



**HAL**  
open science

## Peut-on encore sauver les sols ?

Chantal Gascuel, Pierre Renault, Antonio Bispo, Elodie Régnier, Catherine Foucaud-Scheunemann

► **To cite this version:**

Chantal Gascuel, Pierre Renault, Antonio Bispo, Elodie Régnier, Catherine Foucaud-Scheunemann. Peut-on encore sauver les sols ?. "Ressources" n°4, la revue INRAE, 4, pp.64-85, 2023, 10.17180/fkwh-az73 . hal-04170326

**HAL Id: hal-04170326**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04170326>**

Submitted on 25 Jul 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

# PEUT-ON ENCORE SAUVER LES SOLS ?

Sous nos pieds, les sols. Ils nous nourrissent, sont le support de nos activités, abritent une immense biodiversité, participent à la régulation du cycle de l'eau et sont incontournables dans la lutte contre le changement climatique.

Et pourtant, ils sont menacés. Si la recherche produit des connaissances porteuses de solutions pour mieux les protéger, les utiliser de façon durable ou les restaurer, la mobilisation de tous est nécessaire pour redonner et préserver sa valeur à ce capital naturel et vital.







# Les sols, un trésor invisible

Bienvenue dans un monde invisible, celui des sols. Un monde qui rend de multiples services pour nous, humains, et pour la planète. Pourtant, les sols sont menacés, en particulier par les activités humaines.



## SERVICES

- 1 Ils constituent une archive du passé.
- 2 Ils stockent du carbone.

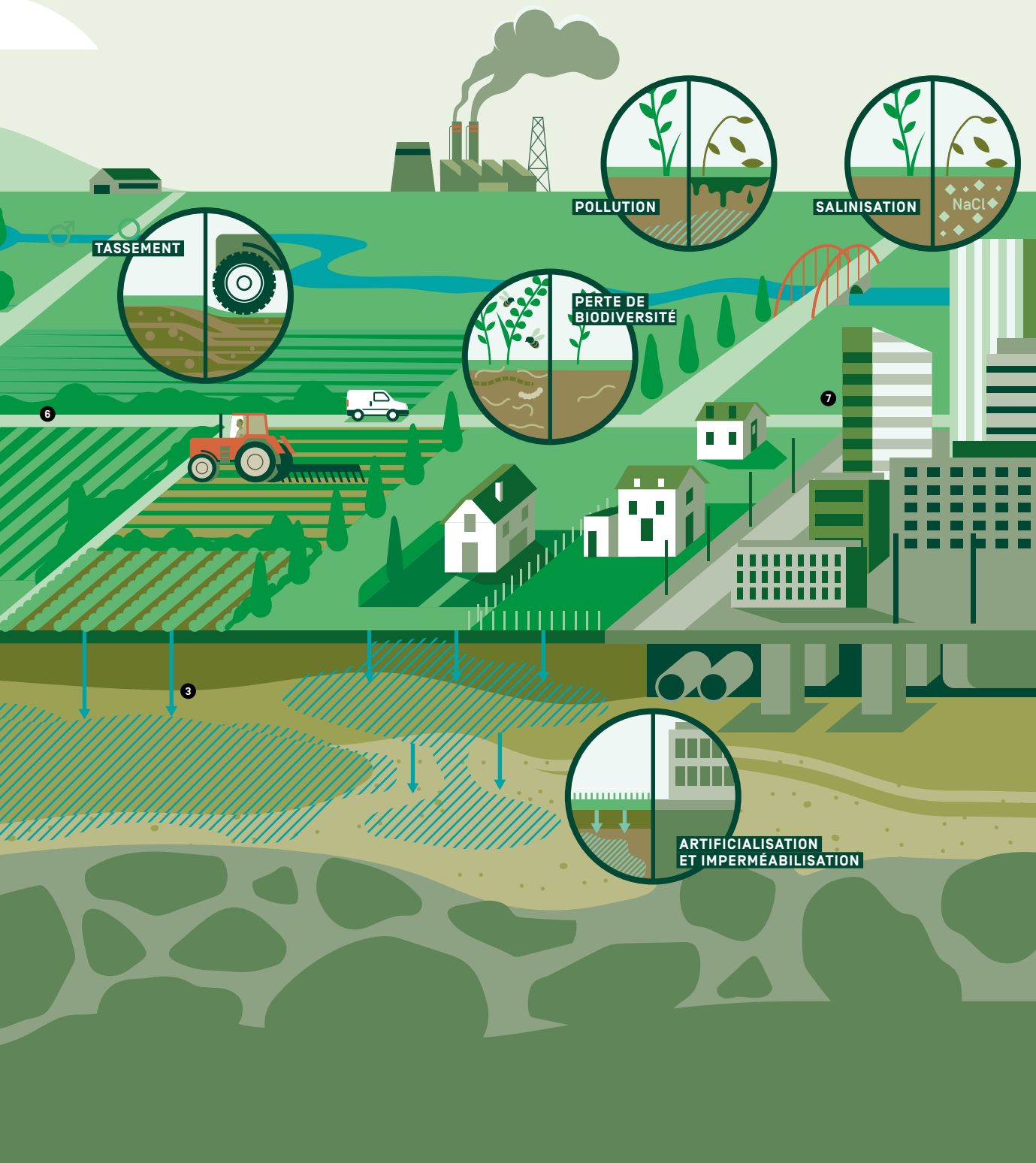
3 Ils stockent et filtrent l'eau, et limitent son ruissellement.

4 Ils sont les habitats d'une grande partie de la biodiversité.

5 Ils produisent de la biomasse pour se chauffer, se meubler, construire.

6 Ils nous nourrissent.

7 Les sont les supports des activités humaines.



# DES SOLS ESSENTIELS À LA VIE

Sous nos pieds, dans les forêts, jardins, parcs, prairies, cultures... se cache une ressource indispensable à la vie, notamment humaine. Les recherches menées ces 80 dernières années ont mis en lumière leurs fonctions, mais surtout le fait qu'ils nous rendent de nombreux services.

## État des lieux.

Le sol c'est quoi? En théorie c'est simple : c'est la couche superficielle des continents de la Terre, de quelques centimètres à plus d'1 mètre pour les sols français. En pratique, c'est un milieu très complexe. Il y a une partie minérale : du sable, des limons, des argiles, des graviers, des cailloux, dans des proportions variées. Il y a aussi une partie organique, 1 à 5% de cette matière est constituée d'êtres vivants, tout le reste est issu de la décomposition d'organismes morts. Et entre tous ces composants solides, de l'air et de l'eau. Des types de sol, il en existe des centaines, selon leur composition, leur épaisseur, leur structure, leur localisation, leur usage ou bien encore leurs modes de gestion. Cette diversité explique que nous parlions non pas du sol mais des sols.

### Une ressource non renouvelable (ou presque)

Les sols sont le résultat de processus physiques, chimiques et biologiques qui interagissent pour aboutir à leur formation : altérations de la roche mère, dépôts de particules, formation de minéraux, accumulation de matières organiques provenant de la dégradation des végétaux et des animaux, etc. De nombreux facteurs interagissent : la nature

**100 à  
1000 ans**  
C'est le temps  
nécessaire pour  
que se forme 1 cm  
de sol.

de la roche mère, la composition chimique de l'eau contenue dans le sol, son pH, l'activité biologique, le climat et notamment le régime des pluies, la végétation, la position dans le paysage (topographie et fonctionnement hydrologique). Selon les situations, il faut entre 100 et 1 000 ans pour que se forme 1 cm de sol. Autant dire que les sols ne sont pas une ressource renouvelable.

### Les sols, façonnés par la vie

Les sols abritent des organes végétaux que l'on trouve en surface (racines, bulbes, tubercules, rhizomes) et de nombreux animaux. Des petits mammifères, des gastéropodes, des arthropodes dont des insectes, des vers de terre, des enchytréides, des nématodes, etc. S'y ajoutent des microorganismes tels que des champignons, bactéries, virus... et même des algues. Au-delà de constituer un réservoir incomparable de biodiversité, tous ces êtres vivants façonnent les sols et contribuent à leur fonctionnement. Les vers de terre, les fourmis et des petits mammifères (mulots, campagnols, lapins, taupes), ces « ingénieurs du sol », en modifient la structure physique. D'autres organismes, les détritivores (cloportes,

mille-pattes ou encore bousiers), consomment les matières organiques de grosse taille comme les résidus de végétaux. Ils fragmentent les feuilles par exemple en petits morceaux et les enfouissent dans le sol. Enfin, il y a les herbivores, taupins, bruches, altises ou encore chrysomèles. Ils ne sont pas très appréciés des agriculteurs et agricultrices car certains se nourrissent de racines et empêchent la pousse des plantes, voire les font mourir. D'autres organismes passent le début de leur vie dans le sol puis en sortent et viennent alors manger les feuilles des plantes. *« Quand le sol est en bonne santé, il héberge aussi des prédateurs généralistes (araignées, fourmis, carabes) qui se nourrissent de ces herbivores et permettent de réguler les populations »*, précise Mickael Hedde, écologue au laboratoire Éco & Sols à Montpellier.

#### Microorganismes : petits mais utiles

Les microorganismes (bactéries, champignons, archées) sont présents par milliards dans les sols. Et ils sont indispensables ! Ce sont les agents de la décomposition et de la minéralisation de la matière organique. *« En quelque sorte, ils mettent à disposition les nutriments pour les plantes »*, explique Lionel Ranjard, microbiologiste du sol au laboratoire Agroécologie à Dijon. Ils favorisent la formation et la stabilisation des agrégats de sol en libérant des molécules organiques qui agissent comme un ciment entre les particules. Les mycéliums des champignons, en s'enroulant autour des agrégats, vont aussi participer à stabiliser la structure du sol, mais leur diamètre, très petit par rapport à celui des racines, va aussi leur permettre d'explorer des zones non accessibles à ces dernières et être, notamment lorsqu'ils sont associés à des plantes sous la forme de mycorhizes, des transporteurs d'éléments minéraux utiles aux plantes. Des bactéries particulières, les rhizobiums, peuvent aussi s'associer aux racines des légumineuses, leur permettant d'utiliser l'azote atmosphérique pour leur croissance. Des bactéries et champignons participent aussi à la dépollution des sols *« en transformant ou dégradant des molécules »*, explique Lionel Ranjard. Enfin, les microorganismes empêchent des bactéries pathogènes de s'implanter dans les sols. *« Mais si la biodiversité diminue, les microorganismes pathogènes restent plus longtemps dans les sols et le risque de voir se développer un foyer épidémique s'accroît. »* ●

#### RECHERCHE PARTICIPATIVE

## Aux sols, citoyens !

**Les sols sont partout, mais pas les scientifiques ! Pour faire progresser plus vite les connaissances sur les sols, la recherche mobilise les citoyens. Leur atout ? Leur nombre ! Mais aussi l'accès à certains espaces, en particulier privés. Le projet JardiBioDiv fait appel aux citoyens pour mieux connaître la biodiversité des sols des jardins, des parcelles maraîchères, agricoles et forestières en milieu urbain. Une application smartphone, ludique et pédagogique, permet d'identifier et recenser les organismes présents à la surface des sols. Depuis 2017, 1 300 formulaires de description ont été remplis.**

**Plus de 5 000 collemboles et 9 000 macro-invertébrés ont été recensés par des citoyens. Aujourd'hui, ces données sont mises à profit dans des projets scientifiques d'envergure tel que le projet Biodiversité des sols urbains et villes durables [ANR, 2019-2023] dans lequel sont impliquées 4 grandes agglomérations [Paris, Nancy, Nantes et Montpellier], soucieuses de connaître la biodiversité de leurs sols pour mieux les gérer. Ces approches participatives font progresser les connaissances sur les sols et permettent d'éduquer et sensibiliser les citoyens sur cette ressource.**

#### BIODIVERSITÉ

## Les vers de terre, ces super-héros

**Tous les vers de terre ne se ressemblent pas. Certains creusent des galeries et les utilisent comme des terriers. Les « tunneliers », eux, mangent le sol en même temps qu'ils avancent : ils mangent, ils rejettent, ils mangent, ils rejettent... et bouchent ainsi la porosité qu'ils ont eux-mêmes créée. D'autres font des tunnels qui ont la particularité d'avoir des parois très solides. Un détail ? Pas du tout ! Lors de**

**fortes pluies, ces galeries vont résister et ainsi permettre à l'eau de s'infiltrer dans le sol et limiter le ruissellement en surface. Elles garantissent une bonne circulation de l'air dans le sol et permettent aux racines de se développer. Oui, on peut le dire, le comportement des vers de terre influence la croissance des plantes, le stockage de l'eau, en façonnant la structure du sol.**



## PRÉCIEUX SOLS

Les sols assurent des fonctions qui nous rendent bien des services! On les appelle des services écosystémiques, c'est-à-dire des services rendus à l'humanité par les écosystèmes.  
**Tour d'horizon.**

### Stocker le carbone

POUR LUTTER CONTRE  
LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Est-ce utile de rappeler que le dérèglement climatique est dû, entre autres, à un accroissement des concentrations de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère, dont celle en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)? Une des stratégies est évidemment de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, et c'est une priorité; mais, on le sait, ça ne sera pas suffisant, il faut en parallèle mettre en place des stratégies de piégeage et de stockage de carbone. Bonne nouvelle, les sols ont aussi cette capacité. C'est par la photosynthèse et grâce à l'énergie du soleil et à l'eau que les végétaux captent le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère pour produire des glucides et rejeter du dioxygène

(O<sub>2</sub>). Le carbone se retrouve alors dans la plante puis, lorsqu'elle meurt ou que ses feuilles tombent, il est assimilé par tous les habitants du sol comme source d'énergie et comme constituant de leurs propres cellules. La décomposition partielle de biomasses apportées au sol ou initialement présentes dans le sol (racines) ou à sa surface (litières) amène à des formes stabilisées, c'est-à-dire n'évoluant que très lentement dans le temps. Ainsi, le carbone reste entre quelques jours et des centaines d'années dans le sol, au sein de molécules organiques; puis il finit par être rejeté dans l'atmosphère sous forme de CO<sub>2</sub> via l'oxydation des composés organiques qui peut être associée à la respiration des microorganismes du sol. Les sols émettent deux autres GES: le méthane (CH<sub>4</sub>) et le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). Le méthane est émis par les sols de rizières, les sols de tourbières et les marais tourbeux. Le N<sub>2</sub>O est émis à la suite de divers processus microbiens de biotransformation des composés azotés. Et ce n'est pas un détail pour la lutte contre le changement climatique, car le pouvoir de réchauffement global du N<sub>2</sub>O est environ 298 fois celui du CO<sub>2</sub>. Il y a donc un véritable enjeu à avoir des pratiques agricoles qui limitent à la fois l'émission de N<sub>2</sub>O et qui permettent de stocker du carbone. Le premier levier pour limiter ces émissions est d'éviter les apports excessifs de fertilisants azotés minéraux; le deuxième est de bloquer le développement des bactéries anaérobies<sup>1</sup> émettrices de N<sub>2</sub>O en favorisant une bonne aération du sol par l'activité des vers de terre et en évitant l'engorgement par l'eau qui chasse l'oxygène.

1. Ne se développant qu'en l'absence d'oxygène.





## Les sols peuvent-ils aider à limiter le changement climatique ?

3 questions à Claire Chenu, chercheuse en sciences du sol au laboratoire EcoSys à Saclay

### Quel est le lien entre les sols et le climat ?

Une toute petite perte, de quelques pour mille, de la quantité de carbone stockée dans la partie superficielle des sols du monde doublerait le flux net de carbone de notre planète vers son atmosphère. Inversement, une toute petite augmentation des stocks, de 4 pour 1000 (soit 0,4%) suffirait à compenser le flux de carbone excédentaire de l'atmosphère et donc à diminuer l'impact du CO<sub>2</sub> sur le climat. En France métropolitaine, le potentiel de stockage de carbone dans les sols agricoles pourrait compenser 7% des émissions de GES du pays. C'est la conclusion de l'étude menée par INRAE en 2019 dans le cadre de l'initiative « 4 pour 1000 ». Mais avant cela, il y a un enjeu bien plus important : celui de ne pas déstocker le carbone qui est déjà présent dans les sols. Ainsi, il ne faut pas retourner les prairies permanentes pour les mettre en culture. Dans les sols forestiers, l'enjeu est de maintenir les restitutions au sol. Par exemple, lorsque l'on utilise les branchages ou le bois comme source d'énergie, c'est du carbone que l'on ne restitue pas au sol, ce qui entraîne du déstockage. Dans de nombreuses parties du globe, le réchauffement des sols va accélérer ce déstockage par la minéralisation

des matières organiques dans le sol qui sera accélérée par la chaleur.

### Comment stocke-t-on davantage de carbone dans les sols ?

Il faut y faire rentrer plus de biomasse ! Concrètement, il y a une diversité de leviers d'action : mettre des intercultures ou allonger leur durée, planter des plantes de couverture, allonger la durée des prairies temporaires lorsqu'il y a une rotation avec des cultures. On peut aussi développer l'agroforesterie, qui va apporter au sol le carbone des feuilles et des racines des arbres. Même principe pour les haies, l'enherbement des vignes et des vergers. Il a été montré en agroforesterie que le stockage en profondeur via les racines serait particulièrement efficace. Pour résumer, on fait du vert et on le restitue au sol en le laissant s'y dégrader.

### Comment inciter à de telles pratiques ?

Une des voies envisagées est le carbon farming : rémunérer les agriculteurs pour la mise en place de pratiques agricoles qui permettent de fixer le carbone dans les sols. En France, dans le cadre de la stratégie bas carbone du gouvernement qui vise à la neutralité carbone en 2050, des financeurs publics ou privés peuvent financer des projets locaux

dans lesquels les agriculteurs sont rémunérés pour la mise en place de pratiques permettant de stocker davantage de carbone dans leurs sols. Concrètement, on mesure au début combien il y a de carbone dans les sols, on utilise ensuite des modèles pour prévoir combien de carbone il est possible de stocker en fonction des pratiques mises en place, puis 5 ans plus tard on revient mesurer pour vérifier la quantité de carbone stockée suite à la mise en place des pratiques. À l'échelle de l'Europe, le carbon farming commence à se mettre en place. Il faut cependant être très vigilant à ce que les pratiques ainsi financées n'aient pas d'effets négatifs (émissions d'autres GES, consommation excessive d'eau) et qu'elles soient bénéfiques pour la production, les ressources naturelles, et maintenues dans la durée pour éviter le déstockage de carbone.

Le potentiel de stockage de carbone dans les sols agricoles de l'Hexagone est de 7% des émissions

## Produire de la biomasse

**POUR S'ALIMENTER, SE CHAUFFER, S'HABILLER, CONSTRUIRE**

Le sol permet aux plantes de trouver l'eau et les éléments nutritifs (azote, phosphore, potassium et bien d'autres) dont elles ont besoin ; la structure du sol permet aux plantes de s'y ancrer grâce à leurs racines et de trouver des conditions favorables de développement. C'est ainsi que le sol est à la base de notre alimentation et de celle des animaux d'élevage, qui se nourrissent de l'herbe des prairies et des cultures qui leur sont dédiées. Les chiffres parlent d'eux-mêmes : selon l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), agence spécialisée des Nations unies, 95% de notre alimentation provient directement ou indirectement du sol. Sur les 18 nutriments indispensables aux végétaux, 15 sont fournis par les sols. Mais les végétaux ne vont pas que dans nos assiettes. Ainsi, le bois des arbres (voir le dossier Matériaux biosourcés dans *Ressources #3*) sert à construire des maisons ou des meubles, à fabriquer du papier, du carton ou des panneaux et à se chauffer. Les plantations de coton et de lin nous permettent de nous habiller, les cultures de chanvre et construire de nouveaux matériaux, certaines cultures (betterave, colza, tournesol...) contribuent à la production de biocarburants, de cultures intermédiaires ou principales (maïs, triticale, seigle, orge...) et leurs résidus peuvent alimenter des méthaniseurs qui permettent la production de biogaz.



©INRAE - Christophe Maître

## Réguler le cycle de l'eau

**POUR STOCKER L'EAU ET FILTRER LES CONTAMINANTS**

Quand il pleut, l'eau a deux possibilités : soit elle ruisselle à la surface du sol et rejoint un cours d'eau, soit elle s'infiltre et pénètre dans le sol. Étant donné qu'un sol c'est 50% de solide et 50% de porosité, l'eau peut circuler dans le sol via cet espace poreux. Elle y est retenue par capillarité, mais l'eau percole aussi, c'est-à-dire qu'elle est drainée vers le bas jusqu'à la base du sol, et, possiblement, jusqu'à une nappe souterraine. Cette fonction est essentielle pour la recharge des nappes en période hivernale. Une seule partie de l'eau retenue par le sol peut être absorbée par les plantes. L'eau absorbable par les plantes est appelée « réservoir en eau utilisable » et dépend de plusieurs paramètres du sol. Son épaisseur : plus un sol est profond, plus il peut stocker. Sa texture : par exemple, un sol sableux, avec des pores de grande taille, a un réservoir en eau utilisable très faible.

À l'inverse, les sols limoneux, avec des gammes de pores de tailles variées, ont une plus grande capacité à retenir l'eau. La présence de matière organique, la faune et la flore, ou encore l'action l'activité agricole influencent l'organisation du réseau poreux des sols. Tel un tamis, le sol filtre également l'eau ! Grâce à sa capacité de filtration mécanique, le sol retient les particules potentiellement polluées contenues dans les eaux de pluies qui s'infiltrent. Certains sols peuvent même filtrer les particules les plus fines, d'un diamètre inférieur à 0,2 µm. Un autre phénomène peut avoir lieu : l'absorption des contaminants ou des colloïdes « collés » à la surface de particules solides du sol par différentes forces, dont des forces électriques. Ces phénomènes sont très dépendants de la nature des contaminants et des conditions hydriques, géochimiques et microbiologiques des sols. Certains contaminants ne seront pas retenus et rejoindront tout de même une nappe phréatique en profondeur.

# SOLS MENACÉS

Au niveau de l'Union européenne, on estime qu'environ deux tiers des sols sont dégradés. **État des lieux des menaces qui pèsent sur les sols.**

## L'érosion

### QUAND LE SOL S'EN VA

L'érosion, c'est la perte de sol par l'entraînement de sa partie la plus superficielle vers un autre lieu. On reconnaît 5 types d'érosion. La plus connue est l'érosion hydrique. Sous l'impact des gouttes d'eau, la partie superficielle du sol se détache : on estime que l'on perd environ 1,5 tonne de terre par hectare et par an par érosion hydrique sur les sols concernés. Cette situation est aggravée par l'intensification de l'agriculture, le surpâturage, la déforestation ou l'imperméabilisation. L'érosion éolienne, c'est le vent qui soulève les particules de sol et les emporte. L'érosion de récolte intervient lorsque l'on récolte des carottes, des betteraves, des pommes de terre, etc. et qu'un peu de sol est

prélevé en même temps. *« Cette érosion de récolte est assez peu étudiée et prise en compte, pourtant la perte de sol pourrait être 10 fois plus importante que l'érosion hydrique sur les surfaces concernées »,* explique Isabelle Cousin directrice adjointe de l'unité de recherche Info&Sols à Orléans. L'érosion de labour : quand on travaille le sol, une fraction peut être redéposée en dehors de la parcelle. L'érosion côtière, c'est le sol du littoral qui est grignoté peu à peu par la mer ou l'océan : 24 % du littoral français est affecté par l'érosion côtière. L'érosion perturbe la biodiversité du sol, diminue les rendements, dégrade la qualité de l'eau et peut générer des coulées de boues dont les conséquences peuvent être dramatiques. *« C'est préoccupant, car la vitesse de formation de couche de sol arable, celle qui est utile pour produire, est beaucoup plus faible que la vitesse d'érosion »,* conclut Isabelle Cousin.



Impact d'un travail du sol superficiel. © INRAE - Patrick Andrieux

Selon la FAO, l'érosion est la première menace qui pèse sur les sols. En Europe, elle provoque une perte de productivité agricole évaluée à 1,25 milliard d'euros/an.



## L'artificialisation et l'imperméabilisation

### QUAND LES SOLS SONT HS

L'artificialisation des sols, c'est le changement d'usage d'un sol agricole, forestier ou naturel par un aménagement pour créer des zones urbaines, zones industrielles et commerciales, infrastructures de transport, mais aussi des espaces verts urbains, terrains de sport ou de loisir tels que les golfs ou encore les jardins. En France, entre 20 000 et 30 000 hectares sont artificialisés chaque année. Cette artificialisation augmente presque 4 fois plus vite que la population. L'artificialisation peut entraîner l'imperméabilisation totale mais pas toujours. Ainsi, un terrain de football est artificialisé mais pas imperméabilisé, il conserve certaines de ses fonctions, dont sa capacité à absorber l'eau de pluie. Mais l'artificialisation entraîne dans la majeure partie des cas une imperméabilisation forte voire totale,

et avec elle la perte des services écosystémiques du sol : ruissellement et amplification du risque d'inondation, diminution de la capacité à produire de la biomasse et à nous nourrir, moindre capacité à stocker du carbone... « *Les deux plus grandes menaces qui pèsent sur les sols en Europe sont l'érosion et l'artificialisation, car il s'agit d'une perte totale de sols* », explique Claire Chenu, chercheuse en sciences du sol au laboratoire ÉcoSys à Saclay.

**En France, 30 % des sols artificialisés sont des sols enherbés : espaces verts, zones de loisirs, jardins...**

## La pollution

### RÉACTIONS EN CHAÎNE

Les sols sont soumis à diverses pollutions et contaminations d'origines variées (industrielles, agricoles, urbaines, routières, etc.), et peuvent être chimiques (hydrocarbures, produits phytosanitaires) ou biologiques (virus et bactéries pathogènes). On recense en France, en 2021, plus de 9 500 sites anciennement industriels et sols pollués. Des pollutions qui durent parfois au-delà du siècle. C'est le cas dans les Antilles françaises où l'utilisation dans les bananeraies du chlordécone, un insecticide qui, malgré son interdiction à la vente depuis 1983, est toujours présent dans les sols de 25% de la surface agricole en Guadeloupe et 40% en Martinique, exposant la population à un risque d'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés. Des pollutions qui en entraînent d'autres : pollution des eaux souterraines, contamination des aliments et des écosystèmes et imprégnation des populations.

## La perte de biodiversité

### ET DE SES SERVICES

La perte de biodiversité dépend de l'intensité des usages et de l'occupation des sols. Et ce qui est certain c'est que l'on observe, comme dans d'autres écosystèmes, un véritable déclin de la biodiversité des sols.

« *En 50 ans, on observe une homogénéisation biotique, c'est-à-dire que l'on retrouve les mêmes espèces partout alors que les espèces endémiques sont en déclin* », explique Mickael Hedde, écologue au laboratoire Éco & Sols à Montpellier.





## La salinisation

### QUAND LE SEL DEVIENT TOXIQUE

La salinisation des sols correspond à une présence trop importante de sels (en particulier le chlorure de sodium). 1 milliard d'hectares de la surface terrestre mondiale, soit environ 7%, est touché par ce phénomène.

Ces sels peuvent provenir de l'altération des roches sous-jacentes qui contiennent naturellement des sels solubles, du dépôt atmosphérique de sels marins par le vent, mais la salinisation est très souvent liée à l'irrigation par des eaux trop chargées en sels. Elle rend plus difficile l'extraction de l'eau par les plantes, favorise les concentrations toxiques d'ions chlorures et dans

une moindre mesure de sodium, et contribue à la détérioration de la structure du sol. 20 % du total des terres cultivées et 33 % des terres agricoles irriguées dans le monde sont touchées par la salinisation.

Cette menace pèse actuellement sur les régions arides et semi-arides, car les faibles précipitations ne permettent pas l'élimination des sels par lixiviation. Le changement climatique pourrait la faire s'étendre en France, où elle est aujourd'hui limitée aux polders, marais asséchés fréquemment situés en zone côtière.

## La baisse de fertilité

### ET LE RECOURS AUX ENGRAIS

L'agriculture intensive épuise les sols en minéraux et matières organiques et la succession des cultures au cours des rotations ne leur laisse pas le temps de se régénérer. Pour atteindre et maintenir les rendements, les engrais minéraux peuvent être une solution. Or, les engrais azotés sont obtenus par une réaction chimique très consommatrice en énergie, les engrais phosphatés de même que le potassium sont issus de ressources non renouvelables et mal distribuées sur la planète. Et surtout, ces engrais minéraux, quand ils sont utilisés en trop grande quantité sur les sols, peuvent conduire à une pollution des eaux souterraines ou de surface. Chaque année, en Europe, 18 millions de tonnes d'engrais minéraux sont utilisées.

## Le tassement

### STRUCTURE MODIFIÉE

Le tassement entraîne une perte de porosité du sol, créant ainsi des couches de sol peu perméables. Le tassement est principalement dû au passage d'outils lourds tels que les tracteurs, les gros engins forestiers ou au piétinement du bétail, et est influencé par le type de sol et les conditions hydriques. 33 millions d'hectares, soit 4 % des terres en Europe, sont concernés par ce phénomène. Il favorise le ruissellement et l'érosion des sols ainsi qu'une baisse de la production, une augmentation du risque de lessivage des nitrates et une plus forte émission de GES ( $N_2O$ ,  $CH_4$ ).

# COMMENT PROTÉGER LES SOLS ?

Si les menaces sont nombreuses sur les sols, les nouvelles connaissances sur leur vie et leur fonctionnement permettent de développer des solutions pour les protéger, voire les restaurer. **Explications.**



Le Conservatoire européen des échantillons de sols conserve plus de 11 000 échantillons à Orléans. © INRAE - Bertrand Nicolas



Face aux menaces qui pèsent sur les sols, les enjeux de recherche sont nombreux. Il s'agit de renforcer l'acquisition de connaissances pour la gestion des sols : définir des indicateurs, développer des systèmes de surveillance, des modèles et des cartographies utilisables par la communauté des utilisateurs des sols et qui permettent de réaliser des diagnostics et de suivre les progrès accomplis. Enfin, il s'agit de développer des innovations locales pour améliorer la santé des sols dans tous les lieux.

### Observer, comprendre, diagnostiquer

Le groupement d'intérêt scientifique GIS Sol<sup>1</sup>, coordonné par l'unité Info&Sols d'INRAE à Orléans, sous la présidence des ministères chargés de l'Agriculture et de l'Environnement, a développé ces 20 dernières années en France des programmes d'inventaire et de surveillance. Outre INRAE, il associe l'Ademe, le BRGM, l'IGN, l'IRD et l'OFB. Ses missions sont d'acquérir, capitaliser et mettre à disposition des données sur les sols sous la forme de bases de données et de cartographies<sup>2</sup>, et de suivre l'évolution de leurs propriétés. Le Réseau de mesure de la qualité des sols (RMQS), créé en 2000 et piloté par l'unité Info&Sols à Orléans, est le principal réseau permettant d'évaluer la qualité des sols en France et son évolution au cours du temps. Des échantillons des sols analysés sont stockés à Orléans au Conservatoire européen d'échantillons de sols (CEES) avec ceux d'autres programmes européens. Les analyses portent sur les propriétés physicochimiques des sols (propriétés pédologiques et hydriques, matières organiques...), sur leur biodiversité et sur leur contamination éventuelle (éléments traces, micropolluants et microorganismes pathogènes). À partir de ces données, le RMQS a produit de nombreuses cartes. La Base de données d'analyses des terres (BDAT) rassemble les analyses de sol réalisées pour les agriculteurs par les laboratoires agréés, soit plusieurs millions de résultats recueillis sur plus de 20 ans, accessibles à tous<sup>3</sup>. « Développer des connaissances sur la biodiversité des sols est en enjeu fort de la recherche, y compris dans l'inventaire même de cette biodiversité », surenchérit Pierre Renault, représentant INRAE dans les instances du GIS Sol. Il s'agit de connaître les espèces mais aussi leur distribution spatiale, leurs réponses aux grands changements environnementaux, climatiques et d'usages

**2 240**  
sites, répartis  
uniformément sur  
le territoire français  
(métropole et  
outre-mer) sont  
régulièrement  
évalués par le  
Réseau de mesures  
de la qualité des  
sols (RMQS).

des terres. Car, comme le souligne Mickael Hedde, « si on ne sait pas combien on a, on ne sait pas combien on perd, et cela peut être un véritable problème, notamment dans un contexte où on essaye de développer des solutions fondées sur la nature ».

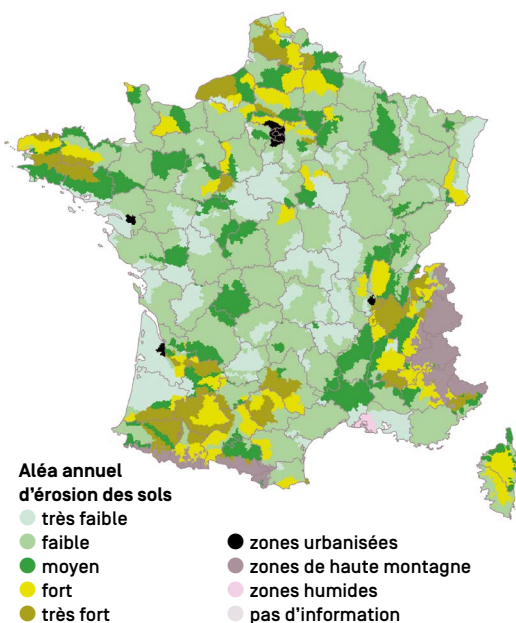
### La nature comme source de solutions

Et si on utilisait les capacités de la nature pour trouver des solutions ? C'est le principe de la phytoremédiation qui consiste à utiliser des plantes pour dépolluer des sols (voir encadré page suivante). Quant à la bioremédiation, c'est la mobilisation de certains microorganismes pour dégrader ou transformer certains composés polluants du sol. Au champ aussi, la nature est porteuse de solutions. Grâce à une symbiose racinaire avec une bactérie, les légumineuses (pois, fèves, lentilles, etc.) ont la capacité de capter l'azote de l'air. Pas besoin alors d'apporter de l'engrais azoté, celui de l'air est fixé par les légumineuses et restitué à la culture suivante du fait de la décomposition des résidus de culture. Autre idée développée par la start-up Mycophyto (issue d'INRAE) : implanter des champignons mycorhiziens dans les cultures afin de créer des symbioses avec les racines des plantes et ainsi apporter de nombreux bienfaits aux plantes : une meilleure absorption des nutriments, une résistance locale aux bioagresseurs des racines, une augmentation de la résistance aux métaux lourds, une augmentation de la résistance à la sécheresse, etc. Au final : moins d'engrais de synthèse et moins de produits phytosanitaires. Merci les bactéries et →

**« Développer des connaissances sur la biodiversité des sols est en enjeu fort de la recherche, y compris dans l'inventaire même de cette biodiversité. »**

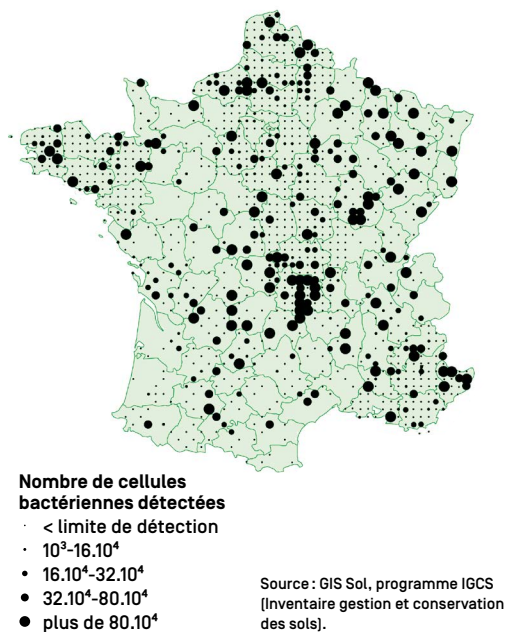
Pierre Renault, GIS Sol

ALÉA D'ÉROSION DES SOLS  
PAR PETITE RÉGION AGRICOLE



Source : GIS Sol, programme IGCS  
[Inventaire gestion et conservation des sols].

DISTRIBUTION DU GENRE *ACINETOBACTER*  
DANS LES SOLS DE FRANCE MÉTROPOLITAINE,  
HORS CORSE



AGROMINE

## Les plantes au secours des sols pollués

Il existe des plantes qui ont la [formidable] capacité à pousser sur d'anciens sols miniers riches en métaux et d'extraire ceux-ci du sol pour les accumuler dans leurs tiges et feuilles. C'est le cas par exemple de l'Alysson des murs [*Alyssum murale*], capable d'accumuler 1 à 2 % de nickel dans ses parties aériennes. Dans les années 2000, des scientifiques ont eu l'idée d'extraire le nickel à partir de cette culture. Le procédé consiste à brûler les plantes récoltées, ce qui

fournit à la fois de l'énergie et des cendres riches en nickel, cendres qui sont ensuite soumises à différents traitements chimiques pour en extraire des sels de nickel utilisables à des fins industrielles, par exemple en aéronautique. C'est ainsi que l'on peut extraire jusqu'à 100 kg de nickel par hectare de culture d'*Alyssum murale* ! Résultat : après 10 à 20 ans de culture d'*Alyssum murale*, les sols peuvent redevenir fertiles et cultivables. Et pas besoin d'une extraction minière nocive à l'environnement.

INTERACTION

## Jouer pour mieux se concerter

Pour lutter contre l'érosion, il est nécessaire de mettre en place des bandes enherbées pour stopper le ruissellement, mettre des fascines [petits barrages en branches] ou gratter le sol pour lui redonner de la perméabilité. Pour cela, les actions de chacun doivent être coordonnées et développées par tous. Comment ? Le jeu de rôle « Caux opération » y répond : en favorisant la concertation entre agriculteurs et acteurs impliqués dans ces problématiques [chambre d'agriculture,

maires, agence de l'eau, syndicat, etc.] pour réfléchir et agir à l'échelle d'un territoire, ici le pays de Caux, en Normandie. « *Le jeu, c'est mettre en interaction des humains* », explique Véronique Souchère, agronome au laboratoire Sadapt à Saclay et coconceptrice du jeu de rôle avec les partenaires locaux. Le modèle informatique de description du territoire permet aux différents acteurs de jouer ensemble à trouver des solutions acceptables par tous.



© INRAE - Christophe Maître

champignons! Parfois les scientifiques donnent un coup de pouce à la nature et sélectionnent des variétés de plantes plus efficaces pour utiliser l'azote du sol ou encore des variétés avec un développement racinaire important pour que les plantes puissent puiser l'eau et les éléments nutritifs plus en profondeur.

### Sols, toujours sous couverts

Un consensus: jamais de sol nu! En effet, pour prévenir les sécheresses et limiter le risque d'inondation, il faut favoriser le remplissage des sols en eau et limiter le ruissellement. Lorsque le sol est à nu, les gouttes cassent la structure du sol et l'entraînent, sous forme de petites particules, par ruissellement. Par ailleurs, l'impact des gouttes de pluie à sa surface désagrège le sol, dont les particules les plus fines vont colmater les pores et former une croûte rendant le sol moins perméable. Un couvert végétal (vivant ou mort) à la surface intercepte les gouttes et limite ainsi la dégradation du sol. Pour couvrir le sol, plusieurs options: mettre en place, entre deux cultures, des cultures intermédiaires qui seront dans la plupart des cas détruites avant l'implantation de la culture suivante. On peut également opter pour des semis

↑  
Le nuancier de Munsell permet aux pédologues d'analyser la composition des sols grâce à leur teinte.

sous couvert, le principe étant de cultiver en même temps une culture de rente et une culture à vocation de couverture du sol, qui va geler l'hiver ou sera détruite par l'agriculteur.

Les bandes enherbées, les haies et les arbres permettent quant à eux de stopper le ruissellement et lutter contre l'érosion, mais ces éléments paysagers ont aussi d'autres vertus: «*en ramenant de la matière organique au sol et en diminuant le labour on va améliorer ses qualités et ainsi favoriser la présence de vers de terre. Mais ils ne vont pas revenir d'eux-mêmes, il faut qu'ils soient déjà présents dans la matrice paysagère!*», explique Michael Hedde. C'est le principe de la continuité écologique<sup>4</sup> des sols à prendre en compte dans les pratiques agricoles ou d'urbanisme. Enfin, quand on augmente la diversité végétale, qu'elle soit pilotée, voulue ou spontanée, on augmente la diversité des organismes du sol. Il s'agit alors de diversifier les cultures, d'opter pour des mélanges variétaux ou des mélanges d'espèces telles que céréales et légumineuses.

### La difficile question du travail du sol

Le travail du sol est une pratique agronomique très courante qui permet d'aérer le sol, de semer facilement des cultures et surtout de casser le →





cycle de développement des adventices, limitant ainsi le recours aux herbicides. Pour lutter contre l'érosion, gratter un peu la surface du sol permet également d'augmenter la capacité d'infiltration du sol et de limiter le ruissellement. Seulement *« le travail du sol est complètement antinomique avec le but recherché : en labourant, on va casser les agrégats du sol, donc détruire les habitats pour la biologie du sol, le sol va se tasser car on casse sa structure et on diminue à terme sa porosité, on perd la biodiversité et tous les services qu'elle rend pour l'agriculture »*, explique Lionel Ranjard. Ne pas travailler le sol, c'est l'un des principes de l'agriculture de conservation, mais ce mode de production nécessite souvent l'usage d'un herbicide total tel que le glyphosate. *« Ne pas utiliser d'herbicide et ne pas travailler le sol, c'est encore difficile dans les bassins de grandes cultures, il faut développer des solutions territoriales, car si cela peut fonctionner dans certains endroits, cette solution ne fonctionne pas partout »*, précise Mickael Hedde.

#### **Le bon usage pour le bon sol**

*« On a longtemps considéré les sols dégradés ou pollués comme des menaces, mais on peut aussi les voir comme des ressources, surtout dans un contexte d'artificialisation. Les sites contaminés peuvent être des lieux que l'on peut aménager autrement »*, explique Christophe Schwartz, directeur du labo-

↑  
Préparation pour séchage puis congélation des échantillons de sol du RMQS au Conservatoire européen des échantillons de sols à Orléans.

ratoire Sol et Environnement à Nancy. Dans le projet Lorver, scientifiques et entreprises ont testé la production de biomasse non alimentaire sur une ancienne friche industrielle en Lorraine dont les sols sont fortement pollués. En cultivant du peuplier pour faire du bois de chauffage, du chanvre et de l'ortie pour produire des fibres végétales à usage industriel, et la plante *Noccaea caerulea* pour sa capacité à hyperaccumuler des métaux, le projet a permis de réhabiliter 2,25 hectares de cette friche industrielle, et le développement de filières locales (bois-énergie, fibres végétales), le recyclage de sous-produits papetiers, de sédiments fluviaux et de compost pour reconstruire du sol, le tout dans une logique d'économie circulaire.

Sur ce même principe d'utiliser le bon sol pour le bon usage, il semblerait logique de prioriser les sols les moins bons pour l'artificialisation. Mais malheureusement les indicateurs de qualité des sols ne sont pas pris en compte par les urbanistes et les collectivités territoriales. Pour aider ces acteurs à opérer leurs choix d'occupation des sols, les projets Artisols et Muse travaillent à produire des cartographies de la potentialité des sols à l'échelle de petits territoires. *« Les*

sols ne sont pas égaux, il y a des sols qui représentent un capital pour les générations futures qu'il est encore plus dommageable de consommer», rappelle Philippe Lagacherie, ingénieur au laboratoire Lisah à Montpellier.

### Sols en [re]construction

Lorsqu'un sol a été artificialisé, il est possible de le «renaturer» et de lui redonner ses fonctions. Christophe Schwartz nous explique comment : «On va découper, enlever ou retirer la couche de revêtement, le bitume par exemple. On peut ensuite choisir de laisser la nature faire ou alors mettre en œuvre des procédés de décompaction des sols ou encore apporter un mélange avec d'autres matériaux dans une logique de construction de sols. Progressivement le végétal s'installe et la biodiversité fait son retour.» Mais nous manquons de connaissances sur le retour des fonctionnalités des sols suite à ce processus. C'est tout l'objet du projet DESSERT (DESimperméabilisation des Sols, Services Écosystémiques et Résilience des Territoires) que le chercheur pilote. Acquérir des connaissances, évaluer les fonctions des sols descellés : 3 essais de 150 m<sup>2</sup> chacun ont été mis en place dans différentes conditions climatiques à Cannes, Nancy et Angers pour suivre la refunctionalisation des sols désimperméabilisés. Différents paramètres font l'objet d'un suivi : infiltration de l'eau, température des couches du sol, texture, pH, teneur en carbone, activité microbienne et capacité de biodégradation, de développement de la faune et de la flore. En parallèle, des essais en laboratoire sont réalisés pour mesurer les performances agronomiques des sols «construits» à partir de matériaux de récupération de sites désimperméabilisés.

Des solutions, il en existe donc. Mais sont-elles suffisantes en l'absence de politiques publiques fortes pour préserver les sols ? ●

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

2. [www.geoportail.gouv.fr/](http://www.geoportail.gouv.fr/)

3. <https://webapps.gissol.fr/geosol/>

4. Fait d'assurer une continuité des voies de communication pour permettre aux espèces de circuler dans les paysages.

### START-UP

## Novasol Expert, conseil pour de bons sols

L'enjeu est de taille : mieux connaître la biologie des sols et l'impact environnemental des pratiques de ses usagers, pour adopter une gestion durable des sols urbains et ruraux. Que ce soit dans le cadre d'un changement d'usage de sols, la réhabilitation de sites pollués ou artificialisés, ou encore pour tester l'efficacité et l'innocuité de produits d'agrofournitures, la start-up Novasol Expert accompagne les usagers dans leurs projets. Chaque analyse est menée avec des indicateurs spécifiques à la probléma-

tique et à l'écosystème et selon un plan d'échantillonnage adapté. Par exemple, la start-up a évalué l'impact de l'adoption de nouvelles pratiques viticoles dans la région de Cognac, telles que les couverts végétaux ou l'utilisation d'engrais verts, sur la qualité microbiologique du sol. L'expertise de Novasol repose sur les connaissances acquises à INRAE, avec l'implication dès sa fondation de 3 chercheurs (Lionel Ranjard, Pierre-Alain Maron et Samuel Dequiedt), toujours liés à la start-up via une convention de partenariat.

### EXPÉRIMENTATIONS

## Restaurer des sols dégradés

Le groupement d'intérêt scientifique [GIS] sur les friches industrielles mène des expérimentations de restauration des sols dégradés et pollués par des activités industrielles. Les scientifiques disposent pour cela de parcelles étudiées en conditions climatiques réelles. Ils peuvent aussi avoir recours à des dispositifs spécifiques, des lysimètres, placé in situ ou

en laboratoire. Le lysimètre est un cylindre en métal, ouvert en surface et rempli par le sol à tester. Ces « colonnes de sol » permettent aux scientifiques d'analyser la qualité de l'eau qui traverse un sol contaminé en récupérant, quelques mètres plus bas, l'eau passée par le sol. Elles apportent quantité d'informations sur le sol et le vivant qui l'habite.

# POLITIQUES PUBLIQUES LE MOMENT DE VÉRITÉ

Les connaissances et les solutions se développent pour soigner nos sols. C'est aujourd'hui aux politiques publiques de se coordonner et se renforcer pour rendre la guérison et la protection possibles. **Enjeux.**

Sans faire l'objet de politiques publiques dédiées, on constate depuis 40 ans une montée en puissance de la prise en compte des sols à l'agenda politique, que ce soit à l'échelle de la France, de l'Europe ou du monde.

## Une prise en compte progressive

À l'international, la Charte mondiale sur les sols publiée par la FAO en 1981 liste pour la première fois les principales voies de dégradation des sols ainsi que les nombreux défis à relever. L'émergence dans les années 2000 du concept « One Health » a pointé les sols comme un élément clé des politiques environnementales. En 2015, 4 des 17 objectifs de développement durable (ODD) de l'agenda 2030 impliquent plus directement les sols (#2, faim zéro; #13, lutte contre le changement climatique; #6, eau; et #15, vie terrestre). À l'échelle européenne, si une Charte des sols a été adoptée en 1972, les initiatives sont restées modestes jusque dans les années 2000. En 2004, une Directive sur la responsabilité environnementale inclut pour la première fois un volet « sol » dédié, focalisé sur les contaminations chimiques et biologiques susceptibles d'avoir un impact sur la santé humaine.

**54,3  
mds €**  
Dépenses de  
protection de  
l'environnement en  
France en 2019,  
dont 5% pour  
la protection des  
sols, des eaux  
souterraines et  
de surface

En 2006, la Commission européenne propose une « stratégie européenne sur la protection des sols » qui devait reposer sur une directive-cadre mais qui n'a pas été adoptée. Malgré cet échec, l'Union européenne continue de porter une forte ambition pour la protection des sols qui mène au Pacte vert de l'Union européenne en 2019. Les objectifs climat pour 2030 et la stratégie en faveur de la biodiversité à l'horizon 2030 qui en découlent incluent les sols : lutte contre l'étalement urbain, leur imperméabilisation et leur pollution, lutte contre la déforestation et le surpâturage, et pour la réhabilitation de friches contaminées. Parallèlement et dans le cadre du programme de financement de la recherche et de l'innovation « Horizon Europe », un rapport<sup>1</sup> du Comité de mission « Santé des sols et alimentation » a débouché sur la mise en place en 2022 d'un nouveau comité de mission « Un pacte pour des sols sains en Europe ». Il vise la préservation et la restauration des sols. Son action repose pour partie sur l'élaboration d'un cadre harmonisé de suivi des sols. Si la France a entrepris un tel suivi depuis longtemps, la surveillance des sols reste variable entre États membres de l'UE. Un Observatoire des sols de



l'UE a été lancé. Il doit contribuer à la production de données utiles pour les politiques européennes et leurs déclinaisons nationales.

### Un moment de bascule dans la réglementation

La nouvelle PAC (Politique agricole commune 2023-2027) devrait contribuer à renforcer indirectement la préservation des sols, notamment par l'introduction de différentes aides sur les pratiques agricoles : les écorégimes nouvellement définis dans le premier pilier, diverses mesures dans le second pilier (FEADER), la conditionnalité des aides associées aux bonnes conduites agricoles et environnementales (BCAE). L'évaluation future de la PAC, qui intègre désormais l'évolution du carbone du sol, devrait valider cette approche. En France, la question des sols est abordée dans plusieurs politiques mais de façon morcelée. Il faut dire que les sols ont longtemps été considérés pour leur fonction de production agricole, les réglementations environnementales étant alors pensées en termes de gestion des risques de contamination. En 2019, l'étude INRAE « Stocker 4 pour 1000 de carbone dans les sols : le potentiel en France » a montré qu'il est possible d'atteindre un stockage additionnel de +1,9‰ par an sur l'ensemble des surfaces agricoles et forestières (3,3‰ pour les seules surfaces agricoles et 5,2‰ si l'on se restreint aux grandes cultures) et met en exergue les pratiques pour y parvenir. En 2018, le Plan biodiversité lancé par le ministère en charge de l'Écologie prévoit un objectif de « zéro artificialisation nette » (ZAN) à l'horizon 2050, en limitant autant que possible la consommation de nouveaux espaces et, lorsque c'est impossible, de « rendre à la nature » l'équivalent des superficies consommées. Cet objectif est repris dans la loi Climat et résilience du 22 août 2021. Aujourd'hui, l'Europe travaille sur la mise en place d'une loi pour la santé des sols. Si c'est une bonne nouvelle pour les sols, la tâche n'en est pas moins complexe. Pour s'y atteler, la Commission européenne a mobilisé des « experts sols » dans chacun des pays de l'UE qui s'appuient sur les travaux d'INRAE.

### Quelle approche : santé ou qualité ?

Protéger les sols implique de définir, collectivement, ce qu'est un sol en bonne santé. « Dans nos travaux menés dans le cadre de l'EJP SOIL, nous prenons le parti de considérer la qualité des sols comme un potentiel. En →

EJP SOIL

## Des recherches européennes pour accorder les mesures

**Avec le European Joint Programme on Soil (EJP SOIL, Vers une gestion climato-intelligente et durable des sols agricoles), l'Union européenne et les 24 pays participants cofinancent une recherche d'excellence pour améliorer la contribution des sols agricoles aux défis sociétaux clés. « Les recherches que nous menons dans l'EJP SOIL enrichissent les travaux de préparation de la future loi pour les sols. Et, plus généralement, nos résultats constituent un socle très utile pour le législateur et pour la construction et l'évaluation des politiques publiques », explique Claire Chenu, chercheuse en sciences du sol au laboratoire ÉcoSys à Saclay et coordinatrice de ce programme. Cette loi devrait prévoir un suivi régulier de la santé des sols, ce qui suppose des réseaux de surveillance de la qualité des sols, des données harmonisées. Dans le cadre de l'EJP SOIL, un vaste inventaire de l'existant a été réalisé : Quels sont les indicateurs de la qualité des sols utilisés dans chaque pays ? Quelles sont les réglementations liées aux données sur les sols ?**

**Par exemple en France, les données liées aux sols appartiennent aux propriétaires du terrain, « nous avons d'ailleurs produit un modèle d'accord pour la diffusion de données sur les sols privés », mais ce n'est pas toujours le cas dans les autres pays. Comment est organisé le recueil des données ? Quels sont les réseaux de mesure de la qualité des sols ? Claire Chenu vient pointer : « Il y en a 14 en Europe ! » Ces dispositifs ont été comparés entre eux mais aussi avec le dispositif mis en place par l'Europe, Lucas. « En France, il y a le Réseau de mesure de la qualité des sols (RMQS) mais, en parallèle, la Commission européenne fait aussi ses propres mesures de qualité des sols sur le territoire national. Des comparaisons sont en cours entre ces deux dispositifs pour voir s'ils obtiennent les mêmes résultats, et évaluer leurs forces et leurs faiblesses. » L'EJP Soil c'est aussi 43 projets de recherche sur le stockage du carbone, l'adaptation au changement climatique, la santé des sols et leur gestion durable.**



mesurant ses différentes caractéristiques, on peut évaluer son potentiel à remplir telle ou telle fonction. Quant à la santé des sols, c'est un état à un instant T qui peut évoluer en fonction de la gestion du sol ou de son usage», explique Antonio Bispo, directeur du laboratoire Infos&Sols d'Orléans. Il faudra régionaliser les analyses et leurs interprétations, c'est-à-dire considérer le climat et le type de sol pour proposer des valeurs seuils de santé du sol. Cette option implique de disposer de beaucoup de données. Dans tous les cas, se posent des questions de définitions, de critères, de normes et de seuils de référence. Les indicateurs et les normes sont-ils les mêmes pour tous les sols, pour tous les usages? Et quand bien même on arriverait à produire ces éléments, comment cumuler tous ces critères? L'Agence européenne de l'environnement, de même que la FAO, ont pris l'option de considérer que si un des paramètres de mesure de la qualité des sols n'est pas satisfaisant, alors le sol est qualifié de dégradé. L'enjeu de la future directive-cadre européenne sur les sols est donc de s'accorder sur ces questions de définition, de mesure, de cumul ou pondération, de zonage.

↑  
Collecte  
d'échantillon de sol  
par tarière pour  
analyser l'ADN  
des bactéries et  
champignons  
présents dans  
ce champ.

© INRAE -  
Bertrand Nicolas

### Du global au local

Les politiques européennes et nationales sont nécessaires. Mais les décisions se prennent également en local. En particulier l'application de la loi Zéro artificialisation nette (ZAN) nécessitera des outils pour caractériser les sols à une maille plus fine que celle des outils de surveillance nationaux. « Nous développons des outils d'aide à la décision pour concilier aménagement du territoire et préservation des sols », indique Christophe Schwartz, directeur du laboratoire Sol et Environnement à Nancy. C'est l'objectif du projet DESTISOL<sup>2</sup> qui développe une méthodologie afin de fournir aux acteurs de la programmation urbaine (aménageurs, établissements publics, collectivités locales...), dans les phases de conception amont de leurs projets, des recommandations en matière d'usages ou de destinations à donner aux sols urbains disponibles : agriculture, jardin, support d'activités, etc. Un logiciel a été développé pour estimer le niveau de services écosystémiques rendus sur un site, avant et après l'aménagement envisagé, à partir des indicateurs d'état des sols. L'outil a été testé à Lannion (22) et aux Mureaux (78) et constitue « une manière simple, rapide et explicite de mesurer l'impact de différentes déclinaisons d'un projet sur un même site et de classer ces différentes options possibles, eu égard aux attentes de l'aménageur et aux besoins de la collectivité », conclut Christophe Schwartz. La qualité des sols est déterminante pour la qualité de la production agricole mais aussi pour celle de l'environnement tout entier et de la biodiversité. Si la prise de conscience scientifique de cette importance a entraîné une nouvelle prise en compte politique, le sol est au cœur d'enjeux multiples qu'il est encore difficile de concilier. Le développement de connaissances pour identifier les bons indicateurs, mettre en place des systèmes de surveillances cohérents, fournir des outils d'évaluation intégrée des services rendus par les sols ou développer de nouvelles techniques de restauration sont nécessaires pour progresser dans la protection de ce bien commun de l'humanité. ●

1. Caring for soil  
is caring for life.

2. Société SCE, Cerema,  
université de Lorraine/  
Laboratoire sol-environne-

ment, établissement  
public foncier de Bretagne  
et établissement public  
d'aménagement du  
Mantois Seine Aval.



## Les sols, un objet politique complexe

Interview de Patricia Laville, chargée de mission gestion et préservation des sols à la Direction générale de la performance économique (DGPE) du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire

### Pourquoi la mise en place d'une politique globale sur les sols est-elle difficile ?

Aujourd'hui, il y a des directives-cadres sur l'eau et sur l'air, mais il n'existe aucun cadre global pour la protection des sols, que ce soit au niveau national ou européen. Plusieurs raisons peuvent l'expliquer. La première est que si l'eau et l'air appartiennent à tout le monde, les sols sont soumis à la propriété foncière, ce qui rend la mise en œuvre des mesures de protection plus complexe. Une complexité que l'on retrouve également dans l'organisation de l'action publique : les sols sont régis à la fois par le Code rural, le Code de l'environnement et le Code de l'urbanisme, et, côté ministères, plusieurs directions ou bureaux sont concernés suivant les sujets traités. Pour la mise en œuvre de cette directive au niveau national, il sera nécessaire de renforcer la coordination intra- et interministérielle pour que les différentes politiques soient davantage interconnectées, et encadrées, ce sujet étant par définition très transversal. Aussi, à chaque mise en place de nouvelles réglementations, on doit concilier de multiples intérêts et on se heurte souvent à des problèmes d'acceptabilité et de conflits d'usages. Et on peut le comprendre ! Les collectivités territoriales souhaitent accroître leur activité et de ce fait

continuer à développer des infrastructures économiques et urbaines, conduisant à l'artificialisation des espaces naturels ou agricoles. Quant aux agriculteurs, ils sont déjà soumis à de nombreuses réglementations tout en devant contribuer à assurer la souveraineté alimentaire. Enfin, le sol est lui-même un objet complexe du fait de la diversité des situations pédoclimatiques et d'usages auxquels il est soumis.

### Quelles sont les grandes lignes de la politique européenne qui se dessine ?

De ce que l'on sait, la politique européenne sera centrée sur la santé des sols. Et cela pose déjà des questions de définition. Qu'est-ce que la santé des sols ? Quels indicateurs seront mis en place ? Il y a tout un volet de cette politique qui sera justement dédié à ces définitions. Sont attendus également des éléments d'harmonisation des systèmes de surveillance. Si en France la surveillance de la qualité des sols est bien développée avec la mise en place dès 2001 du groupement d'intérêt scientifique sur le sol (GIS Sol), ce n'est pas le cas pour tous les pays. S'il l'on souhaite par exemple harmoniser au niveau de l'Europe des mesures portant sur la restauration de sols pollués, il est indispensable que chaque État membre soit doté de

bases d'informations équivalentes de façon à ne pas introduire de distorsion économique entre les États dans la mise en œuvre d'obligations. Ce manque d'harmonisation de l'information au niveau de l'Europe a été à l'origine de la création du Centre européen de données sur les sols (ESDAC) et de la mise en place du système de surveillance LUCAS-Sol (Land Use and Coverage Area frame Survey) permettant de mettre tous les États membres au même niveau. Cependant ce dispositif doit être encore renforcé pour permettre d'améliorer la résolution spatiale de la donnée sol.

Les sols sont un bien commun, il est indispensable de les protéger collectivement.