

# LES SOLS : CAPTEURS OU ÉMETTEURS ?

Les sols mondiaux contiennent 2 à 3 fois plus de carbone que l'atmosphère<sup>1</sup>. Ils sont essentiels à la production de nourriture, dépolluent l'air, jouent un rôle crucial dans le cycle de l'eau, et participent à la régulation du climat en absorbant du CO<sub>2</sub>. Pourtant, la dégradation des sols, déjà bien amorcée, peut transformer ce puits naturel de carbone indispensable en émetteur de gaz à effet de serre.

## Comment fonctionne le stockage du CO<sub>2</sub> dans les sols ?

Les sols sont constitués en partie de matière organique (1 à 10 % de la masse des sols à l'échelle mondiale), elle-même composée à 58 % de carbone organique.

Ce carbone entre dans les sols principalement par l'intermédiaire des végétaux, qui captent le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère par photosynthèse. Une partie de ce CO<sub>2</sub> est incorporé dans le sol par les racines des

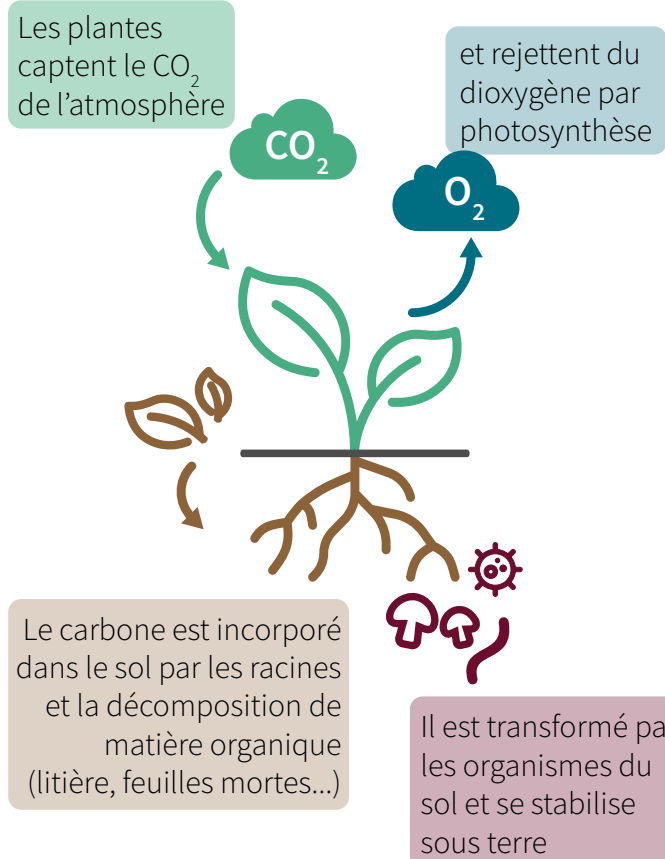
plantes et la décomposition de matière organique via les résidus de culture (litières, feuilles mortes...). Le carbone est alors transformé par les bactéries et champignons du sol et interagit avec les minéraux et organismes présents sous terre. Ce carbone organique se stabilise peu à peu, ce qui le protège de la dégradation et peut lui permettre de rester très longtemps dans les sols.

Le carbone stocké dans le sol finira par retourner dans l'atmosphère sous forme de CO<sub>2</sub>. La durée de stockage dépend de multiples facteurs (types de sols, pratiques agricoles, températures...) et peut aller de quelques décennies à plusieurs siècles, voire millénaires dans certains sols. Tout cela contribue à ralentir le cycle du carbone : **plus il y a de carbone dans les sols, moins il y en a dans l'atmosphère.**

## Les sols dégradés par les activités humaines

En Europe, les sols ont perdu la moitié de leur matière organique depuis les années 50. Cela s'explique par plusieurs facteurs liés aux activités humaines, notamment :

- **L'artificialisation** : La superficie des espaces artificialisés a augmenté de 72 % entre 1982 et 2018 en France métropolitaine<sup>2</sup>, et l'artificialisation représente aujourd'hui l'équivalent de 100 terrains de football par jour dans le pays<sup>3</sup>. Cela entraîne la destruction de sols fertiles, parfois de façon irréversible : remettre en bon état un sol artificialisé prend généralement plusieurs décennies et peut même s'avérer impossible à cause de la pollution liée aux hydrocarbures et métaux lourds qui reste dans les sols.



- **L'agriculture intensive** : Les pratiques de récolte intensive ne sont pas pensées pour la santé des sols mais pour améliorer la production liée au développement des plantes. Plusieurs facteurs dégradent le stockage du carbone dans les sols : l'utilisation de **pesticides** (le glyphosate est par exemple très mauvais pour les vers de terre et certains champignons) et autres **intrants minéraux** comme les engrais azotés et phosphatés, ainsi que le **labour**, qui permet certes d'aérer les sols mais perturbe la vie souterraine en détruisant les champignons du sol et les racines, favorise l'érosion, limite la rétention d'eau et libère du carbone contenu dans le sol.
- **Les impacts du changement climatique** : sécheresses à répétition, fortes chaleurs, perturbation du cycle de l'eau, multiplication des inondations, élévation du niveau des mers (qui favorise l'érosion et la salinisation des nappes)... Toutes ces conséquences du changement climatique dégradent directement et indirectement les sols.

### Les sols, des bombes à retardement ?

Dans certains cas, il est possible que les sols, au lieu d'absorber du carbone, deviennent des émetteurs de gaz à effet de serre. Cela s'explique par plusieurs facteurs dont la dégradation des sols qui entraîne la libération du CO<sub>2</sub> qu'ils renferment.

Certains sols extrêmement riches en carbone, aujourd'hui essentiels pour l'atténuation du changement climatique, sont considérés comme de véritables "bombes à retardement". C'est le cas des tourbières, qui couvrent seulement 3 % de la surface du globe mais représentent 30 % du carbone total piégé dans les sols<sup>11</sup>.

Même chose pour le pergélisol<sup>12</sup> : lorsqu'il fond (un processus déjà commencé), cela provoque la libération d'une matière organique émettrice de méthane, qui entraînerait un réchauffement supplémentaire important, voire un emballement du changement climatique... Sans oublier les risques naturels et humains engendrés par ce phénomène.

# 72 %

La superficie des espaces artificialisés a augmenté de 72 % entre 1982 et 2018 en France métropolitaine

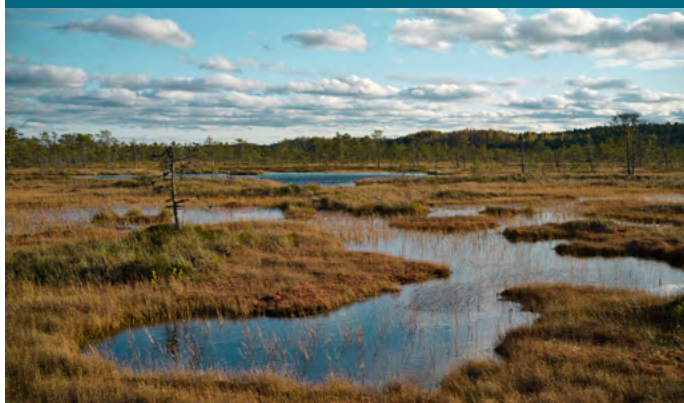
## Quelle quantité de carbone les sols peuvent-ils absorber ?

### L'initiative 4 pour 1000

Lancée lors de la COP15 et soutenue par le Cirad, l'IRD ou encore l'INRAE, cette initiative propose d'augmenter le stockage du carbone dans les sols de 0,4 % (autrement dit, de 4 pour 1000) par an pour compenser l'augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> anthropiques dues aux énergies fossiles. Cette proposition est basée sur un calcul simple :

- Chaque année, les émissions anthropiques de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère dues aux énergies fossiles sont de 9,6 Gt de CO<sub>2</sub><sup>4</sup>
- Le stock de carbone dans les sols est de l'ordre de 2400 Gt
- Si on augmente ce stock de carbone de 0,4 %, on stockera  $2400 \times 0,4/100 = 9,6$  Gt de CO<sub>2</sub> supplémentaires, soit de quoi compenser nos émissions de CO<sub>2</sub> due aux énergies fossiles.

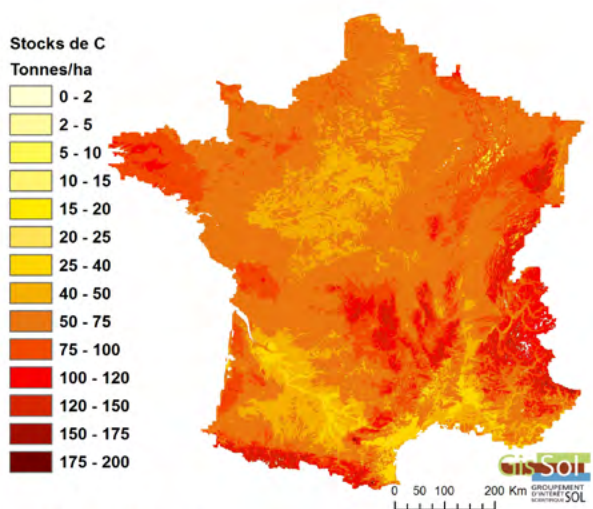
**De nombreuses limites sont pointées du doigt dans ce calcul** : il lui est reproché d'être simpliste, de ne pas prendre en compte les émissions liées à la déforestation, mais aussi de surestimer la séquestration du carbone dans les sols, qui aurait un rendement trop faible et réversible si les pratiques vertueuses sont abandonnées, sans compter que tout cela nécessite une forte quantité de carbone entrant dans les sols. De plus, ce calcul basé sur l'échelle mondiale ne fonctionne pas partout. En France, le stock total de carbone organique dans la couche 0-30 cm des sols (hors surfaces artificialisées) est de l'ordre de 13,4 Gt de CO<sub>2</sub><sup>5</sup>. Une augmentation de 0,4 % par an de ce stock compenserait 54 Mt CO<sub>2</sub>e, soit seulement 14 % des émissions françaises pour l'année 2023<sup>6</sup>. Pour un pays comme la France, qui émet beaucoup et ne représente qu'une petite surface, le stockage additionnel de carbone dans les sols ne peut absolument pas suffire à atteindre la neutralité carbone.



# Comment améliorer le stockage du carbone dans les sols Français ?

À l'image de l'Europe, les sols français sont en mauvais état. Les stocks de carbone sont particulièrement affaiblis sous les grandes cultures (51,6 tonnes/hectare), par rapport aux prairies permanentes (84,6 t/ha) ou aux espaces naturels (81 t/ha sous les forêts)<sup>7</sup>.

Du fait de leur marge de progression possible, on estime que **les grandes cultures représentent plus de 86 % du potentiel de stockage de carbone dans les sols français**<sup>8</sup>. C'est donc sous ces grandes cultures que l'essentiel des possibilités de stockage additionnel se situe : les pratiques agricoles intensives ont contribué à faire diminuer les stocks, mais il est possible de les faire remonter en adoptant des pratiques plus vertueuses.



Estimation des stocks de carbone organique de 0 à 30 cm de profondeur en France métropolitaine hors Corse<sup>13</sup>



Potentiel de stockage additionnel par région (MtC/haSAU/an)<sup>14</sup>

En parallèle, il apparaît essentiel de préserver les grandes prairies, qui sont d'immenses stocks de matière organique aujourd'hui en bon état, ainsi que de limiter l'artificialisation.

Le potentiel total de stockage de carbone sous les sols français est estimé à environ 60 Mt CO<sub>2</sub>/an (dont 28,2 Mt CO<sub>2</sub>/an de stockage additionnel)<sup>9</sup>, **ce qui permettrait de compenser 15 % de nos émissions actuelles, ou 80 % des émissions agricoles**<sup>10</sup>.

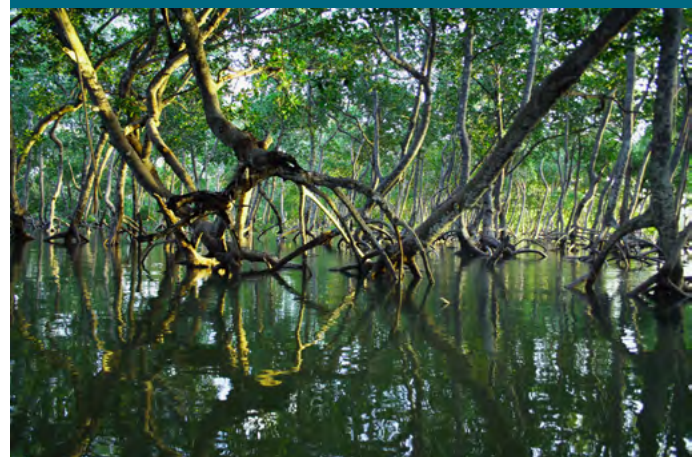
D'ici 2050, la Stratégie Nationale Bas Carbone 2 (SNBC) prévoit que la France émettra 80 Mt de CO<sub>2</sub>e incompressibles : **si on utilise tout le potentiel du stockage des sols, on pourrait ainsi compenser 59 de ces 80 Mt de CO<sub>2</sub>e, soit 3/4 du stockage nécessaire pour la neutralité carbone.**

## Les zones humides, des réservoirs de carbone et de biodiversité à préserver

Mares, prairies humides, étangs, marais, tourbières, lagons, mangroves... Le terme zone humide, très vaste, désigne les espaces à l'interface entre l'eau et la terre. Ces milieux ont pour point commun d'être des réservoirs de biodiversité (en France, la totalité des amphibiens et la moitié des oiseaux en dépendent), de fournir de nombreux services écosystémiques (régulation du cycle de l'eau, nourriture, protection contre les inondations ou les tempêtes, tourisme...) dont le stockage de carbone.

À l'inverse, la dégradation de ces milieux peut entraîner la libération d'une quantité importante de CO<sub>2</sub>. De même, malgré leur faible surface, les mangroves et marais littoraux absorbent autant de carbone que les forêts à l'échelle mondiale.

Les zones humides sont pourtant en très mauvais état : en France, près de deux tiers de leur superficie ont été détruits depuis le début du XXe siècle.



Le quart restant serait à compenser par les forêts, et les émissions résiduelles par des puits technologiques.

Concernant l'aspect économique, le coût estimé est inférieur à 250€/tCO<sub>2</sub>e<sup>9</sup>, pour un total d'environ 1,45 milliards d'euros par an (soit 26 % du budget de la PAC pour la France) pour développer tout le potentiel de stockage dans les sols agricoles. Cela passe notamment par des incitations pour les agriculteurs, qui aujourd'hui ne suffisent pas : cela nécessite de la surface au sol, du temps de travail, génère des coûts additionnels... Des moyens restent à déployer pour accompagner les agriculteurs vers ces pratiques plus vertueuses pour les sols.

# 15 %

Le potentiel total de stockage de carbone sous les sols français pourrait permettre de compenser 15 % de nos émissions actuelles ou 80 % des émissions agricoles

## L'agroécologie pour augmenter le stock de carbone dans les sols

Différentes pratiques issues de l'agroécologie permettent d'augmenter la teneur en carbone dans les sols<sup>15</sup> :

- Introduire davantage de cultures intermédiaires entre les cultures (cultiver une végétation qui n'est pas destinée à être récoltée entre 2 cultures principales) et développer les bandes enherbées ;
- Développer les haies et l'agroforesterie ;
- Allonger les prairies temporaires ;
- Protéger les prairies permanentes et optimiser leur gestion, remplacer la fauche par de la pâture ;
- Accroître la couverture des sols et l'enrichir en matière organique ;
- Privilégier la fertilisation organique à la fertilisation minérale ;
- Restaurer et protéger les surfaces agricoles et les terres dégradées.



## Références

<sup>1</sup> 2400 Gt de carbone dans les sols, contre 800 Gt C dans l'atmosphère - Source : [INRAE, 2019](#)

<sup>2</sup> [Agreste - Enquêtes Teruti, 2021](#)

<sup>3</sup> Soit 24 000 hectares par an - Source : [ecologie.gouv.fr](#)

<sup>4</sup> [RE6 du GIEC - GT1 - Chapitre 5](#)

<sup>5</sup> [INRAE, 2019](#)

<sup>6</sup> Données du CITEPA via [l'Observatoire climat-énergie du Réseau Action Climat, 2024](#)

<sup>7</sup> [INRAE, 2019](#)

<sup>8</sup> [INRAE, Pellerin et al., 2020](#)

<sup>9</sup> [Bamière et al., 2023](#)

<sup>10</sup> Données du CITEPA via [l'Observatoire climat-énergie du Réseau Action Climat, 2024](#)

<sup>11</sup> [CNRS, 2022](#)

<sup>12</sup> Le pergélisol (ou permafrost en anglais) est un sol qui reste à une température égale ou inférieure à 0°C pendant au moins deux années consécutives.

<sup>13</sup> [Gis Sol, IGCS-RMQS, Inra 2017](#)

<sup>14</sup> [INRAE, Pellerin et al., 2020](#)

<sup>15</sup> Source : [agriculture.gouv.fr](#)