



**PRÉFET  
D'INDRE-  
ET-LOIRE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



# Mieux aménager avec les sols vivants en Touraine

## Référentiel



Atelier des territoires

Janvier 2023

Ce référentiel a été élaboré dans le cadre de la démarche "Atelier des territoires" proposée par la Direction Générale de l'Aménagement et de la Nature (DGALN) du Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. Un des cinq sites lauréats de la session nationale de l'Atelier des territoires "Mieux aménager avec des sols vivants" a été porté par la Direction Départementale des Territoires d'Indre-et-Loire, en partenariat avec la métropole de Tours Val-de-Loire et la communauté de communes de Touraine Est Vallées, et avec l'appui de l'Agence d'urbanisme ATU37. Cette démarche a été pilotée localement par Arnold Landais de la DDT37.

L'Atelier s'est déroulé en cinq temps, de février à novembre 2022. Il a réuni une cinquantaine de participants, acteurs des territoires et de la société civile. Le référentiel est le produit de leurs travaux. Sa rédaction n'engage que ses auteurs, qui sont la coopérative conseil ACADIE (Sacha Czertok, Jules Peter-Jan, Martin Vanier) et le bureau d'étude en paysage et environnement CAUDEX (Clément Bollinger et Anne Faure). Ce travail s'appuie également sur des contributions de Geoffroy Séré, Philippe Schmit, Luc Vancrayelynghe et Marine Elmelik.

Site internet de la démarche : <http://sols-vivants.atu37.org/>





# Sommaire

p.7 **La parole aux commanditaires**

p.9 **Introduction**

p.10 **Le sol, sujet culturel**

p.13 **Partie 1 - Sols et urgence écologique**

1. Sols vivants : de quoi parle-t-on ?
2. Apprendre ou réapprendre à lire les sols
3. Sols et services écosystémiques
4. Sols et captation carbone
5. Sols et capacité alimentaire
6. Sols et cycle de l'eau
7. Sols, rétablissement de la biodiversité et paysage

p.31 **Partie 2 - La situation des sols en Touraine**

8. Les sols en Touraine
9. Enjeux du plateau agricole : sobriété foncière et intelligence des sols
10. Enjeux de la Varenne inondable : réparation et renaturation

p.45 **Partie 3 - A l'échelle de la parcelle et du projet : les principes d'aménagement à mettre en œuvre**

11. Là où nous habitons : l'exemple du lotissement et des nouvelles zones d'habitat
12. Là où nous consommons : l'exemple de l'espace de stationnement de la zone commerciale
13. Là où nous travaillons : l'exemple de la zone d'activités économiques
14. Là où nous circulons : l'exemple des abords de grandes infrastructures
15. Là où nous nous récréons : les espaces de nature et de loisirs

p.67 **Partie 4 - A l'échelle de l'agglomération tourangelle : des dispositifs à activer**

Schéma synthétique de l'articulation stratégique des cinq dispositifs

16. Une « Ecole des sols pour tous », pour partager une culture commune des sols vivants
17. Une plate-forme de terre pour l'agglomération tourangelle
18. Une gouvernance pour réparer les sites d'activités économiques et commerciales
19. La conception et la conduite des grands projets avec les sols vivants
20. L'inscription des sols vivants dans la planification urbaine

p.84 **Et maintenant ? Cinq recommandations pour continuer à faire vivre en pratique une « gouvernance des sols »**



## Préambule des commanditaires

L'Atelier « Mieux aménager avec les sols vivants » est la preuve (vivante !) de cette évidence qu'il ne faut jamais oublier : le sol nous rassemble, nous met en présence d'un même fondement, exige aussi de nous que nous soyons à ses rendez-vous. Rendez-vous et fondement universels, planétaires, mais aussi territoriaux, quasi-domestiques, au cœur de la vie de chacun. Ce sol que nous foulons chaque jour, que nous travaillons pour certains, que nous transformons en permanence par nos actes, nos projets, nos activités, est, comme l'air et comme l'eau, une condition d'existence en même temps qu'un formidable devoir commun.

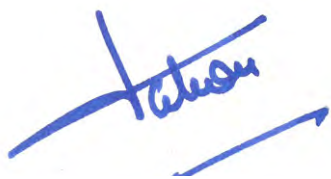
Mais ne nous voilons pas la face : le sol divise aussi, parfois tragiquement. Il est l'objet de toutes les convoitises, de tous les intérêts, la raison de bien des tensions, conflits et désaccords. Alors : devoir commun ou fondement des désaccords ?

En Touraine, les acteurs locaux ont décidé de se saisir du cadre de la session nationale de la démarche « Atelier des territoires » proposé par la Direction Générale de l'Aménagement et de la Nature des Ministère de la Transition Ecologique, de la Cohésion des territoires, pour se rassembler sur ce défi renouvelé : mieux aménager la ville et ses territoires en tenant compte des sols et de leur vitalité.

Sous l'impulsion de la Direction Départementale des Territoires (service urbanisme et démarche de territoires), Tours Métropole Val-de-Loire et la communauté de communes Touraine Est-Vallées se sont donnés deux vastes périmètres partagés de 5 à 6 000 hectares chacun, l'un sur le Plateau nord, l'autre sur la Varenne inondable, objets d'une même question : comment changer l'approche des sols en aménagement et en urbanisme ?

En voici les réponses. Elles sont multiples, pratiques, toutes réalisables. Elles nous interpellent, nous collectivités et les services de l'Etat, mais aussi les habitants et les citoyens, les entreprises, les professionnels de l'aménagement et de l'urbanisme, les agriculteurs, et, somme, toute, la société locale tout entière. Elles demandent à la fois à être entreprises d'urgence et à être inscrites dans le temps long. Rien ne se fera d'un coup de baguette magique, mais l'ampleur des chantiers ne doit pas retarder leur mise en œuvre.

Cinq chantiers (appelés « dispositifs ») sont proposés in fine. Ils ont tous leur importance et sont complémentaires. Ils doivent être coordonnés. Ils appellent ce que l'atelier a initié et ce qui nous motivait dans sa commande : mettre en marche une gouvernance des sols. C'est notre conviction finale : le sol est notre bien commun, il requiert une gouvernance partagée. Ce référentiel est sa première pierre.



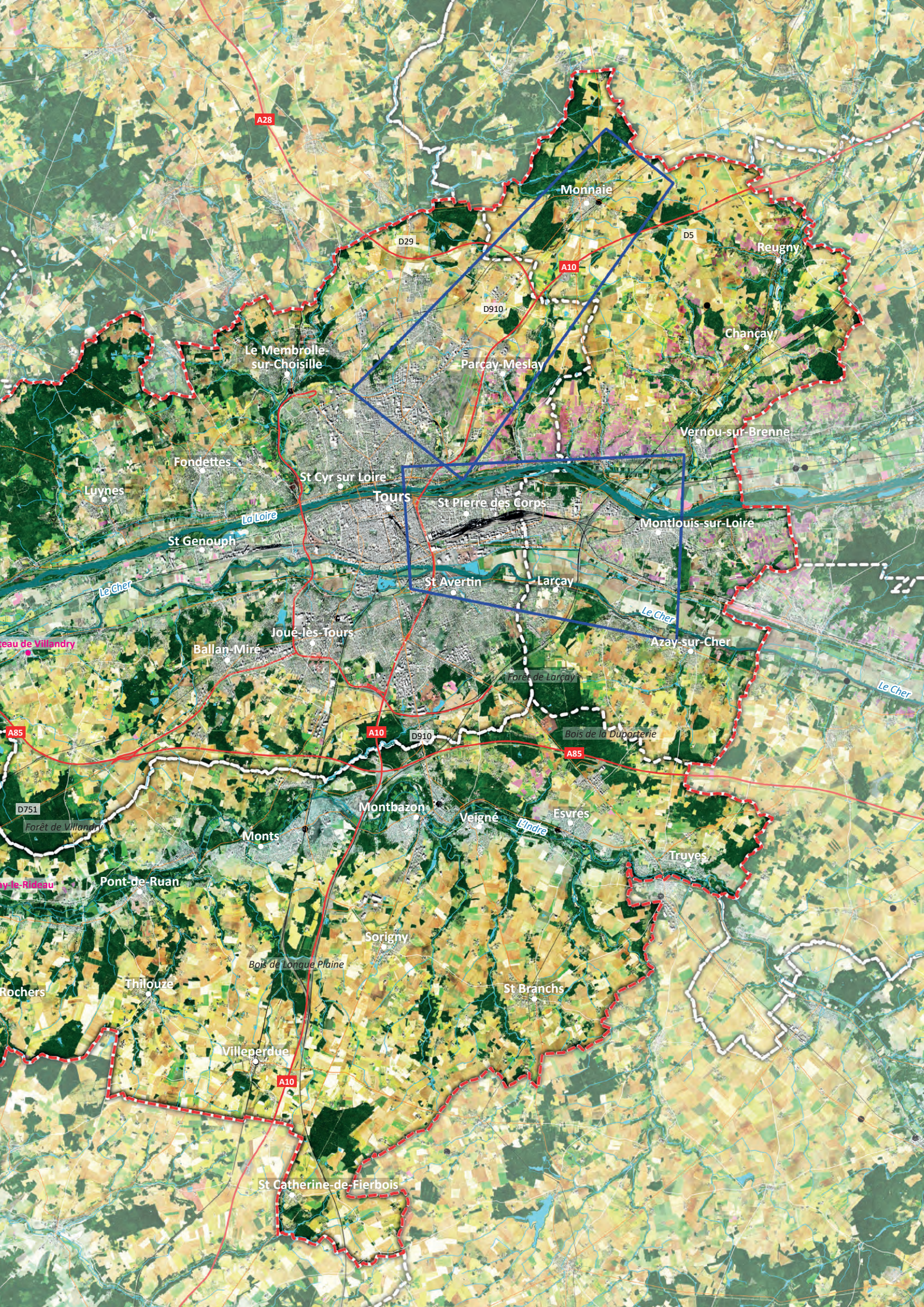
**Patrice LATRON,**  
Préfet d'Indre-et-Loire



**Janick ALARY,**  
Vice-Président de Touraine-  
Est Vallées - Habitat et  
aménagement du territoire



**Christian GATARD,**  
Vice-Président de Tours  
Métropole Val de Loire -  
Délégué aux finances et à  
l'urbanisme



A28

Monnaie

D29

D5

Reugny

A10

D910

Chançay

Le Membrolle-sur-Choisille

Parçay-Meslay

Vernou-sur-Brenne

Fondettes

St Cyr sur Loire

Tours

St Pierre des Corps

Montlouis-sur-Loire

Luynes

St Genouph

Joué-les-Tours

Ballan-Miré

St Avertin

Larçay

Le Cher

Azay-sur-Cher

Forêt de Villandry

Forêt de Larçay

Bois de la Duporterie

A85

A10

D910

A85

D751

Forêt de Villandry

Montbazou

Veigné

Esvres

Truyes

Monts

Pont-de-Ruan

Sorigny

Bois de Longue Plaine

Rochers

Thilouze

St Branches

Villeperdue

A10

St Catherine-de-Fierbois



## Introduction

En quelques années, la question des sols est devenue incontournable dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement, du paysage et bientôt en pratique avec eux, ceux de l'architecture, du bâtiment et des travaux publics. Le sol qui était, par nature, la base du monde agricole, de ses métiers, de ses savoirs, de son économie, a été reconnu comme aussi fondamental pour le monde urbain et la production de la ville. C'est désormais un truisme que de rappeler la nécessité de passer d'une approche en deux dimensions, dans laquelle le sol n'est qu'un support à bâtir, à une approche en trois dimensions, dans laquelle on retrouve le sol dans son épaisseur et ce qui s'y joue.

Dans l'épaisseur des sols : la vie ! Tous les sujets de transition, que les professionnels de la ville et de l'urbain ont commencé à croiser dans une nouvelle façon de concevoir les territoires habités, ramènent aux sols : l'eau, la biodiversité, l'adaptation et l'atténuation face au réchauffement climatique, la captation carbone, le progrès de l'autonomie alimentaire, le métabolisme et son économie circulaire...

En proposant ici un référentiel pour mieux aménager avec les sols vivants en Touraine, on ne fait que recouper beaucoup d'informations, de propositions, et d'expériences, déjà recensées, diffusées, parfois adoptées, concernant la végétalisation et la renaturation des villes, leur dés-imperméabilisation, leur rafraîchissement naturel (bio-climatisme), le recyclage des matériaux, leur projet alimentaire territorial, etc. Le sol peut rassembler toutes ces nouvelles façons de faire la ville et les territoires. Nous n'aurions jamais dû l'oublier.

Ce référentiel se veut à la fois un outil pédagogique, orienté vers l'urbanisme, et un cahier pratique, une guide de recommandations pour passer à l'acte : mieux aménager avec les sols vivants, dans toutes sortes de configurations urbaines, résidentielles, économiques, commerciales, en zones déjà construites ou en zones de projet.

Au sein des deux territoires du SCoT de l'agglomération tourangelle qui ont accepté de jouer le jeu de l'Atelier, deux grands secteurs ont servi de cadre pratique, tous les deux à-cheval sur les deux intercommunalités de Tours Métropole Val-de-Loire et de Touraine Est Vallées : le Plateau nord agricole, et la Varenne inondable entre Loire et Cher. Ils permettent de traiter de nombreuses situations urbaines qu'on retrouvera un peu partout en France dans d'autres agglomérations et leurs périphéries.

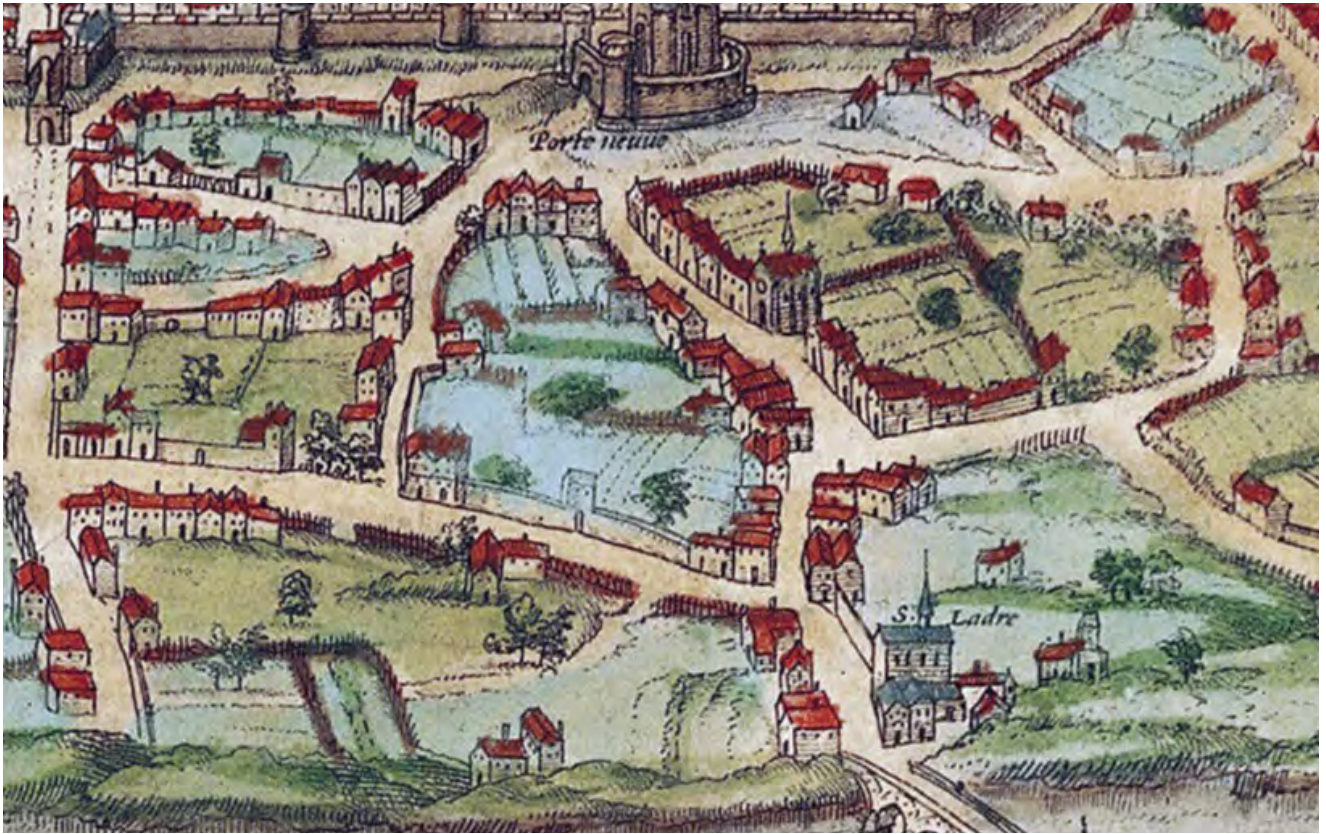
## Le sol, sujet culturel

« En partant d'un plateau qui culmine à environ 100 mètres d'altitude, puis en filant le long du coteau calcaire vers le Sud pour atteindre une vaste plaine alluviale, 50 mètres plus bas, l'individu foule des sols de natures différentes. Il ne s'agit pas uniquement de pouvoir distinguer les qualités agronomiques, il s'agit également de lire une géomorphologie et traduire les artefacts et autres signes d'occupation d'un territoire depuis deux millénaires.

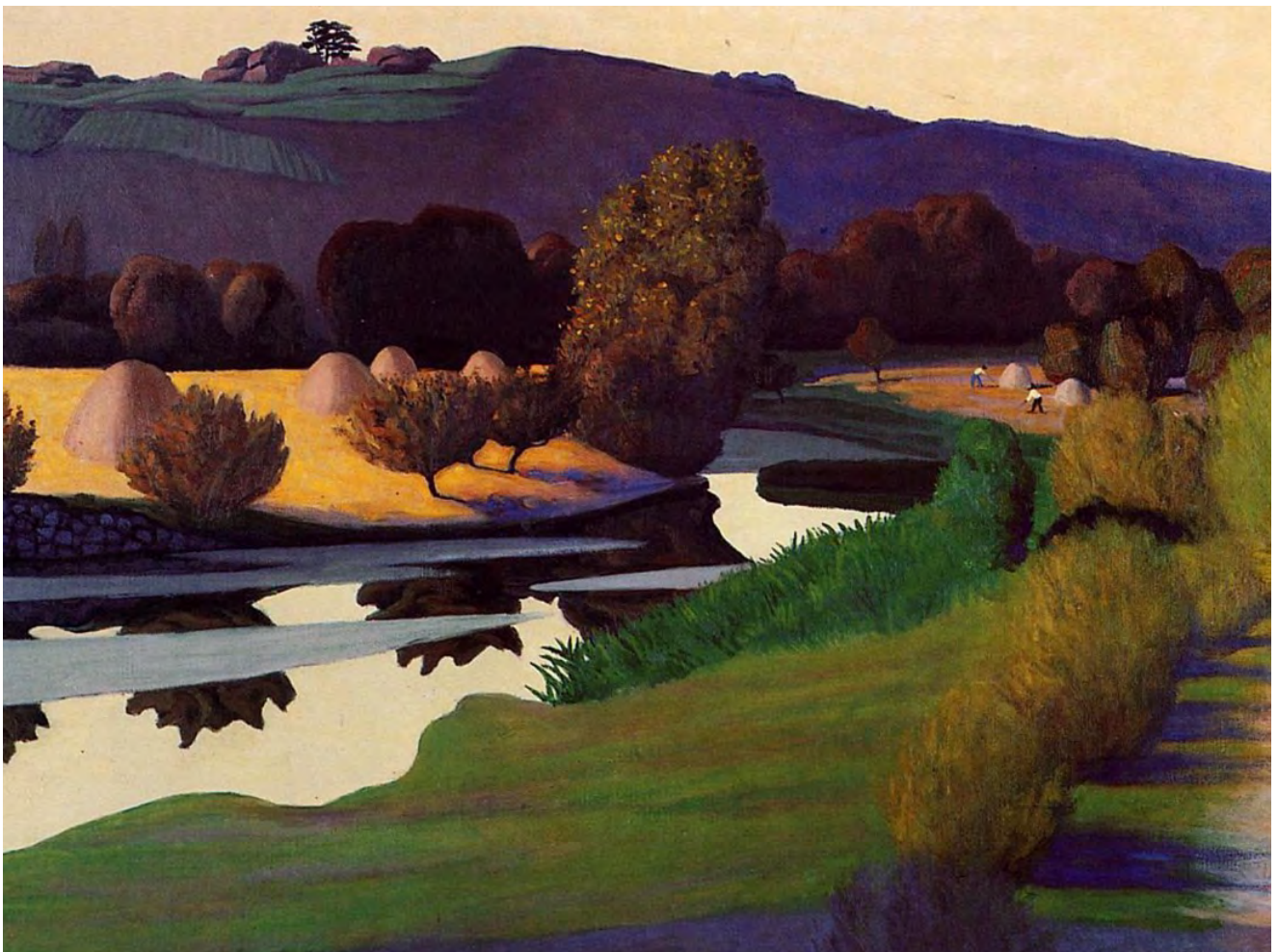
Le plateau, comme le Val inondable, sont des terres cultivées de longue date. Les **nombreux sites archéologiques** qui jalonnent le territoire en témoignent : les premières communautés de l'époque gallo-romaine, puis la présence des grandes abbayes – dont celle de Marmoutier – ont œuvré à la transformation des paysages. Aménagement des varennnes, création de bocages, construction de ports, routes, ponts, moulins, plantation et gestion forestière, plantation de céréales, vignes, vergers... Le territoire est mis en culture et **le paysage dont nous héritons** porte, dans son substrat même, le travail de ces générations d'arpenteurs. Ce n'est pas un hasard si Arthur Young, agronome britannique de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, évoque la richesse des jardins, des prairies ou du vignoble lorsqu'il visite la Touraine : c'est la caractéristique de ce territoire traversé par un fleuve qui, en reliant la façade Atlantique au Massif central, a permis, facilité et favorisé les cultures et les échanges commerciaux.

**Tout est sol autour de nous, horizontalement comme verticalement.** Nous y sommes attachés mais peut-être trop habitués pour en être pleinement conscients. En complément d'une connaissance pédologique essentielle et de l'identification des services écosystémiques qu'il rend, il nous semble important de clamer que le sol est aussi un sujet culturel ! »

*Bruno Marmioli,  
Mission Val de Loire patrimoine mondial*



↑ Tours, vers 1572



↑ Félix Vallotton, Soirée sur la Loire, 1923





**Partie 1**  
**Sols et urgence écologique**

## Sols vivants : de quoi parle-t-on ?

« Sols vivants » devrait être en quelque sorte un pléonasme : un sol naturel est vivant par définition. C'est l'interface vivante entre le socle terrestre, de nature géologique et sa couverture végétale et animale, de nature biologique. Par le haut, le sol digère la matière vivante qui se décompose après sa période de vie. Par le bas, il libère les minéraux de la roche indispensables au cycle de vie. Cette activité naturelle à la fois physique et chimique s'opère par le passage de l'eau, par l'activité bactérienne, par la croissance des racines et des rhizomes, et par la circulation de toutes les espèces qui vivent en tout ou partie dans le sol. Mais si on ignore, perturbe ou nie ces fonctionnements écologiques, on peut finir par « tuer » un sol, l'empoisonner ou le perturber irrémédiablement : il existe aussi des sols morts...



### L'âge des sols

Les sols naturels datent tout simplement de la dernière déglaciation : sous nos latitudes, ils ont donc environ 10 000 ans ! Il faut s'en souvenir avant de les traiter comme de simples couches de terres. On peut reconstituer la stratigraphie (c'est-à-dire son ordonnancement dans la profondeur) d'un sol déplacé lors d'un chantier, pour contribuer à rétablir autant que possible son fonctionnement biochimique, mais c'est un travail délicat, qui nécessite une bonne maîtrise géotechnique. Seule l'accumulation dans le temps de cycles végétatifs rétablira vraiment un sol là où il a été décapé ou chamboulé. Ce rétablissement se mesure en décennies.

### Atteintes à la vitalité des sols

#### Pour pérenniser la vitalité d'un sol, il ne faut pas :

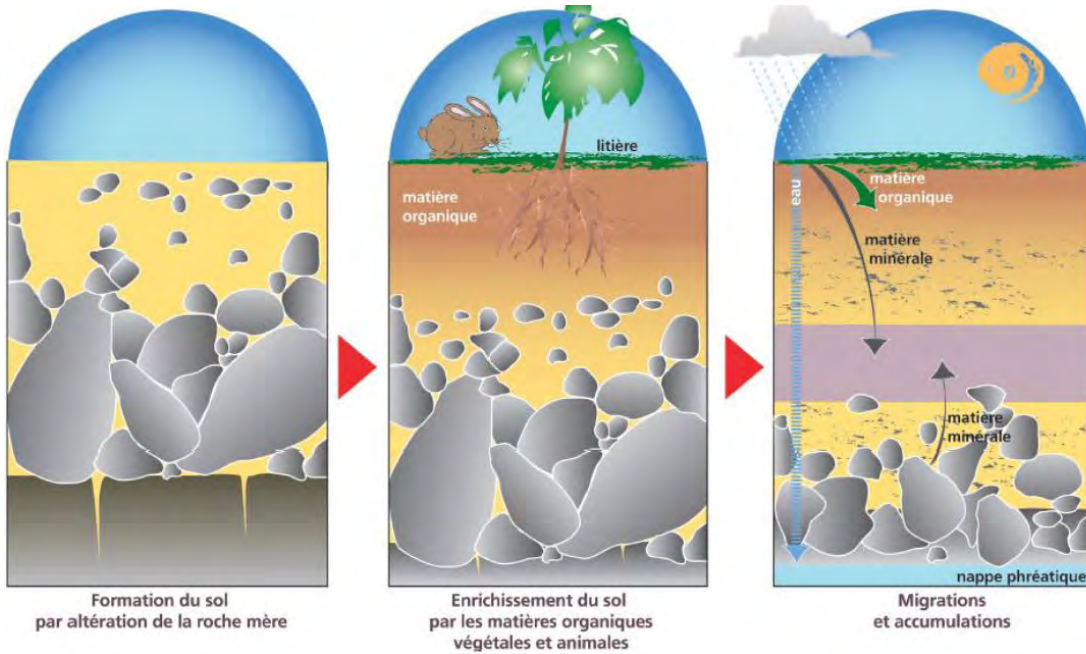
- > L'isoler de la biosphère (la couverture végétale) et de ses apports par une couche artificielle qui le recouvre (béton, bitume, granulats...). Certes, à la longue, si on la laisse faire, la nature reprendra ses droits et « digèrera » le couvercle en question ; mais sous un couvercle, le sol est en quelque sorte en sommeil.
- > L'isoler du substrat géologique (la roche mère) et de ses apports en minéraux : c'est le cas des terres rapportées sur dalles, bacs ou socles, qui ne font pas des sols vivants pour autant.
- > Intervenir massivement dans les échanges biochimiques, avec des apports phytosanitaires qui visent à sélectionner la biodiversité, ou en bousculant ses « horizons » (les strates du sol) par des labours profonds. Un sol agricole peut avoir perdu sa vitalité aussi, à cause de pratiques de surexploitation.

#### « Bons » et « mauvais » sols ?

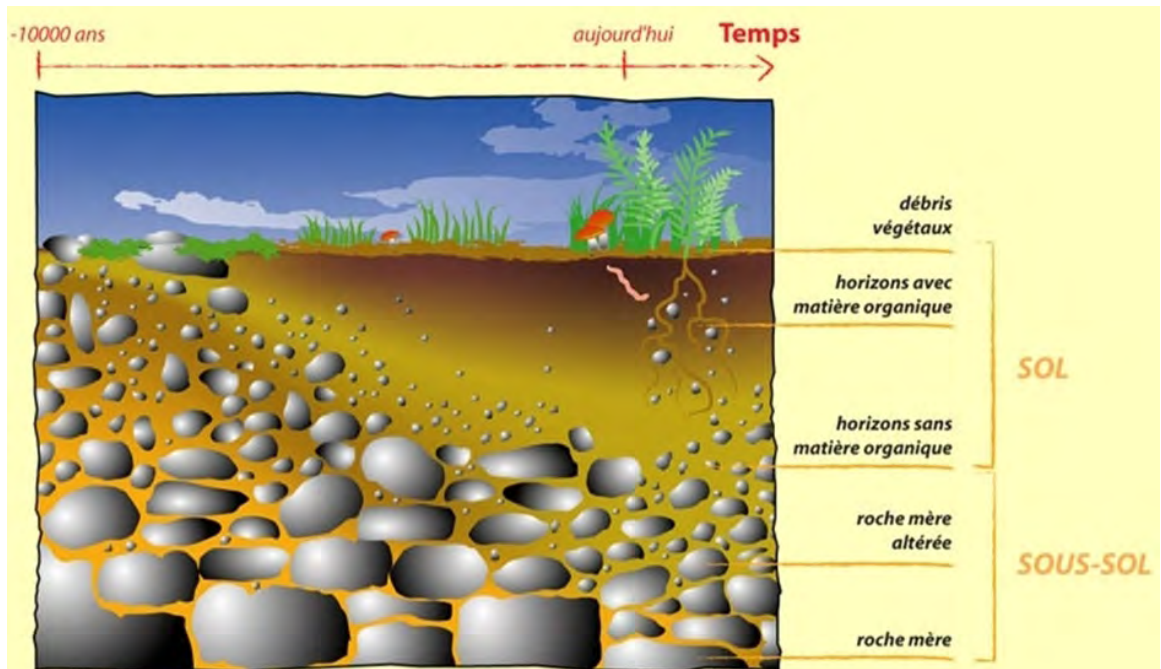
Tout dépend de ce que l'on en attend ! Les qualités de sol pour l'agronome ne sont pas nécessairement celles que retiendra l'écologue, et encore moins l'urbaniste, qui commence tout juste à s'y intéresser. Les sols peuvent être épais ou minces, riches ou pauvres en oligo-éléments, « gras » (marneux) ou pulvérulents (sableux). Leur vitalité est donc naturellement variable, comme pour n'importe quel milieu vivant. L'essentiel est de la reconnaître et d'en tenir compte.

#### → Pour aller plus loin

- > L'avenir des sols en 10 questions. Une source de vie à protéger. ADEME, 2019, 15 pages.
- > Mathieu Ughetti, 2020. Les superpouvoirs des sols en BD. CEREMA. <https://www.cerema.fr/fr/actualites/super-pouvoirs-sols-bd>
- > Des arbres et des sols, éléments clés de la fertilité, arbre & paysage 32, Auch, non daté, 17 pages, <https://ap32.fr/>
- > Les sols, terreau fertile pour l'EEDD, alterre bourgogne, avril 2012, 32 pages, [www.alterre-bourgogne.fr](http://www.alterre-bourgogne.fr)
- > ADEME, 2015. Les sols portent notre avenir. Connaître pour agir, 9 pages.



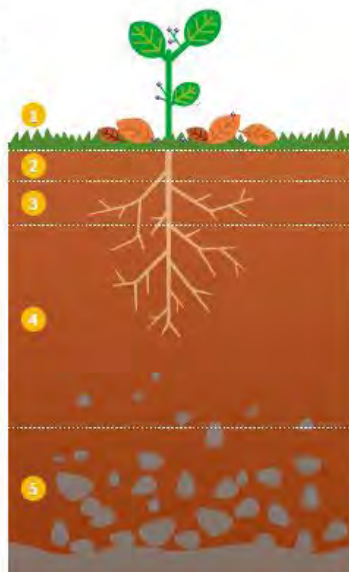
← Schéma de la formation des sols  
Source : Pascal Inzerillo, Inra



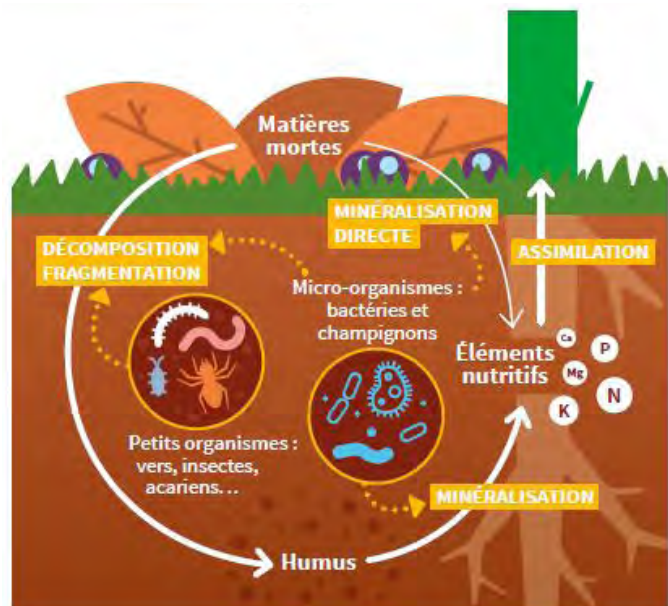
→ Le temps de la formation d'un sol  
Source : Geoffroy Séré

EXEMPLE D'UN PROFIL DE SOL

- 1 La végétation abrite des animaux vivants.
- 2 L'humus, issu de la décomposition de matières organiques accumulées à la surface, rend au sol des nutriments pour les végétaux.
- 3 La couche arable est un mélange riche en matière organique et minéraux.
- 4 La couche profonde est souvent pauvre en matière organique, avec peu de traces de vie.
- 5 La roche mère est une couche 100 % minérale, sans air et sans vie.



↑ Exemple d'un profil de sol  
Source : ADEME, 2019



↑ Le cycle de la matière organique  
Source : ADEME, 2019

## Apprendre ou réapprendre à lire les sols

Au cours du 20<sup>ème</sup> siècle, le basculement complet d'une société agraire à une société urbaine nous a fait perdre toute culture profane des sols. Jadis, les collectifs de production qui vivaient dans les campagnes (agriculteurs, éleveurs, forestiers, ...) avaient une connaissance pratique des sols. La science des sols a, certes, beaucoup progressé durant ce basculement, mais la connaissance sociale des sols s'est perdue. Or, désormais, la conscience que nous habitons des écosystèmes se généralise. Et il faut les réapprendre, en pratique. Aller vers un urbanisme capable de porter un « projet de sol », implique que l'urbaniste, l'architecte, l'ingénieur, le constructeur, l'investisseur, l'habitant, l'utilisateur, l' élu, etc., sachent de quoi on parle et comment on lit un sol. Il ne s'agit pas de devenir tous pédologues ! Mais il s'agit bien de renouer avec une réalité vivante qui ne peut plus rester méconnue.



### L'indispensable profil pédologique

Pour voir ce qu'il y a dessous, pas d'autres solutions : il faut ouvrir une fosse, ou réaliser un prélèvement (avec une tarière jusqu'à 1,20 m) pour prendre connaissance de toute l'épaisseur du sujet ! Beaucoup d'aménagements (constructions, infrastructures) commencent de toute façon par regarder jusqu'où va le sol, pour aller chercher un socle rocheux ou une base compacte propice aux fondations. Encore faut-il tirer les leçons de ces sondages du sol :

- > quel peut être l'intérêt du sol sur lequel on intervient ? Pour quelles fonctionnalités ?
- > si l'on doit le déplacer, quelles précautions prendre pour se donner les moyens de rétablir ce sol ailleurs, sur un espace de compensation à l'urbanisation, par exemple un espace reconquis sur une friche ?

La culture du sol commence par ce geste de ménagement, avant d'attaquer l'aménagement. Respecter le sol : non pas nécessairement pour le sanctuariser, mais pour le traiter pour ce qu'il est, à savoir une matière vivante.

### Les cartes de sols

Tous les territoires n'ont pas cette chance, mais il se trouve qu'en Indre-et-Loire, et grâce aux pédologues de l'INRA et de la Chambre d'Agriculture, avec l'appui des conseillers de GDA (Groupes de Développement Agricole) une cartographie générale des sols a été dressée, entre 1982 et 1997, sous forme de 18 feuilles en couleur au 1/50 000, couvrant l'ensemble du département, éditées et numérisées.

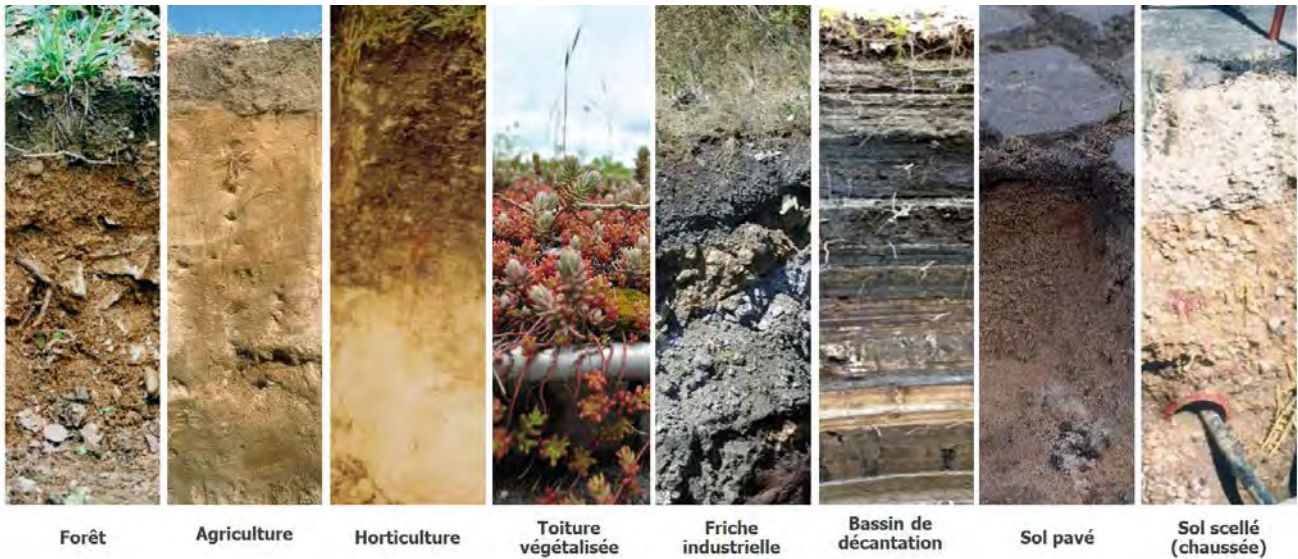
Des unités de sols ont été caractérisées par l'étude de près de 700 fosses pédologiques (observations, analyses chimiques, physiques et biologiques) et de 20 000 sondages à la tarière. 10 paramètres descriptifs ont été définis pour chaque plage de sol homogène sur 1 m 20 (profondeur de la tarière) : type de sol, texture de surface, charge caillouteuse, hydromorphie, type de substrat, sa profondeur, son altération, sa texture et leur profondeur respective.

### Et les sols urbains ?

Sous le béton et le bitume... les sols ! Pas toujours en bon état, parfois même profondément pollués et impropres à la culture à des fins alimentaires, mais rarement sans aucun intérêt écologique ni rétablissement possible, à plus ou moins long terme. Il n'y aura pas de « nature en ville » et de renaturation urbaine si on ne commence pas par restituer des sols un peu partout, dès que c'est possible, au nom de fonctionnalités adaptées. L'urbanisme comme projet réparateur des sols ? Une nouvelle page commence !



↓ La très grande variété des sols  
Source : Geoffroy Séré



↓ Un exemple de fosse pédologique  
Source : Thèse d'Anne Blanchart



↓ Les sols et leurs services ont été peu étudiés en milieux urbains entre 1995 et 2016  
Source : Thèse d'Anne Blanchart

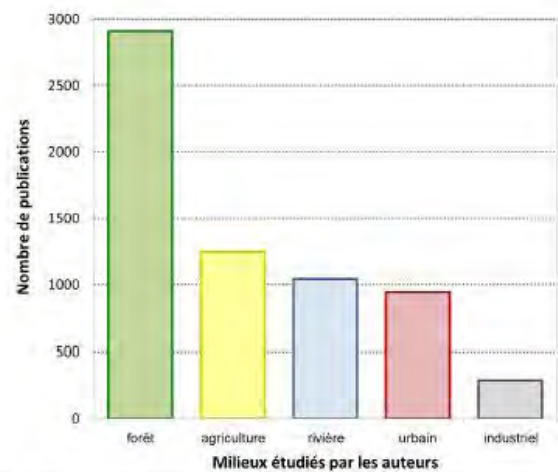


Figure 15 : Les services écosystémiques sont principalement discutés en milieux forestiers et agricoles - entre 1995 et 2016, Blanchart et al., 2017



← Extrait de la carte des sols d'Indre-et-Loire au 1/50 000e  
Source : Chambre d'agriculture d'Indre-et-Loire

→ Pour aller plus loin

- > ADEME, 2022. Qualité de sols et urbanisme. Construire une méthodologie adaptée aux besoins des territoires et favoriser son appropriation. 105 pages.
- > CEREMA, Retour sur la journée technique sur la renaturation des sols du 8 octobre 2019. <https://www.cerema.fr/fr/actualites/solutions-ville-demain-renaturation-sols-retour-journee>
- > Travaux scientifiques du Laboratoire Sols & Environnement (LES), université de Lorraine et INRAE, spécialisé dans les sols urbains. <https://lse.univ-lorraine.fr/production-scientifique>
- > Webinaire thématique de l'European Joint Programme SOIL "Les données sol en France et en Europe: acquisition, gestion, partage et réseaux de surveillance", 16 novembre 2022. <https://rnest.fr/webinaire-ejp-soil-donnees-sols/>

## Sols et services écosystémiques

Si l'on veut reconnaître la valeur vivante du sol dans toute son épaisseur, et non plus comme seul support à bâtir, il faut pouvoir apprécier, évaluer, comparer, les fonctions écologiques qui sont les siennes et les services qu'elles peuvent rendre à la nature et aux humains. Tous les sols n'ont pas les mêmes potentialités fonctionnelles, les mêmes capacités écologiques. Pouvoir démontrer la nature précise de leur intérêt en tant que superficie non bâtie, c'est se donner les moyens d'opposer à la rente foncière, une autre « rente », plus collective et moins monétaire, mais dont on mesure mieux aujourd'hui les nécessités vitales.



### Une « boussole » pour les sols

Les scientifiques parlent plutôt de « radar », et en proposent diverses formes, plus ou moins complexes. Elles distinguent généralement trois grandes catégories de fonctions, donc de services :

- > Les services dits de régulation (filtration de l'eau, digestion des déchets, effets climatiques, cycle du carbone...)
- > Les services dits d'approvisionnement (en aliments pour les hommes et les animaux, en énergies, en molécules, en matériaux inertes...)
- > Les services culturels : le sol comme gisement patrimonial archéologique, comme coproduction homme-nature d'une matière vivante travaillée (le terroir), comme support de paysages.

Pour les sols urbains, il convient d'intégrer nécessairement la fonction support classique, mais précisément pour signifier qu'elle n'est qu'une parmi d'autres possibles dans un « projet de sol ».

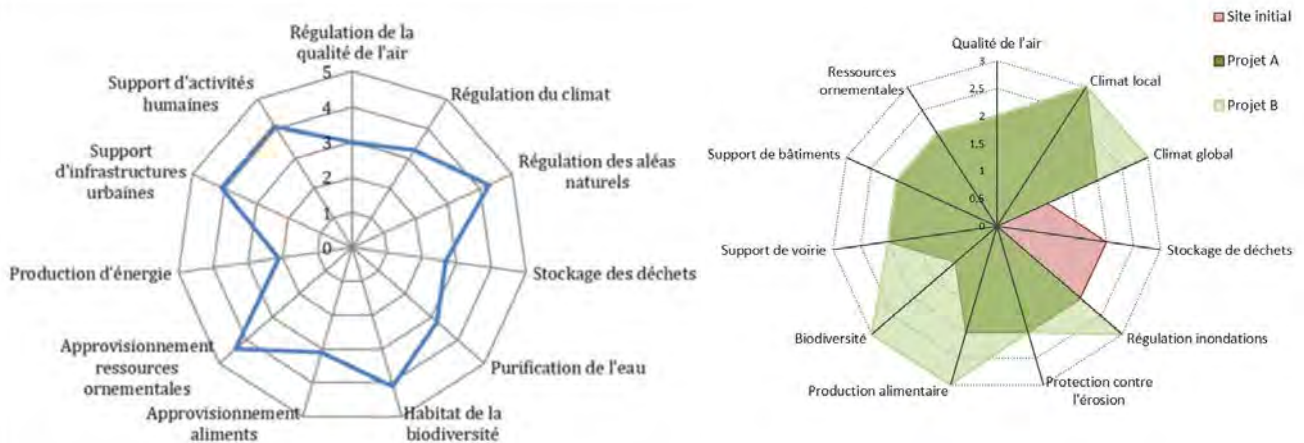
### De la carte des sols à la carte des potentiels écosystémiques

Chaque parcelle ou groupe de parcelle peut ainsi être apprécié à travers les fonctionnalités écologiques du sol, avant qu'y soit déployé un projet urbain aveugle aux services qui risqueraient alors d'être perdus. Jusqu'à présent, on oppose aux parcelles « à urbaniser » (zonage AU des documents d'urbanisme) les vocations agricoles (zonage A) ou naturels (zonage N) des sols. La carte des potentiels écosystémiques ouvre à la reconnaissance de bien d'autres potentiels ou vocations. Elle devrait être dressée partout où des projets urbains sont à arbitrer : on sait prendre des décisions pour optimiser leur localisation ; reste à intégrer dans cette optimisation le gisement de services écosystémiques que représentent tous les sols.

### « Zéro artificialisation nette » : un processus de renaturation des villes

Avec cette nouvelle approche, et ses outils d'appréciation scientifique, il devient possible d'inclure dans le projet urbain à la parcelle (une construction, un équipement, une zone urbanisée) les services écosystémiques qu'on souhaite y préserver en maintenant une part des sols vivants. La diminution de la consommation des espaces agricoles, naturels et forestiers ne suffira pas à renaturer les villes existantes. La sobriété foncière est indispensable. Mais le mieux-être environnemental des villes viendra avec l'intégration dans la fabrique permanente de la ville et ses perpétuelles mutations d'une exigence nouvelle : celle de laisser de la place aux sols vivants, vecteurs partout de services écosystémiques.

↓ Différents exemples de "radars" pour lire les services écosystémiques rendus par les sols  
Source : FAO, Geoffroy Séré



### → Pour aller plus loin

- > Lothodé, M., et al., 2020. « Prendre en compte les services écosystémiques rendus par les sols urbains : un levier pour optimiser les stratégies d'aménagement ». Étude et Gestion des Sols, Volume 27, pp. 361-376.
- > Margot Didier, et al., 2017. Destisol : les sols, une opportunité pour une aménagement urbain durable. Rapport de recherche ADEME – LSE – CEREMA, 56 pages.

## Sols et captation carbone

Le carbone présent dans le sol est principalement compris dans la matière organique vivante (biomasse) et la matière organique morte (nécro-biomasse), qui subiront ensuite un processus biologique appelé minéralisation. Ce processus correspond à la décomposition des matières organiques (végétale et animale) par les micro-organismes présents dans le sol en dégradant la matière, la mélangeant, la brassant... Une fois que la biomasse est minéralisée, le carbone (les nutriments) est alors disponible pour les plantes ou se disperse en étant lessivé par l'eau.



### Quelle capacité de stockage pour les sols ?

À l'échelle globale les sols et la forêt stockent 3 à 4 fois plus de carbone que l'atmosphère<sup>1</sup> et sont le plus grand réservoir de carbone après les océans. Les sols n'ont pas tous la même capacité de stockage; celle-ci dépend de la quantité de matière organique contenue dans le sol. Les tourbières par exemple, ont une grande capacité de stockage et constituent un stock de 20% de la totalité du carbone dans les sols d'Europe<sup>2</sup>. S'il y a peu de tourbières en Touraine, les zones humides restent des espaces clés pour le stockage du carbone, qu'il faut préserver et restaurer. Les forêts et les prairies permanentes accumulent du carbone dans leur sol alors que les terres cultivées ont plutôt tendance à en libérer. La capacité de stockage du sol dépend de sa composition, de ses propriétés, de son occupation et de son mode de gestion. Un sol de vignoble ne va par exemple stocker que 34t/ha, ceux des grandes plaines cultivées ont une capacité estimée à 60t/ha contre 80 à 90t/ha pour des sols de prairies, forêts, pelouses ou pâturages naturels. Les sols de montagne, dont les conditions climatiques ralentissent le processus de minéralisation par les micro-organismes, ont la plus grande capacité de stockage (plus de 130t/ha)<sup>3</sup>.

Depuis 2010, la région Centre Val-de-Loire a perdu 4600ha/an de surfaces naturelles et agricoles en moyenne, principalement au profit de sols urbanisés (+3400ha/an) et, à une moindre mesure, à celui des sols naturels et boisés (+800ha/an)<sup>4</sup>. Le transfert de superficie entre sols perméables et imperméables impacte la quantité de matière organique produite, donc le cycle du carbone, et entraîne une variation du stock de carbone à l'échelle globale.

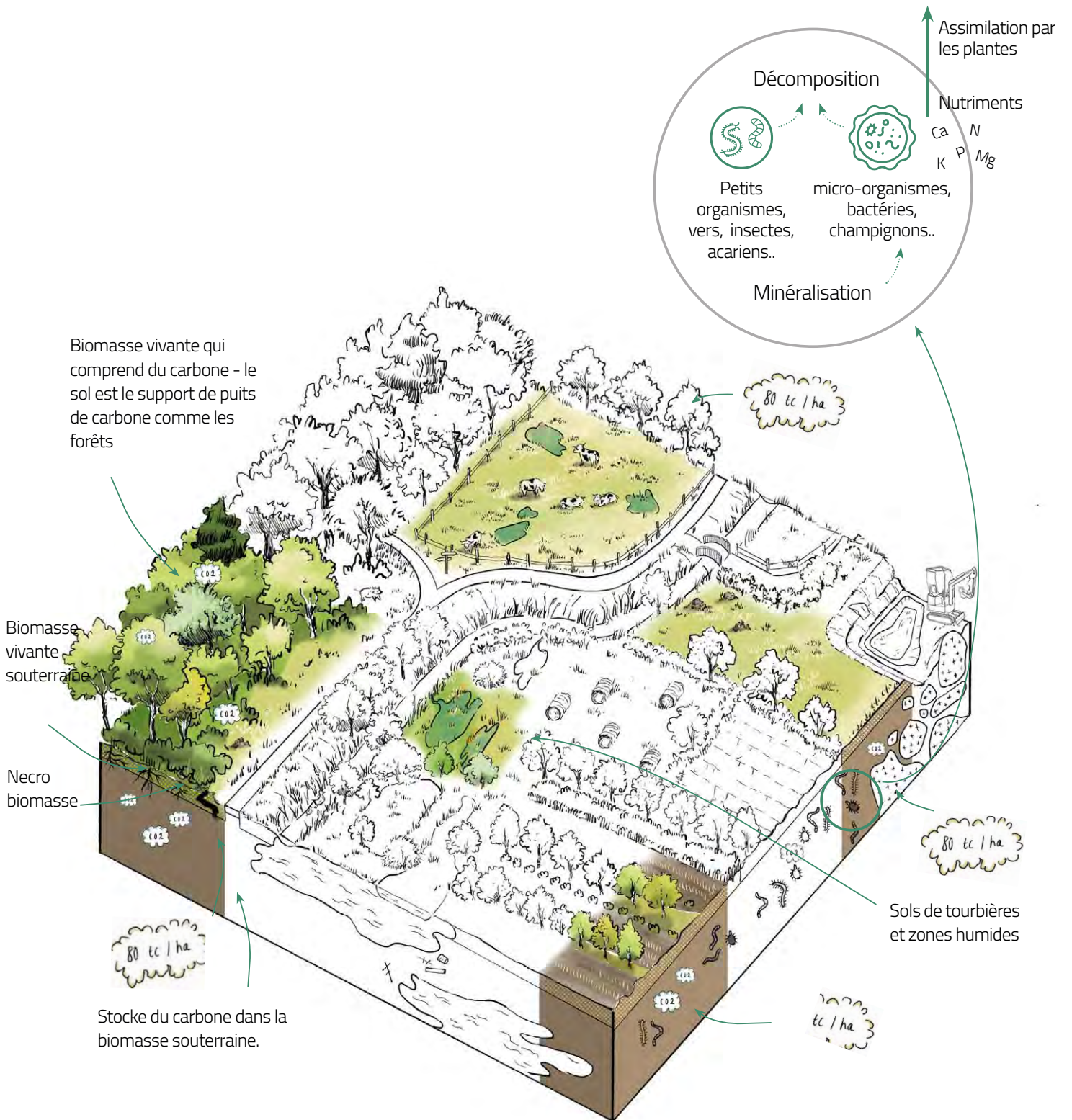
Toute variation positive ou négative des stocks de carbone influe sur la quantité de gaz à effet de serre comprise dans l'atmosphère et donc sur l'augmentation des températures. La question de la constitution et de la protection des puits de carbone que représentent les sols de prairies, de pâtures et de forêts est donc cruciale. Selon le Cirad (Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement), le stock de carbone présent dans le sol représente 25% du potentiel des solutions fondées sur la nature pour lutter contre le changement climatique.

1 Cerema, "Fiche : Fonction réservoir de carbone - Projet MUSE"

2 Commission européenne, "L'usine de la vie. Pourquoi la biodiversité des sols est-elle si importante ?"

3 Commissariat général au développement durable "La matière organique et le carbone dans les sols", <https://www.notre-environnement.gouv.fr/>

4 <https://centre-valdeloire.chambres-agriculture.fr/climat/strategies-dattenuation/stockage-carbone/>



## Sols et capacité alimentaire

Le sol est le support et le milieu propices pour le bon développement des espèces animales, végétales, les champignons, toutes sortes d'organismes et éléments minéraux essentiels. Outre l'espace (en surface et sous terre) nécessaire à l'installation et à la croissance des espèces vivantes, le sol concentre toutes sortes de processus entraînant la production de ressources "brutes" captées par les micro-organismes, les végétaux et dans une autre mesure extraites par les humains à des fins énergétiques ou de matériaux.

Le sol est donc, entre autres, le socle et le fournisseur des éléments utiles au développement de végétaux, qui sont indispensables aux sociétés humaines puisqu'ils sont la base de notre alimentation. Il est en effet estimé que 95% de l'alimentation humaine dépend de manière directe ou indirecte des sols. Ils sont assimilés de manière directe sous forme de fruits, de légumes etc. et de manière indirecte à travers la nourriture ingérée par les animaux, ils sont aussi une source de matériaux et d'énergie.



### Le devenir des sols fertiles

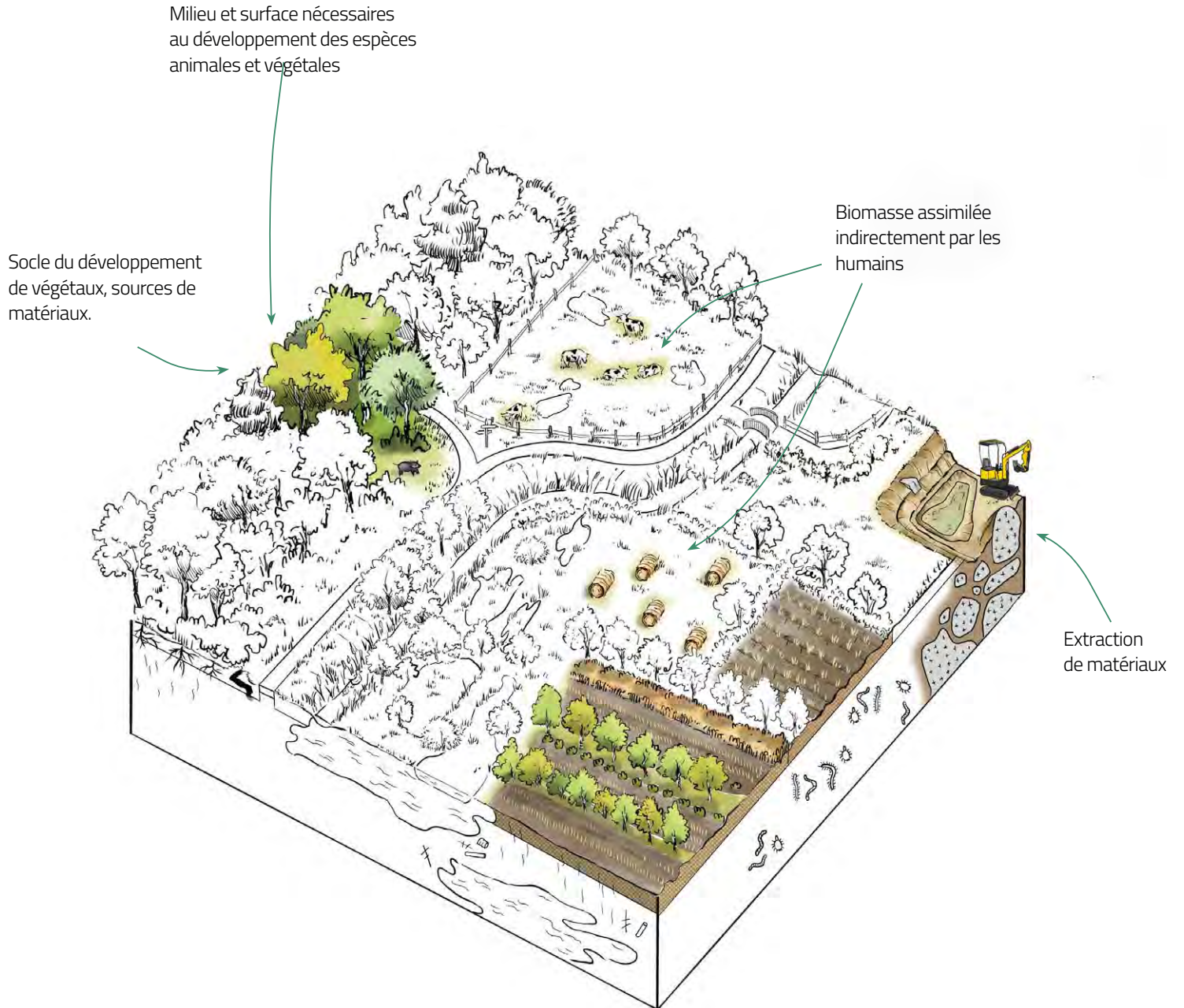
Le sol fertile est une ressource limitée, non renouvelable à l'échelle humaine dont la qualité est largement impactée aujourd'hui par : le tassement des sols, la perte de matière organique, l'érosion et la perte de biodiversité, ce qui menace la production agricole.

Le tassement est généré par la mécanisation des pratiques agricoles et l'utilisation de machines lourdes, notamment dans des conditions trop humides ou de perte de stabilité structurale des sols. Cette baisse peut résulter d'une perte en matière organique puisque celle-ci intervient dans le processus complexe de formation des sols.

La perte de matières organiques provient d'un changement dans les pratiques agricoles et la diffusion de l'utilisation d'engrais de synthèse depuis la fin de la guerre, qui a entraîné une diminution de l'utilisation d'amendements issus des déjections animales et de compost, du principe de rotation des cultures et de la systématisation de l'exportation des résidus organiques des cultures.

L'érosion des sols et leur lessivage est, comme déjà évoquée, la résultante de la mise en place globalisée de pratiques agricoles déconnectées du fonctionnement biologique, chimique et physique des sols et entraînant une fragilisation de sa structure. Fragilisation, qui face aux aléas climatiques, engendre ce processus d'érosion.

La perte de biodiversité résulte, comme vu plus haut, de l'altération des milieux et des habitats essentiels à la survie des espèces et à la perte de surfaces agricoles et forestières au profit de l'urbanisation. La réduction et le fractionnement des espaces restants impactent les habitats et les continuités écologiques.



## Sols et cycle de l'eau

Le sol a un rôle majeur dans l'équilibre et la qualité de la ressource en eau. Il constitue l'espace de transfert principal entre l'atmosphère, le réseau hydrographique et les masses d'eau souterraines. Il intervient dans le partage entre infiltration et ruissellement de l'eau, il la stocke et la filtre.

La composition du sol influe sur sa capacité à assurer ces trois rôles. En fonction de sa structure il va donc pouvoir limiter le risque inondation (les sols situés dans les zones humides régulent les écoulements de l'eau en épongeant les variations de nappe), dépolluer, générer des îlots de fraîcheur, alimenter les humains et les végétaux en eau... D'un point de vue global, les sols ont un rôle dans la gestion de la quantité et de la qualité de l'eau.



### Sols et infiltration de l'eau

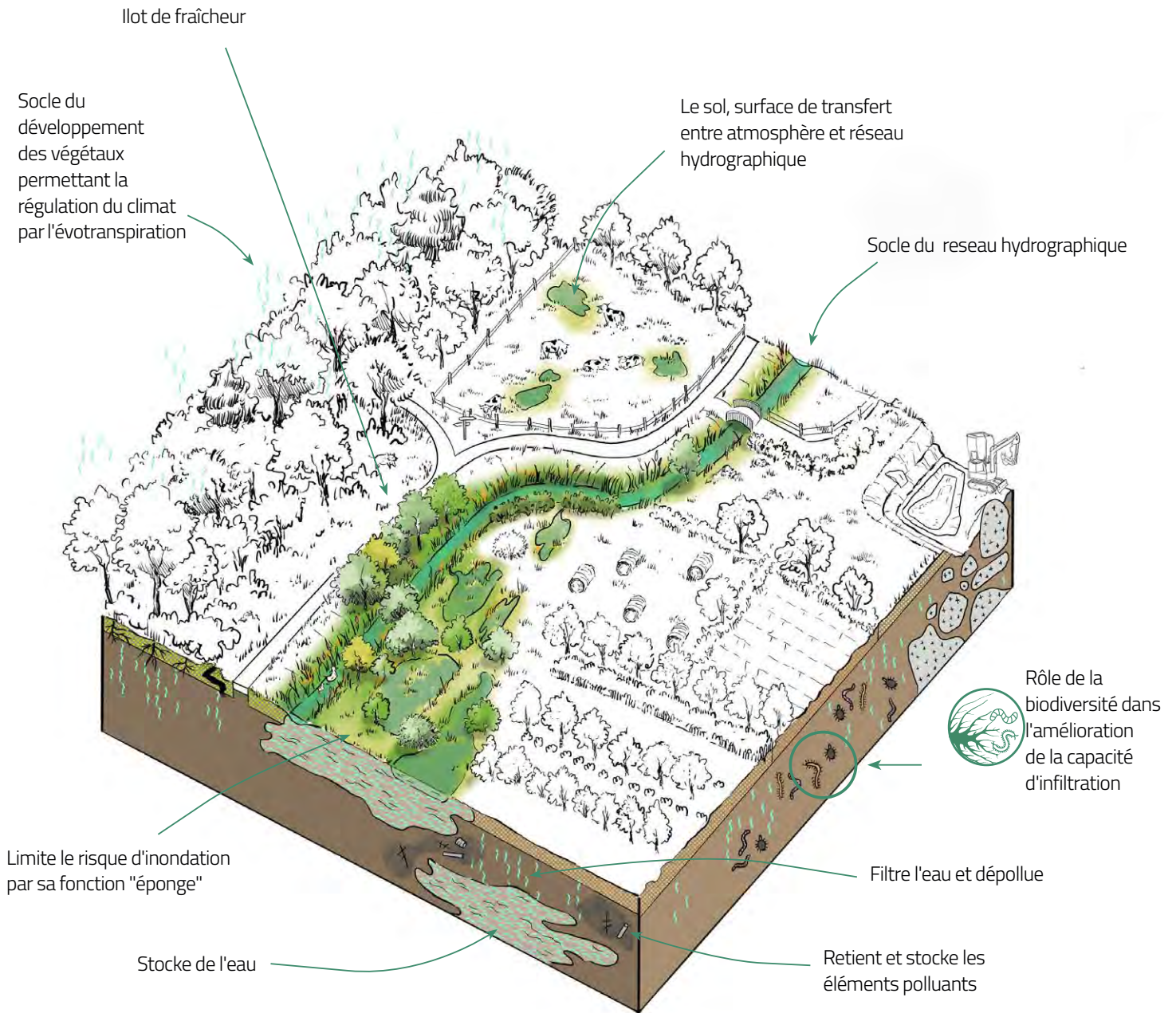
La structure du sol, les matériaux qui le constituent, et son occupation interviennent dans la capacité de celui-ci à infiltrer l'eau. Certains sols ont une sensibilité à la battance (réduction de la porosité en surface) plus ou moins importante. La réserve utile en eau (représente la quantité d'eau maximale que le sol peut contenir et qui est utilisable par les plantes) dépend de la texture, de la teneur en éléments grossiers et de la profondeur du sol.

Le sol retient et stocke aussi des éléments polluants, il est le lieu de la biotransformation permettant de limiter la teneur en polluants dans l'eau. Là encore, les caractéristiques du sol vont jouer un rôle dans la quantité de polluants qui pourront être filtrés et stockés.

Outre sa structure physique intrinsèque, la capacité du sol à pouvoir fournir ces services dépend aussi de sa richesse en biodiversité et ainsi de tous les processus qui agissent sous terre, les particules et les micro-organismes qui absorbent les polluants par exemple. Les galeries formées par les animaux, le brassage des terres généré par les lombrics et les insectes améliorent la capacité d'infiltration des sols. Le système racinaire favorise la structure du sol et la captation de l'eau.

Un sol nu, pauvre en biodiversité est un sol qui ne remplit pas ses fonctions ce qui engendre l'augmentation du ruissellement et des risques associés et la pollution des masses d'eau souterraines. La prise en compte de la capacité des sols à assurer ces différentes fonctions est donc un enjeu important à prendre en compte dans l'aménagement de ces zones.





## Sols et rétablissement de la biodiversité et du paysage

Dans le rapport qu'entretient le sol avec son paysage, ce dernier est ce qu'on pourrait appeler "la partie émergée de l'iceberg". "Le paysage est une partie de territoire, telle que perçue par les habitants du lieu ou les visiteurs, qui évolue dans le temps sous l'effet des forces naturelles et de l'action des êtres humains" (convention européenne des paysages-2000).

L'aspect géomorphologique d'un site ou d'un territoire que l'on peut résumer par les caractéristiques physiques (relief, l'hydrographie, géologie) a généré des formes d'occupation du sol par des végétaux, des animaux et des humains en fonction de leur adaptation à ces milieux. Une fois approprié par les humains ce socle géomorphologique est appelé paysage, appropriation à la fois par les modifications que l'humain a entreprises et par la sensibilité qu'il déploie à son propos (art, culture, patrimoine...).



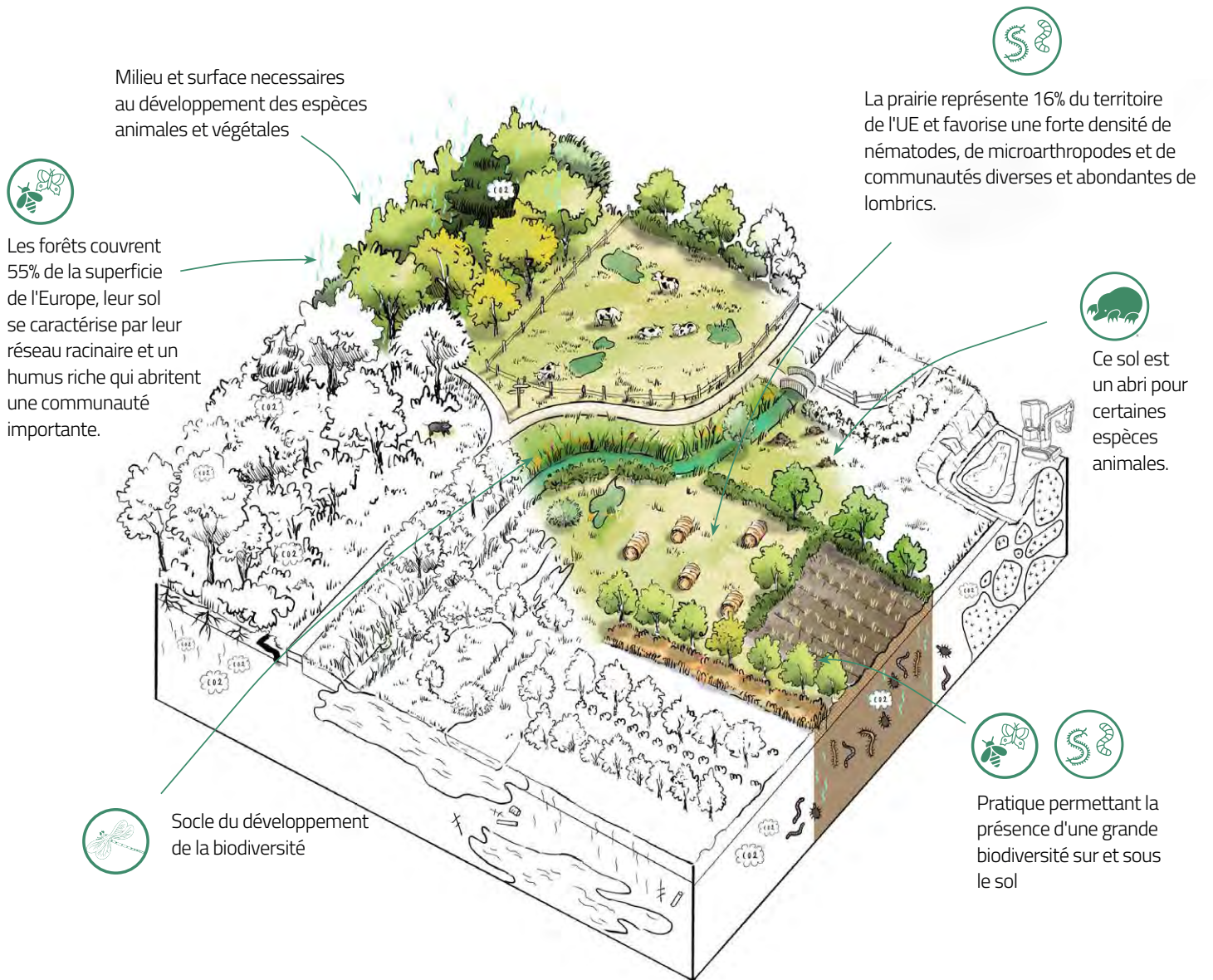
### Biodiversité en surface, biodiversité des sols

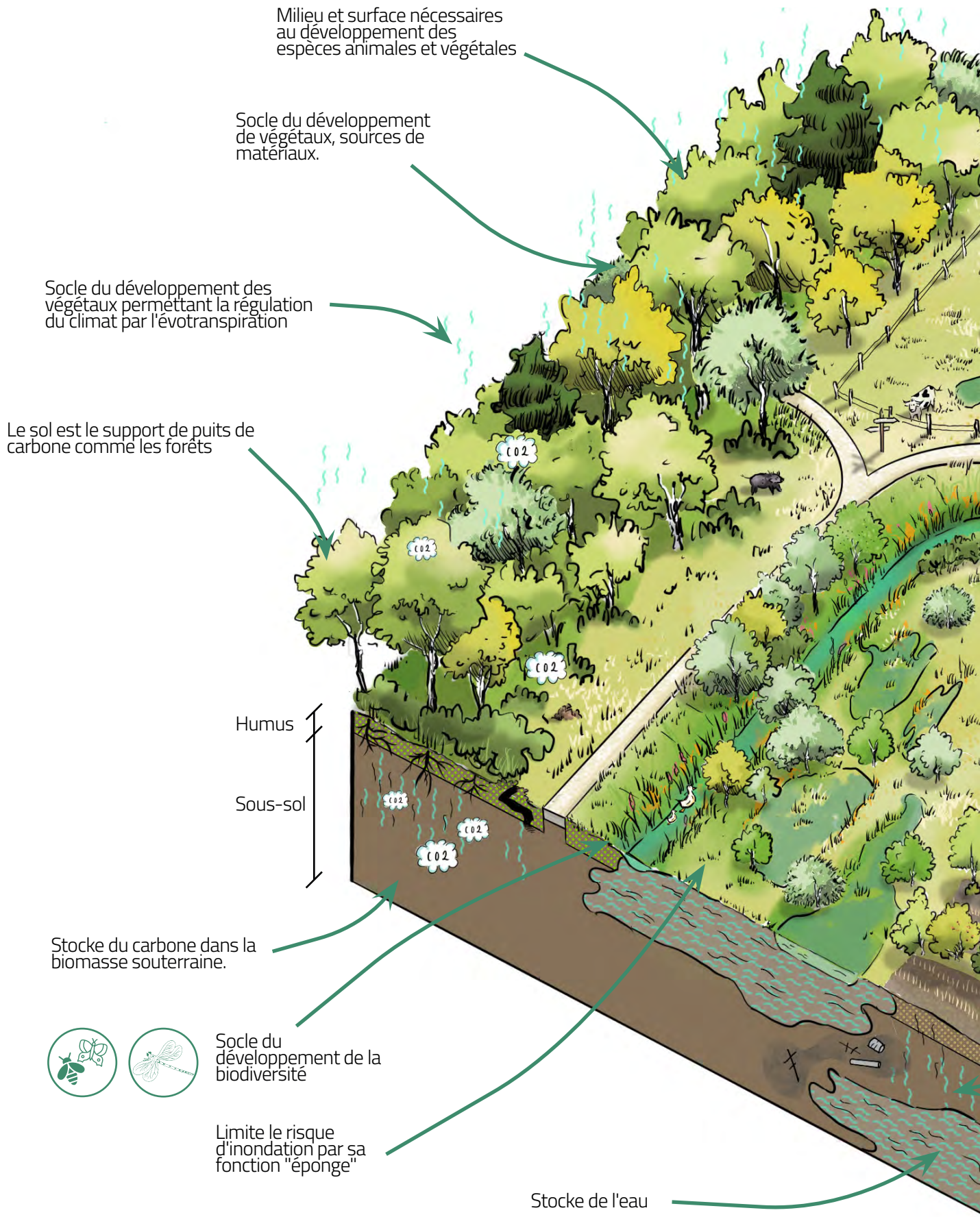
Les dynamiques exercées par les éléments naturels et les humains ont des impacts, comme on a pu le voir, sur les sols. La communauté formée d'espèces animales, végétales, de champignons et de micro-organismes, œuvre à la formation des sols, à leur enrichissement et à toutes les fonctions qui lui sont associées et que nous avons vues dans les parties précédentes.

Les sols tirent leurs fonctions de la vie qu'ils abritent, c'est un cercle vertueux. La biodiversité est plus importante dans le sol qu'en surface. On dit que dans une cuillerée à café de terre de jardin on peut trouver des milliers d'espèces, des millions d'individus et une centaine de mètres de réseaux fongiques. Plus l'équilibre du sol est respecté et ses fonctions permises, plus le sol est un support adapté aux développements de milieux favorables à la biodiversité en surface.

La perturbation de l'équilibre du sol et des fonctions qu'il génère, entraîne une modification des écosystèmes en surface et donc des paysages. Si le paysage évolue dans le temps, il est le témoin des impacts des activités humaines sur les milieux : imperméabilisation, érosion, perte de matière organique, extraction de ressources naturelles, activité agricole intensive, changement climatique... et de ses répercussions en chaîne sur la matière organique, la biodiversité sur, et, sous le sol. Et inversement les impacts sur les sols ne manqueront pas de modifier indirectement mais de manière encore plus durable et intensément nos paysages- c'est un de cercle vicieux.

En servant de support aux paysages façonnés au fil du temps, le sol remplit donc une fonction culturelle depuis plusieurs siècles et témoigne de l'évolution de l'humanité.





↑ Bloc diagramme schématique de la multifonctionnalité des sols  
Réalisation : Caudex

