé par l'ADEME*

Coordination technique : Isabelle Feix (Direction Productions et Énergies Durables)

Rédaction : Claire Delalande et Hélène Roussel (Service Friches Urbaines et Sites Pollués) ; Sophie Debergue et Sarah Marquet (Service Organisations Urbaines) ; Antonio Bispo et Thomas Eglin (Service Agriculture et Forêt) ; Fabienne Muller (Service Mobilisation et Valorisation des Déchets) ; Yves Moch (Service Bâtiment) ; Claire Greuillet (Direction Régionale Île-de-France) ; Isabelle Feix (Direction Productions et Énergies Durables).

Relecture : Joëlle Kergreis (Direction Exécutive des Programmes) ; Emmanuel Acchiardi (Direction Villes et Territoires Durables) ; Damien Siess (Direction Productions et Énergies Durables) ; Gwénaél Guyonvarch (Direction de l'Action Régionale Nord-Est) ; Sylvie Cogneau (Service Communication Professionnelle et Technique) ; Antonio Bispo, Thomas Eglin et Jérôme Mousset (Service Agriculture et Forêt) ; Frédérique Cadière, Claire Delalande, Cécile Grand, Florence Albert et Hélène Roussel (Service Friches Urbaines et Sites Pollués) ; Sophie Debergue et Sarah Marquet (Service Organisations Urbaines) ; Aude Bodiguel (Service Économie et Prospective) ; Yves Moch (Service Bâtiment) ; Robert Bellini (Service Réseaux et Énergies Renouvelables) ; Isabelle Déportes (Service Mobilisation et Valorisation des Déchets) ; François Boisieux (Direction Régionale Nord-Pas de Calais).



Crédit photo : E. Michélli / Un. Szent Istvan Gödöllő

**RR** Une nation qui détruit ses sols, se détruit elle-même. **DD**  
(Franklin D. Roosevelt, 1937)

**RR** Notre survie dépend d'une poignée de sol. Gérez-le avec prudence et il fournira notre nourriture, notre combustible et notre abri et nous entourera de beauté. Abusez-en et le sol s'effondrera et mourra, entraînant l'humanité avec lui. **DD**  
(Vedas, Écritures saintes, Sanscrit, 1500 ans avant JC)

**RR** Terre et ciel ne cessent de se quereller dans l'épaisseur du sol arable et de ces querelles naissent les qualités premières de tout paysage. **DD**  
(Michel Corajoud, 1981)



Seuls **12,7 %** des sols mondiaux sont productifs et fertiles, c'est-à-dire libres de contraintes pour la plupart des usages agricoles.  
*Beinroth et al., 2001*

# LE SOL, C'EST QUOI ?

Tous les jours nous marchons sur le sol sans nous rendre compte de la diversité des organismes qu'il abrite, des matières premières qu'il renferme et des services qu'il nous rend. Pourtant, cette diversité est immense et menacée, il est donc de notre intérêt d'en prendre conscience et de la préserver.

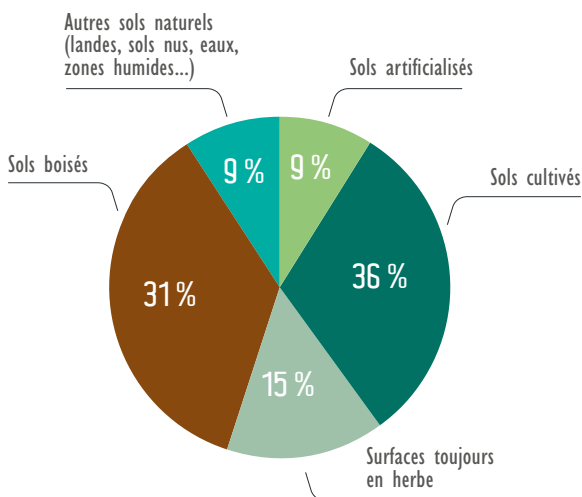
## LE SOL EST L'ÉPIDERME VIVANT DE NOTRE PLANÈTE

Situé entre la roche et l'atmosphère, il se forme à partir de la décomposition des résidus végétaux et de l'altération des roches sous l'action de l'eau, du climat et des organismes vivants. D'une épaisseur pouvant aller de quelques centimètres à quelques mètres, il est la couche superficielle de la croûte terrestre.

Composé de particules minérales, de matière organique, d'eau, d'air et d'organismes vivants, il est organisé en couches différenciées.

### Occupation des sols en France métropolitaine en 2014

Agreste / Teruti-Lucas



## LE SOL EST AU CŒUR DES PRINCIPAUX ENJEUX DE L'HUMANITÉ

Sécuriser le sol, c'est sécuriser les principaux enjeux de l'humanité : sécurité alimentaire, changement climatique, disponibilité en eau de qualité et biodiversité. Il est donc primordial de préserver ses fonctions essentielles dans un contexte de préoccupations environnementales grandissantes.

**DÉFI N°1 : nourrir durablement et efficacement une population mondiale croissante, réduire l'empreinte écologique de l'agriculture.**

**DÉFI N°2 : atténuer le changement climatique, favoriser le stockage du carbone dans les sols, réduire les émissions de gaz à effet de serre.**

**DÉFI N°3 : préserver la biodiversité, car respecter le sol, c'est participer à la préservation de la biodiversité des organismes qui vivent dans le sol et au-dessus du sol.**

**DÉFI N°4 : réguler les flux et la qualité des eaux continentales avec des sols en bonne santé et bien structurés.**

**DÉFI N°5 : substituer durablement des énergies et matériaux renouvelables aux énergies fossiles.**

FAO/Global Soil Partnership et McBratney et al., 2014



## LE SOL EST UNE INTERFACE MAJEURE DE L'ENVIRONNEMENT

Il permet le développement de l'agriculture, atténue les émissions de CO<sub>2</sub>, participe à la régulation du régime de l'eau et de sa qualité... il est un élément de la survie de l'humanité et il est le support de tous les écosystèmes terrestres. Or pendant plus d'un siècle le sol a été considéré comme un support de production inépuisable.

Il s'agit pourtant d'un patrimoine naturel fragile et d'une ressource non renouvelable à l'échelle humaine.



# LE SOL ASSURE DES SERVICES ESSENTIELS À L'HOMME

Le sol est à la base d'une grande partie des formes de vie sur Terre. En constante interaction avec les autres compartiments de l'environnement (eau, air, roches, organismes vivants), il est un lieu d'échange de matière et d'énergie. Intervenant dans les cycles de l'eau, du carbone, du phosphore et de l'azote, et offrant des habitats pour les organismes vivants, il participe au bon fonctionnement et au maintien des écosystèmes naturels.

L'Homme tirant de ces fonctions écologiques de nombreux bénéfices pour assurer son bien-être, le sol joue un rôle majeur dans la fourniture de services et de biens.



**54 %**

des énergies renouvelables (bois énergie, biocarburants et résidus agricoles) dépendent du sol en France.

MEDDE/CGDD, 2015

Chiffres clés de l'énergie, édition 2014



**95 % (en poids)**

des aliments sont produits directement ou indirectement grâce aux sols dans le monde.

FAO, 2015

## LE SOL NOURRIT LE MONDE

Qu'il soit cultivé, pâturé ou boisé, il sert de base de production d'aliments, de fibres, de matériaux et d'énergie : blé, pommes, lait, huile d'olive, vin, coton, lin, pâte à papier, bois d'œuvre, bûches à feu, biocarburants...



Entre **1 500 et 2 400 mds** de tonnes de carbone organique sont stockés dans les sols mondiaux.

ADEME, 2014



**> 600 €/ha/an**

valeur économique moyenne des services rendus par les prairies permanentes françaises dont 2/3 sont attribuables aux sols (stockage de carbone et épuration des eaux)

Centre d'analyse stratégique, 2009



**27 500 mds Euros**

capital constitué par le carbone organique des sols mondiaux en considérant un prix de 5€/t CO<sub>2</sub> sur le marché du carbone

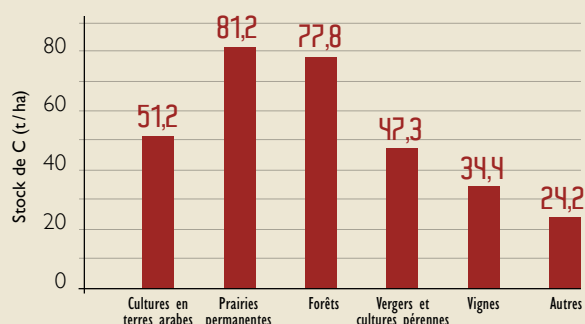
Arrouays, 2013

## LE SOL EST LA PLUS GRANDE RÉSERVE DE CARBONE ORGANIQUE

Il influence la composition de l'atmosphère en recyclant les matières organiques. D'un côté, il est émetteur de gaz à effet de serre lorsque les matières organiques se dégradent, et de l'autre côté il contribue au stockage de carbone lorsqu'elles s'y accumulent. S'il n'est pas perturbé, il stocke plus qu'il n'émet. Il y a plus de carbone dans le sol que dans la végétation qui le recouvre et l'atmosphère réunies.

**La bonne gestion des sols peut contribuer à lutter contre le changement climatique.**

Stocks de carbone dans les sols français selon les usages des sols  
GIS Sol, RMQS



## POUR EN SAVOIR +

[www.gissol.fr](http://www.gissol.fr)

[www.ademe.fr/carbone-organique-sols-lenergie-lagro-ecologie-solution-climat](http://www.ademe.fr/carbone-organique-sols-lenergie-lagro-ecologie-solution-climat)

[www.gessol.fr/articles-et-documents-de-synthese](http://www.gessol.fr/articles-et-documents-de-synthese)



## LE SOL RÉGULE LES FLUX D'EAU ET IL FILTRE ET ÉPURE LES EAUX

Le sol est un composant fondamental du cycle des eaux continentales. Il contribue à la gestion des eaux pluviales urbaines, au remplissage des nappes phréatiques souterraines et à la régulation du régime des cours d'eau en limitant les crues et les inondations. Ceci est vrai dans les zones agricoles, forestières et naturelles, mais aussi en ville. Avec la végétation, le sol favorise le rafraîchissement estival des zones urbaines. Le sol filtre et épure les eaux qui le traversent. Il en influence la composition chimique et biologique grâce à sa capacité à retenir ou dégrader les polluants, limitant ainsi leur transfert vers les eaux superficielles ou souterraines. Ce pouvoir épurateur est utilisé pour le traitement des eaux usées, des effluents et des déchets.



**Bénéfices économiques mondiaux dus à la biodiversité des sols :**

**1 542 Mds \$ /an.**

*Pimentel et al., 1997*

Crédit photo : P. Henning Krogh / Un-Aarhus Silkeborg



**70 % des antibiotiques présents sur le marché sont issus de bactéries du sol.**

## LE SOL EST LE SUPPORT DES ACTIVITÉS HUMAINES

Le sol fournit à l'Homme des matériaux qu'il utilise ensuite pour construire et /ou pour développer des activités industrielles ou artisanales (argiles pour la poterie ou la céramique ; tuiles, briques cuites ou crues, pisé, torchis ou bauge pour la construction de bâtiments ; tourbe et terre de bruyère pour l'horticulture et le jardinage...). Il constitue un élément de nos paysages agricoles, forestiers et urbains. **Il est le support du développement des villes, des constructions, des infrastructures et des espaces verts pour nos territoires.**



Crédit photo : A. Bispo / ADEME

## LE SOL EST UN VÉRITABLE LIVRE D'HISTOIRE

Il conserve les traces de l'histoire souvent très longues (jusqu'à plusieurs millions d'années), par recouvrement ou en son sein lors de sa formation : en étudiant les sols on peut découvrir quelles furent certaines des conditions climatiques et biologiques du passé. Il conserve les témoins de l'histoire de l'humanité (silex, poteries, base de bâti, sites funéraires ou sidérurgiques...) et dans certains cas, des traces de la préhistoire (fossiles). Le sol est une ressource naturelle essentielle aux civilisations : **il n'y a pas de développement durable sans une bonne gestion de la ressource sol.**



### Exemple à suivre

Pour préserver la qualité de sa ressource d'eau potable, la ville de Munich a acquis et boisé des terres (1600 ha) et a mené un programme incitatif de conversion à l'agriculture biologique des exploitations agricoles (2500 ha, 110 fermes), dans la zone d'influence du captage principal. Le coût de ces actions pour le consommateur d'eau est de 0,005 €/m<sup>3</sup> et le coût évité pour des équipements de traitement « classique » a été de 0,23 €/m<sup>3</sup>.



**73 %**

**des boues sont épandues sur des sols agricoles en France.**

*INRA, CNRS, IRSTEA, 2014*

## LE SOL ABRITE UNE GRANDE DIVERSITÉ D'ORGANISMES VIVANTS

Il est un milieu de vie obligé pour de nombreuses espèces animales et végétales. **Il constitue une vaste réserve génétique puisqu'il renferme une immense quantité de micro-organismes** (environ 10 milliards d'individus par gramme de sol) dont la majeure partie reste encore largement inconnue (seuls 1 à 5% des micro-organismes du sol ont été identifiés). Il joue un grand rôle dans la biodiversité terrestre et dans les services qu'elle rend à l'Homme. Ainsi, le sol constitue un réservoir de gènes et d'organismes d'intérêt pour la bioéconomie dans les domaines de l'agro-écologie et de l'industrie. **Il est source d'innovation.**



Crédit photo : I. Feix / ADEME

**1 M d'habitations sont en terre crue en France.**

*Pour la Science, 2013*

# LE SOL EST UN MILIEU VIVANT, FRAGILE ET MENACÉ

La dégradation des terres réduit ou détruit leur capacité à produire (agriculture, foresterie) et aboutit dans les cas extrêmes à la désertification. Elle résulte d'activités humaines excessives ou inadaptées (surpâturage, mauvaise gestion de l'irrigation, déforestation, mise en culture de prairies, prélèvement excessif de bois de feu...) dont les effets sont multiples sur l'environnement.

On estime qu'actuellement, à l'échelle mondiale, 25 % des sols sont fortement dégradés ou subissent un taux élevé de dégradation, 41 % des sols cultivés sont déjà dégradés et chaque année, ce sont 12 millions d'hectares supplémentaires de sol qui sont perdus.

FAO, 2011 ; Lal, 2001 ; UNCCD, 2011



D'ici 25 ans dans le monde, la dégradation des sols pourrait réduire la production d'aliments de 12% et augmenter de 30% leur prix.  
UNCCD, 2014

## L'ÉROSION

L'érosion, phénomène naturel aggravé par les activités humaines est susceptible de s'exprimer sous forme de coulées boueuses aux conséquences parfois catastrophiques. En France, l'érosion est principalement liée à l'action de l'eau et concerne les sols de vergers et de vignes en pente ou les sols limoneux.

Parmi les ressources naturelles mondiales utilisées tous les ans par l'économie française : 100 à 150 Mt de terres agricoles (1,5 à 2,5 t/hab.) sont érodées.

L'érosion provoque, à long terme, une dégradation irréversible des sols.



24 Mds t/an  
de sols sont emportés par  
érosion dans le monde.  
Girard et al., 2011



115 Mha

soit 12 % environ de la superficie totale des terres en Europe, sont soumis à l'érosion par l'eau et 42 Mha à l'érosion éolienne.

Commission européenne, 2006  
COM(2006)231



18 %

des sols français  
sont menacés d'érosion.

IFEN, 2005



La baisse des teneurs en matière organique dans les sols européens représente un coût de

3,4 à 5,6 Mds €/an.

Commission européenne, 2006  
SEC(2006)620



45 %

des sols européens ont un faible taux de matières organiques : pays du sud de l'Europe, certaines régions françaises (Bretagne, Beauce, Franche-Comté, Landes de Gascogne, Piémont pyrénéen)...

Commission européenne, 2006  
COM(2006)231

## LA PERTE DE MATIÈRES ORGANIQUES

Les matières organiques représentent 1 à 10 % de la masse du sol. Les facteurs responsables de leur baisse sont naturels (climat, végétation...) ou humains (conversion des prairies ou des forêts en cultures, exportation des résidus de cultures...).

Ces baisses entraînent :

- une diminution de la fertilité (les matières organiques participent à la bonne aération des sols et à la rétention d'eau, essentielles pour la croissance des plantes ; leur décomposition fournit des nutriments aux plantes tel que l'azote),
- la perte de la biodiversité (les matières organiques constituent la nourriture pour les organismes du sol),
- une moindre résistance des sols à l'érosion et au tassement,
- une diminution de la capacité des sols à retenir l'eau (essentielle pour les plantes cultivées dans des sols secs et sableux),
- une diminution du stockage de carbone dans les sols...

Crédit photo : I. Feix/ADEME



## LA PERTE DE BIODIVERSITÉ

La baisse de la biodiversité des sols est notamment due à différentes dégradations physiques ou chimiques des sols (diminution des apports de matières organiques, tassement, érosion, contamination).

Elle a pour conséquences :

- une moindre épuration de l'eau,
- une augmentation des transferts de contaminants vers les plantes, l'homme et les animaux (du fait d'une moindre dégradation des contaminants et d'une moindre régulation des agents pathogènes),
- une baisse des rendements,
- une réduction des possibilités de recourir aux organismes du sol pour produire les médicaments du futur,
- une perturbation de la biodiversité des écosystèmes terrestres.

La capacité des sols à absorber l'eau peut être réduite de **90%** s'ils ne contiennent pas de vers de terre.

UE, 2010



Crédit photo : A. Bispo/ADEME



**37%**

des sols européens sont soumis à un risque de tassement élevé (28 %) à très élevé (9%).

JRC, 2012



Crédit photo : A. Bispo/ADEME

## LE TASSEMENT

Le tassement des sols est provoqué par une surcharge due à la mécanisation de l'activité agricole, viticole et forestière ou au surpâturage.

Il a pour conséquences :

- la diminution de la porosité des sols (ils s'asphyxient, limitant ainsi l'enracinement des cultures, perturbant le développement de la faune du sol, favorisant la production de N<sub>2</sub>O, un puissant gaz à effet de serre),
- la réduction de ses capacités d'infiltration et de stockage de l'eau (provoquant une augmentation des ruissellements à la surface et donc l'érosion des sols)

En France, les risques les plus élevés de tassement sont localisés sur certains types de sols et dépendent de l'humidité des sols au moment de l'intervention, la gravité du phénomène restant toutefois mal connue.



**92%**

des terres salinisées dans le monde ont une origine naturelle, 8% ont une origine humaine.

Metternicht, Zinck, 2003

## LA SALINISATION

La salinisation des sols est un phénomène naturel du fait de la proximité de la mer ou de l'altération de minéraux riches en sodium. Toutefois, sous certains climats chauds et secs, le pompage excessif d'eau dans les nappes phréatiques, le défrichage et surtout l'irrigation mal conduite provoquent une extension des terres touchées.

La présence de fortes teneurs en sels dans les sols a pour conséquences :

- une forte toxicité pour les cultures,
- la réduction de la quantité d'eau assimilable par la plante,
- la diminution des rendements,
- la désertification (dans les cas les plus extrêmes).

En France métropolitaine, elle ne semble pas être une préoccupation majeure, toutefois les surfaces salinisées pourraient s'étendre du fait du changement climatique.



Superficie des sols salinisés en France

**< 100 000 ha.**

Girard et al., 2011



**1 à 3 Mha**

des sols sont salinisés en Europe.

JRC, IPTS, IES, CE, 2009

### POUR EN SAVOIR +

[www.ademe.fr/vie-cachee-sols](http://www.ademe.fr/vie-cachee-sols)

[http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/maps/biodiversity\\_atlas/french.html](http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/maps/biodiversity_atlas/french.html)

Crédit photo : I. Felix/ADEME

# LE SOL EST UN MILIEU VIVANT, FRAGILE ET MENACÉ

## L'ARTIFICIALISATION DES SOLS

Le développement et l'extension des villes se caractérisent par une consommation de sol agricole et dans une moindre mesure de sol forestier ou prairial. Ces sols perdent alors leurs qualités initiales. Ce sont les régions déjà très urbanisées (Alsace, Nord-Pas de Calais, Île de France) qui ont connu le mouvement d'artificialisation le plus important, ainsi que les Pays de la Loire, Rhône-Alpes, le littoral méditerranéen et l'Outre-Mer. Les principales raisons sont la construction toujours forte d'habitat individuel en lieu et place du collectif ou groupé et les réseaux routiers...

Les conséquences :

- imperméabilisation des sols (qui ne rendent plus d'autre service que de supporter les constructions et les voies de transport),
- fragmentation des milieux et impacts sur la biodiversité,
- mitage de l'espace agricole et réduction de la viabilité de l'agriculture périurbaine,
- moindre régulation des flux d'eau (aggravation des inondations) et des températures extrêmes en été en ville (augmentation des îlots de chaleur)...

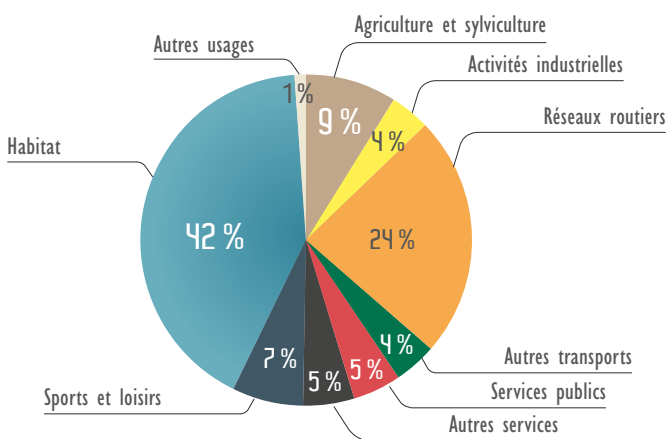
### Part des territoires artificialisés en France en 2006

UE-SOeS, Corine Land Cover, @IGN



### Répartition des sols artificialisés par usage en France métropolitaine en 2014

Agreste



**54 000 ha**

de sols/an en France sont consommés par l'urbanisation (entre 2008 et 2014) soit la surface moyenne d'un département tous les onze ans.

Teruti-Lucas



**5,1 mha**

sont artificialisés en 2014, l'équivalent de la surface des régions Centre-Val de Loire et Ile-de-France.

Teruti-Lucas



Dans l'UE **+40%**

des zones d'écosystème terrestre et d'eaux douces sensibles sont encore l'objet de dépôts d'azote atmosphérique au-delà des charges critiques eutrophisantes.

AEE, 2010

## L'EUTROPHISATION DES SOLS

Les dépôts atmosphériques d'azote et de soufre proviennent essentiellement de l'activité agricole ou de la combustion de pétrole ou de charbon. Même faibles, ils favorisent l'eutrophisation des écosystèmes terrestres naturels ou semi-naturels (forêts et prairies), ayant pour conséquences :

- une diminution de leur biodiversité (car elle favorise quelques espèces des milieux riches),
- une moindre résistance des arbres aux intempéries et aux parasites (malgré une meilleure croissance),
- une plus grande sensibilité des sols à l'acidification.

En France, ce sont surtout les régions du nord-ouest (du Nord-Pas de Calais à la Bretagne) qui sont le plus touchées par l'eutrophisation.

### POUR EN SAVOIR +

<http://basias.brgm.fr>

<http://basol.developpement-durable.gouv.fr/accueil.php>

[www.gissol.fr](http://www.gissol.fr)

[www.ademe.fr/bilan-flux-contaminants-entrant-sols-agricoles-france-metropolitaine](http://www.ademe.fr/bilan-flux-contaminants-entrant-sols-agricoles-france-metropolitaine)



## LES CHANGEMENTS D'USAGES DES SOLS

L'augmentation de la demande en matières premières agricoles, utilisées pour l'alimentation mais également pour l'industrie (ex : biocarburants), ainsi que l'étalement urbain, incite, au niveau mondial, les agriculteurs à produire plus, et donc à convertir des terres initialement non cultivées (ex : forêts, pâtures, milieux naturels) en terres cultivées.

Ces changements d'usage ont pour conséquences :

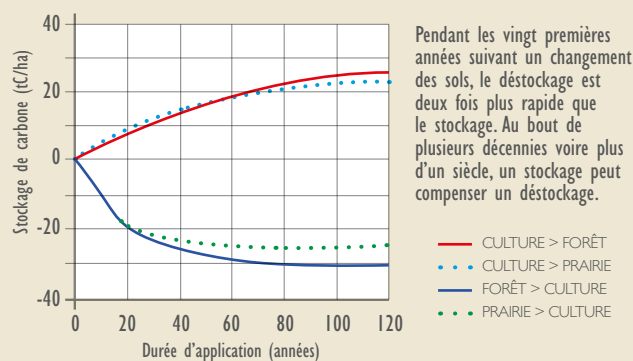
- une transformation profonde de ces milieux, avec une diminution considérable de leurs stocks de carbone (dans la végétation et les sols),
- une destruction de la biodiversité,
- une diminution de leur capacité à stocker l'eau.

**2,4 à 17,3 mds €/an**  
coût de la contamination des sols (sites pollués) en Europe  
*Communication européenne, 2006  
SEC(2006)620*

**300 000 à 400 000**  
sites recensés comme sources potentielles de pollution dans la base de données nationale BASIAS  
*BRGM, 2003*

### Évolution du taux de carbone selon le changement d'usages des sols

*Arrouays et al., 2002*



## LA POLLUTION LOCALE

Le passé industriel de la France a laissé de nombreux sites pollués localisés. Les polluants apportés par les activités industrielles (fonderies, tanneries, mines...) et de services (pressings, stations-service...) sont principalement des hydrocarbures, solvants et métaux. Leur présence dans les sols met en péril la qualité de la ressource en eau, de l'air à l'intérieur des bâtiments, de la chaîne alimentaire et des écosystèmes.

Ces pollutions peuvent :

- hypothéquer durablement les sols pour certains usages : habitat, zones récréatives, agriculture,
- et donc de faire baisser leur valeur d'usage.

## L'ACIDIFICATION DES SOLS

L'acidification des sols est un processus naturel qui touche la plupart des régions du globe. Elle est aggravée par l'homme, notamment via les retombées atmosphériques acidifiantes, l'utilisation d'engrais ammoniacaux et produits phytosanitaires soufrés ou certaines pratiques forestières.

Elle a pour conséquences :

- une moindre disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes,
- une plus forte toxicité des métaux pour les plantes,
- une diminution de l'activité biologique du sol,
- un transfert de métaux toxiques vers les eaux superficielles.

L'acidité des sols agricoles français est stable depuis 15 ans, en revanche, l'acidification des sols forestiers pourrait s'aggraver avec l'intensification des prélèvements de bois.

**26 %** des sols français sont naturellement acides.  
*IFEN, 2002*

Le mélampyre des prés :  
plante bioindicateur des sols acides

Crédit photo : I. Feix / ADEME

**2,3 mds €/an**  
coût des pertes de production de céréales contaminées en Chine  
*Ambassade de France en Chine / ADIT, 2014*

**54 t/an** de cadmium  
quantité moyenne entrant sur les sols agricoles français  
*ADEME, SOGREAH, 2007*

**4 869 t/an** de cuivre  
quantité moyenne entrant sur les sols agricoles français  
*ADEME, SOGREAH, 2007*

## LA CONTAMINATION DIFFUSE

Peu connue, la contamination diffuse des sols résulte d'apports extérieurs d'éléments ou de molécules ayant pour conséquence une élévation de leur teneur initiale dans les sols.

Les conséquences sont :

- la perte de biodiversité des sols,
- la contamination des aliments, des eaux, voire de l'air,
- la toxicité pour les cultures et les animaux d'élevage nourris à l'herbe,
- la baisse de fertilité des sols.

En France, les contaminations des sols sont le plus souvent modérées. Elles touchent principalement les vignes et les zones urbaines, péri-urbaines et industrielles.

# PRÉSERVER ET AMÉLIORER LA RESSOURCE SOL

Que vous soyez aménageur, urbaniste, agriculteur, gestionnaire forestier, gestionnaire d'un espace protégé, entreprise, gestionnaire d'un espace vert ou jardinier amateur, vos décisions et vos pratiques peuvent améliorer les sols, les protéger et préserver les services qu'ils rendent ; **vous pouvez agir !**

Une augmentation annuelle du stock mondial de carbone organique des sols de seulement 4 pour 1000 par an stockerait autant de carbone que la combustion de carbone fossile n'en émet.

*Balesdent et Arrouays, 1999*

## EN MATIÈRE D'AGRICULTURE ET DE SYLVICULTURE

Composante essentielle de la fertilité chimique du sol et de la biodiversité, la teneur en matière organique dépend de nombreux facteurs dont le climat, elle est donc très variable en fonction des régions.

Cependant, plusieurs pratiques permettent de la préserver :

- l'apport de produits résiduels organiques (ex : déjections animales, compost...),
- la mise en place de cultures intermédiaires,
- le choix des rotations,
- la réduction du travail du sol,
- le retour au sol d'une partie des résidus de cultures et des rémanents,
- d'autres aménagements de lutte contre l'érosion des sols (haies, bandes enherbées),
- l'agroforesterie.

Le choix des intrants et l'ajustement des doses permet de réduire la contamination diffuse des sols agricoles :

- réduire aux stricts besoins les suppléments minéraux (cuivre, zinc) dans les élevages,
- réduire aux stricts besoins les apports de pesticides et d'engrais,
- choisir les engrais phosphatés les moins riches en cadmium...



Le respect des conditions de portance des sols lors des différents passages d'engins limite leur tassement.

### POUR EN SAVOIR +

[www.ademe.fr/recolte-raisonnee-remanents-foret](http://www.ademe.fr/recolte-raisonnee-remanents-foret)

[www.ademe.fr/agriculture-environnement-pratiques-clefs-preservation-climat-sols-lair-economies-denergie](http://www.ademe.fr/agriculture-environnement-pratiques-clefs-preservation-climat-sols-lair-economies-denergie)



## EN MATIÈRE DE GESTION DES JARDINS (PUBLICS/ PRIVÉS)

Les jardins urbains ont des teneurs en contaminants des sols et des produits alimentaires souvent plus élevées que les sols agricoles ou ruraux. Étant donné les pratiques d'auto-consommation, les risques de transfert dans la chaîne alimentaire ne peuvent être écartés. De plus, les espaces verts et les jardins sont généralement intensément cultivés, très fréquentés et aménagés.

Afin de préserver les sols et la santé des jardiniers et de leur famille, vous pouvez :

- jouer un rôle dans le choix des parcelles mises à disposition pour l'installation de jardins collectifs,
- sensibiliser les jardiniers (jardins privés et collectifs, espaces verts) à limiter la contamination et l'imperméabilisation des sols et à préserver la biodiversité, grâce à des pratiques vertueuses (choix des fertilisants, limitation des pesticides, choix de revêtements perméables...).



Crédit photo : I. Feix / ADEME

**12 m** de ménages français entretiennent  
**13,5 millions de jardins.**  
*ADEME, Schwartz et al., 2013*

## EN MATIÈRE D'URBANISME

Le développement urbain durable doit concilier plusieurs enjeux majeurs :

- l'offre de logements adaptés aux besoins,
- la préservation des sols naturels et agricoles,
- l'adaptation aux changements climatiques,
- l'attractivité du territoire.

Pour y parvenir et au-delà du cadre réglementaire que fixe notamment la loi ALUR, différentes initiatives locales et outils sont à votre disposition pour :

- réinvestir et densifier les zones déjà bâties ou imperméabilisées et concevoir des architectures urbaines économes en espace,
- prévoir des modes de gestion différenciée des espaces verts,
- reconvertir les friches urbaines.



Crédit photo : X. Bérony / ADEME

La loi de modernisation de l'Agriculture et de la Pêche de juillet 2010 donne pour objectif de réduire de moitié le rythme de consommation des terres agricoles d'ici 2020.

### POUR EN SAVOIR +

[www.ademe.fr/collectivites-secteur-public/integrer-lenvironnement-domaines-d-intervention/urbanisme-amenagement/dossier/reconversion-friches-urbaines/friches-urbaines-projet-damenagement](http://www.ademe.fr/collectivites-secteur-public/integrer-lenvironnement-domaines-d-intervention/urbanisme-amenagement/dossier/reconversion-friches-urbaines/friches-urbaines-projet-damenagement)  
[www.ademe.fr/jardins-potagers-terres-inconnues](http://www.ademe.fr/jardins-potagers-terres-inconnues)

# DÉVELOPPER SES CONNAISSANCES ET METTRE EN ŒUVRE UNE GESTION DURABLE DES SOLS

Le sol est vital à l'échelle d'une vie humaine, il apporte des ressources essentielles, alors qu'il est non renouvelable et se dégrade. Il est nécessaire de bien le connaître pour le gérer durablement, avec sobriété (consommer moins de sols) et efficacité (optimiser les pratiques et les usages), tout en le recyclant (reconversion des friches, réutilisation des sols dégradés).

L'ADEME intervient de plusieurs façons : par le financement d'études d'aide à la décision et de travaux de dépollution menés dans le cadre de changement d'usage des sols, en assurant la maîtrise d'ouvrage des travaux de mise en sécurité des sites pollués à responsables défaillants, en soutenant la recherche, en accompagnant des projets innovants, en diffusant des guides, des conseils et des outils d'aide à la décision, en conseillant l'État dans la définition et la mise en œuvre des politiques publiques, en organisant des journées techniques et colloques destinés à développer vos connaissances.

## LA CONNAISSANCE DE LA POLLUTION DES SOLS

Lorsque le sol est contaminé, des risques pour l'homme et les écosystèmes peuvent se poser. Pour évaluer ces risques et, le cas échéant, choisir les techniques de gestion garantissant un usage des terrains pollués compatible avec l'état des milieux, l'ADEME contribue :

- au développement et à la normalisation d'outils de caractérisation des contaminants (méthodes chimiques, tests d'écotoxicité et bio indicateurs, référentiels, appareils de mesure portables),
- au développement d'outils pour évaluer les transferts des polluants dans les milieux (sol, eaux, air intérieur, aliments) et leurs impacts sanitaires et environnementaux,
- à la mise au point et à l'évaluation de techniques de dépollution.



Crédit photo : H. Roussel | ADEME

Le choix des intrants permet de réduire la contamination diffuse des sols et d'améliorer leur qualité (biodiversité, matière organique...).



## L'ÉPANDAGE DES DÉCHETS

Certains déchets (déchets verts, boues d'épuration, cendres de bois ...) et produits dérivés (composts, digestats...) peuvent être valorisés en agriculture par épandage, afin de recycler la matière organique et les éléments fertilisants. Il est important de connaître leur nature et leurs effets après épandage, ainsi que l'état et les besoins des sols.

L'ADEME finance des programmes de recherche pour acquérir des nouvelles connaissances à travers :

- des essais agronomiques et des sites expérimentaux de longue durée,
- la mise au point de méthodes de caractérisation (tests d'écotoxicité, de matière organique, de disponibilité de l'azote).

### POUR EN SAVOIR +

[www.ademe.fr/expertises/sols-pollues](http://www.ademe.fr/expertises/sols-pollues)  
[www.ademe.fr/expertises/dechets/passer-a-l'action/valorisation-organique-0](http://www.ademe.fr/expertises/dechets/passer-a-l'action/valorisation-organique-0)  
[www.ademe.fr/expertises/dechets](http://www.ademe.fr/expertises/dechets)  
[www.developpement-durable.gouv.fr/Sites-et-sols-pollues.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/Sites-et-sols-pollues.html)



## LA SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DES SOLS

Le sol est en perpétuelle évolution à cause de facteurs naturels tels que le climat mais également de pressions extérieures liées notamment aux activités humaines (ex : aménagement, pratiques culturales) rendant obligatoire la mise en place de programmes de surveillance.

Organisés au sein du Groupement d'Intérêt Scientifique « Sol », qui associe les ministères en charge de l'écologie et de l'agriculture, l'INRA, l'ADEME, l'IRD et l'IGN, ces programmes ont pour vocation de définir un état de référence, de suivre et d'alerter sur d'éventuelles modifications. Ils permettent également d'évaluer le succès de politiques publiques en matière de protection des sols.



Crédit photo : C. Jolivet / INRA Orléans



### Exemple à suivre

La direction régionale de l'ADEME et le Conseil régional Nord-Pas de Calais incitent les territoires à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre dans le cadre des Plans Climat Énergie Territoriaux. Afin de disposer d'une vision globale des émissions, le stockage de carbone par les sols a été intégré dans l'outil d'inventaire des émissions.

L'évaluation de ces flux permet de démontrer l'intérêt climatique des actions visant à augmenter le stockage de carbone dans les sols, comme la limitation de l'artificialisation des sols et les pratiques agricoles favorables.

## L'ATTÉNUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le sol peut à la fois constituer un puits ou une source de gaz à effet de serre (GES). L'ADEME finance des recherches pour :

- améliorer l'inventaire des GES émis par les sols agricoles et forestiers français,
- déterminer les pratiques agricoles et sylvicoles favorables à la séquestration de carbone dans les sols et à la réduction des émissions de GES,
- améliorer la prise en compte des émissions et de la séquestration par le sol dans les bilans de GES des territoires et des produits agricoles et sylvicoles,
- estimer les émissions de GES liées aux changements d'usage des sols (biocarburants, urbanisation...).

## L'URBANISME DURABLE

L'AEU2 propose une approche transversale des enjeux et des critères de durabilité de l'urbanisme, pour chaque échelle de projet : grand territoire (SCoT, PLUi), projet urbain (PLU), opération d'aménagement.

Cette démarche peut être mise en œuvre avec une assistance à maîtrise d'ouvrage. L'ADEME met à votre disposition :

- un guide méthodologique qui fixe les orientations à suivre (prise en compte des fonctions et de la qualité des sols, pollution et reconversion des sites pollués, préservation des sols agricoles...),
- un cahier technique « Écosystème dans les territoires » qui complète cette approche d'éléments de méthode et de fiches pratiques,
- des formations.



Crédit photo : X. Bérony / ADEME

### POUR EN SAVOIR +

[www.ademe.fr/reussir-planification-lamenagement-durables-ecosystemes-territoires-cahiers-techniques-laeu2](http://www.ademe.fr/reussir-planification-lamenagement-durables-ecosystemes-territoires-cahiers-techniques-laeu2)  
[www.ademe.fr/reussir-planification-lamenagement-durables-guide-methodologique-aeu2](http://www.ademe.fr/reussir-planification-lamenagement-durables-guide-methodologique-aeu2)  
<http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/ADEME-Bioindicateur/index.php>  
[www.gissol.fr](http://www.gissol.fr)

# DÉVELOPPER SES CONNAISSANCES ET METTRE EN ŒUVRE UNE GESTION DURABLE DES SOLS



Crédit photo : X. Bénony / ADEME

## LA MISE EN SÉCURITÉ DES SITES POLLUÉS

L'ADEME assure, sur demande de l'État, la conduite des travaux de mise en sécurité des sites pollués à responsable défaillant :

- enlèvement et traitement ou valorisation des déchets,
- surveillance des milieux (eau, air, sol...),
- étude et évaluation des impacts et des risques,
- travaux de dépollution,
- maintenance d'installations de dépollution.



Plus de **250** sites pollués à responsable défaillant ont été pris en charge par l'ADEME en 2014.



Crédit photo : P. Charynski / Un. N. Copernicus Toruń

## LA RECONVERSION DES FRICHES POLLUÉES

La requalification des friches, quelle que soit leur superficie (de la petite station-service au méga-site industriel de fonderie), participe à la réduction de la pression sur les sols agricoles en limitant l'étalement urbain.

Ces terrains représentent une réelle opportunité foncière pour réaliser des logements, des bâtiments pour les services et les commerces, des équipements ou contribuer aux trames vertes et bleues. Certaines friches ayant accueilli des activités susceptibles d'avoir pollué les sols et les eaux, il est nécessaire de prendre en compte cette situation le plus en amont possible des projets, puis tout au long de leur réalisation, afin de garantir la compatibilité environnementale et sanitaire entre l'état des milieux et les nouveaux usages envisagés.

L'ADEME vous accompagne afin de :

- mieux anticiper ces opérations et éviter ou limiter les aléas qui peuvent amener à ralentir voire empêcher ensuite leur réalisation,
- mettre en œuvre des techniques de dépollution et des mesures de gestion exemplaires, favorisant les traitements sur site ou *in situ* et la valorisation des terres excavées.



Au niveau national, le gisement des sites potentiellement pollués en situation de renouvellement urbain est estimé à

**100 000 ha.**



Crédit photo : X. Bénony / ADEME

### POUR EN SAVOIR +

[www.ademe.fr/biodiversite-reconversion-friches-urbaines-polluees](http://www.ademe.fr/biodiversite-reconversion-friches-urbaines-polluees)  
[www.developpement-durable.gouv.fr/Guide-de-l-amenageur.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/Guide-de-l-amenageur.html)  
[www.ademe.fr/reconversion-sites-friches-urbaines-pollues](http://www.ademe.fr/reconversion-sites-friches-urbaines-pollues)



# LEXIQUE

L'ADEME soutient les projets de reconversion de friches urbaines polluées et vous accompagne dans la conduite de projet, vous guide dans les solutions techniques à mettre en œuvre...



## Exemple à suivre

Dans le cadre de la reconversion des friches urbaines, l'ADEME a soutenu la réalisation de l'inventaire historique urbain de la Communauté Urbaine de Toulouse Métropole, permettant de repérer les sites potentiellement contaminés et d'anticiper ainsi les aménagements futurs à y développer.



## Exemple à suivre

Le site OTELO à Conflans -Sainte-Honorine (78) a accueilli entre 1920 et 1988 une activité de production de câbles téléphoniques et bobines.

Des études ont mis en évidence une pollution des sols aux hydrocarbures, mercure, trichloréthylène et PCB d'où la mise en place d'une plateforme de tri, puis de lavage des terres, et de traitement thermique ou biologique.

Les travaux de dépollution, soutenus par l'ADEME, ont accru le niveau de stabilisation des milieux, ont permis de reconstituer le sol futur support du parc urbain, tout en évitant au maximum l'envoi des terres en installation de stockage de déchets !

Le site va accueillir 300 logements et une résidence pour personnes âgées.



Rendez-vous sur :  
[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)



## POUR EN SAVOIR +

[www.ademe.fr/expertises/sols-pollues](http://www.ademe.fr/expertises/sols-pollues)

[www.ademe.fr/sites-sols-pollues-a-responsable-defaillant-lintervention-lademe-pratique](http://www.ademe.fr/sites-sols-pollues-a-responsable-defaillant-lintervention-lademe-pratique)

**Le sol** : le sol connaît d'autres acceptions. Pour l'agronome, le sol se limite souvent aux horizons labourés. En génie civil, le sol correspond au matériau meuble situé en surface (sol, roche altérée ou matériau artificiel). Au sens hydrogéologique, le sol est la couche comprise entre la surface et le niveau de la nappe phréatique.

**Acidification des sols** : modification résultant de l'apport d'acide ou de réactions produisant des acides (ou consommant des bases) et pouvant conduire à plus ou moins long terme à un abaissement du pH des sols.

**Artificialisation des sols** : perte des qualités naturelles des sols due aux activités humaines.

**Biodiversité** : la biodiversité recouvre l'ensemble des formes de vie sur Terre, les relations qui existent entre elles et avec leurs milieux. Elle se décline à plusieurs niveaux, diversité des gènes, des espèces et des écosystèmes. Elle prend aussi en compte toutes les échelles de taille, d'espace et de temps : des micro-organismes aux éléphants, de la flaque d'eau à la forêt amazonienne ou même à l'ensemble de la biosphère, de quelques secondes aux ères géologiques. Dans l'univers du vivant, tout est relié, tout est interdépendant.

**Contamination et pollution des sols** : la contamination des sols correspond à l'introduction dans les sols de substances chimiques ou d'agents biologiques (virus, bactéries pathogènes...) par les activités humaines. Lorsque ces substances ou agents ont des effets préjudiciables sur le fonctionnement du sol ou sur la santé de l'homme et des écosystèmes, du fait de leurs propriétés ou de leur quantité, on parle alors de pollution des sols.

**Dégradation des sols** : réduction de la capacité des sols à fournir des biens et des services écosystémiques et à remplir ses fonctions.

**Désertification** : dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines.

**Érosion des sols** : processus d'altération de la surface du sol et de modification du relief, impliquant le détachement de particules de sol, leur transport et leur dépôt à distance.

**Eutrophisation des sols** : augmentation du contenu en éléments nutritifs (azote, soufre...), qui se traduit par un développement important de la végétation par rapport à un milieu habituellement pauvre.

**Friche** : espace laissé à l'abandon, à la suite de l'arrêt définitif d'une activité agricole, portuaire, industrielle, de service, de transformation, de défense militaire, de stockage, de transport, et en attente d'un nouvel usage.

**Imperméabilisation des sols** : recouvrement permanent d'un terrain et de son sol par un matériau artificiel imperméable (ex : asphalte, béton) notamment lors de la construction de bâtiments et de routes.

**Matières organiques des sols** : regroupent les constituants organiques morts ou vivants, d'origine végétale, animale ou microbienne, transformés ou non, présents dans le sol. Elles sont composées de feuilles, brindilles, résidus de cultures, racines mortes, micro-organismes morts... et des molécules issues de leur décomposition et de leur transformation.

**N<sub>2</sub>O** : N<sub>2</sub>O, appelé protoxyde d'azote ou oxyde nitreux, est un gaz. Il contribue à l'effet de serre (son potentiel de réchauffement global à 100 ans est de 298 fois celui du CO<sub>2</sub>).

**Perte de biodiversité des sols** : diminution de la quantité et de la diversité des formes de vie dans les sols.

**Perte de matières organiques des sols** : diminution de la quantité de matières organiques dans les sols.

**Salinisation des sols** : accumulation de sels hydrosolubles, notamment de sels de sodium, dans les sols.

**Services écosystémiques (ou écologiques)** : bénéfices que les humains retirent des écosystèmes pour assurer leur bien-être. Ils sont le résultat des fonctions écologiques. Il peut s'agir d'avantages matériels d'approvisionnement et de régulation (épuration de l'eau et des déchets, purification de l'air, production d'aliments, de matériaux de construction et de fibres, régulation du changement climatique, des inondations et des maladies...) ou immatériels (activités récréatives ou culturelles...).

**Tassement (ou compactage) des sols** : augmentation de leur densité apparente résultant de l'application d'une charge sur ces derniers.

## L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie et du ministère de l'Education nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

## LES SOLS PORTENT NOTRE AVENIR



La ressource sol est limitée, fragile et difficilement renouvelable alors même que les sols rendent de nombreux services : ils nous nourrissent, nous habillent, nous chauffent, régulent et filtrent nos eaux, sont le socle de nos paysages et de nos villes... Le sol a également un rôle majeur dans la lutte contre le changement climatique.

Cette brochure fait le point sur les enjeux liés aux sols, à leur gestion et sur les actions possibles à mettre en œuvre par chaque acteur (administrations, collectivités, aménageurs territoriaux, entreprises et monde agricole) pour leur préservation et l'amélioration de leurs qualités.

