



# Etat de la ressource sol dans le monde et en Suisse

Conférence sol & Aménagement du territoire  
Canton du Valais - 20 juin 2023

Prof. Dr Géraldine Bullinger en Sciences de l'environnement  
Filière Génie civil / Institut iTEC – HEIA-FR

# Ressource sol

- Le sol est essentiel à la vie !
- Ressource extrêmement précieuse et non renouvelable à l'échelle de temps humain.
- Il constitue, avec l'air et l'eau, un des fondements de la vie.
- Ressource sous-estimée et négligée avec une utilisation actuelle pas respectueuse.



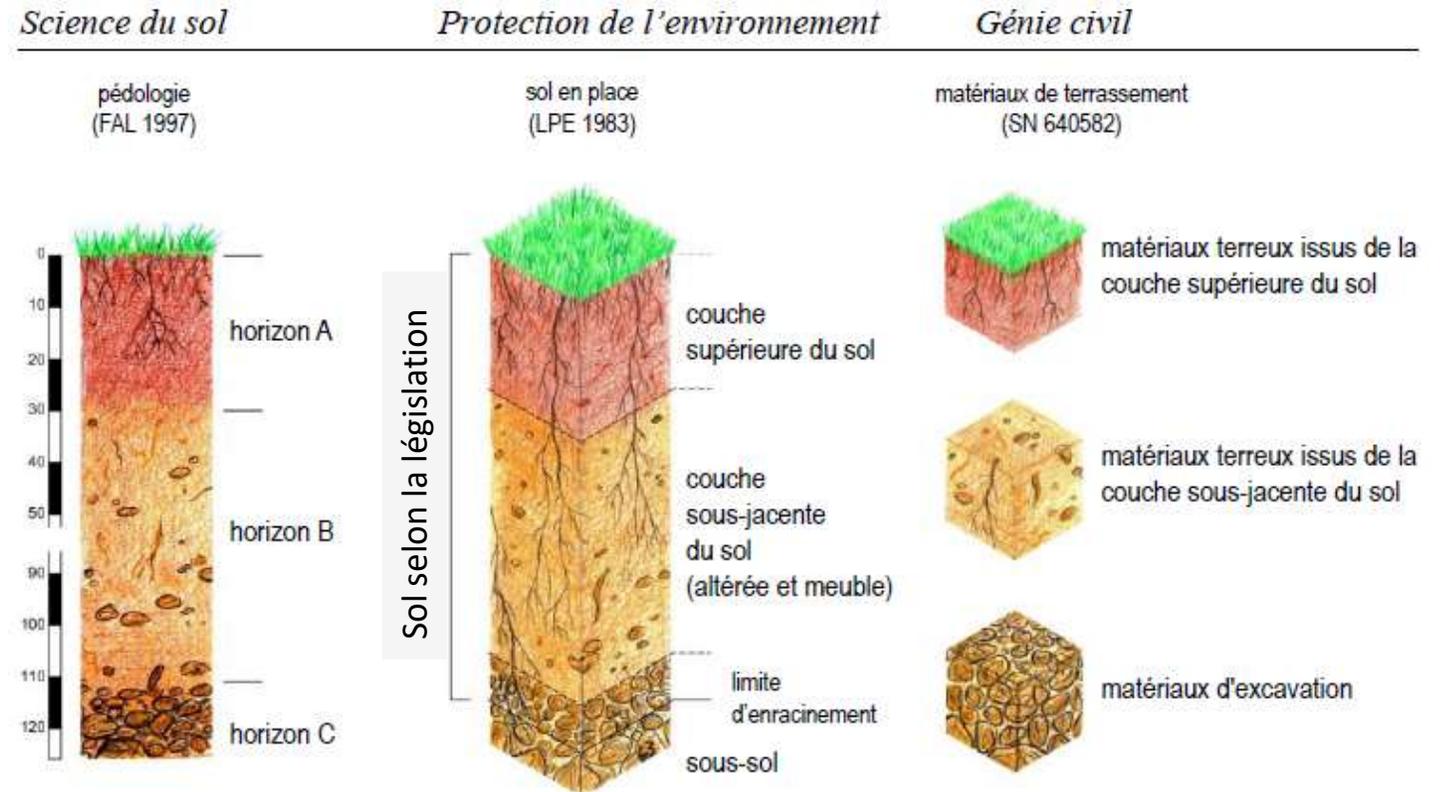
© magazine environnement 4/2017

# Définition du sol

«Couche de terre meuble de l'écorce terrestre où peuvent pousser les plantes»  
(LPE, art. 7, al. 4bis).

Ordonnance du 1er juillet 1998  
sur les atteintes portées aux sols  
(OSol)

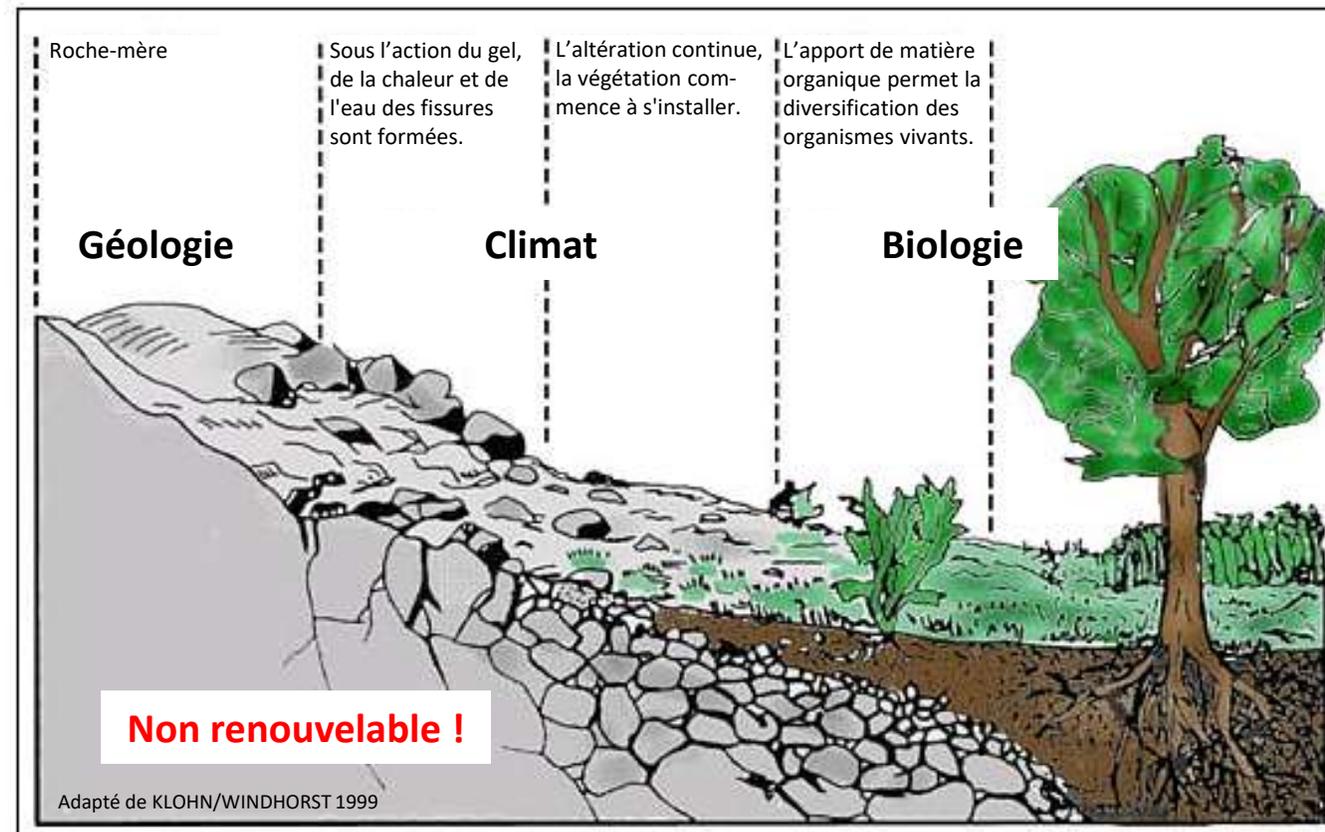
- Sols formés naturellement, reconstitués ou créés «artificiellement»
- Sols bruts sur cailloux ou sur dalles



Croquis : L. Bourban (OFEV, 2015)

# Définition pédologique du sol

La formation des sols - ressource non renouvelable :



10'000 ans

# Définition pédologique du sol

## Couche supérieure du sol – horizon A :

- Riche en matières organiques, nutriments et organismes vivants, bien colonisée par les racines, couleur brun foncé.
- Lieu où les matières organiques sont transformées par les organismes vivants en humus et en nutriments disponibles pour les plantes.

## Couche sous-jacente du sol – horizon B :

- Colonisée par les racines et les organismes vivants, couleur brun clair.
- Réservoir pour l'eau et les nutriments, abrite les racines d'ancrage.

## Couche d'altération du sol – horizon C :

- Sédiments ou roches meubles peu ou pas désagrégés.
- Matériau parental à l'origine de la formation du sol, réservoir d'eau, peut abriter des racines d'ancrage.



# Définition pédologique du sol

Grande variabilité de types de sol



Sol brun



Sol brun calcaire



Sol brun lessivé



Sol marécageux



Régosol



Podzol



Sol alluvial (fluvisol)



Pseudogley sur limon alluvial



Gley sur limon alluvial

Source: OFEV (2017)

# Définition pédologique du sol

Grande variabilité des propriétés du sol

- Propriétés **physiques**: texture, structure, porosité, perméabilité à l'eau et à l'air, réserve utile,...
  - Propriétés **chimiques**: pH, capacité d'échange cationique (CEC), teneurs en éléments (P, N, K,...), taux de calcaire (total et/ou actif),...
  - Propriétés **biologiques** : biomasse microbienne, activité lombricienne, activité enzymatique,...
- ⇒ Influencées par la teneur et le comportement des **matières organiques MO** (C/N, taux de minéralisation,...).
- ❖ Fertilité du sol : capacité du sol à assurer un certain nombre de fonctions.



# Fonctions du sol

## Fonctions "écologiques" du sol

**Production** : biomasse, denrées alimentaires, fourrages, bois et fibres.

**Régulation** : réguler les cycles de l'eau, des substances, de l'énergie, fonction de filtre, de tampon ou de réservoir, et à transformer des substances.

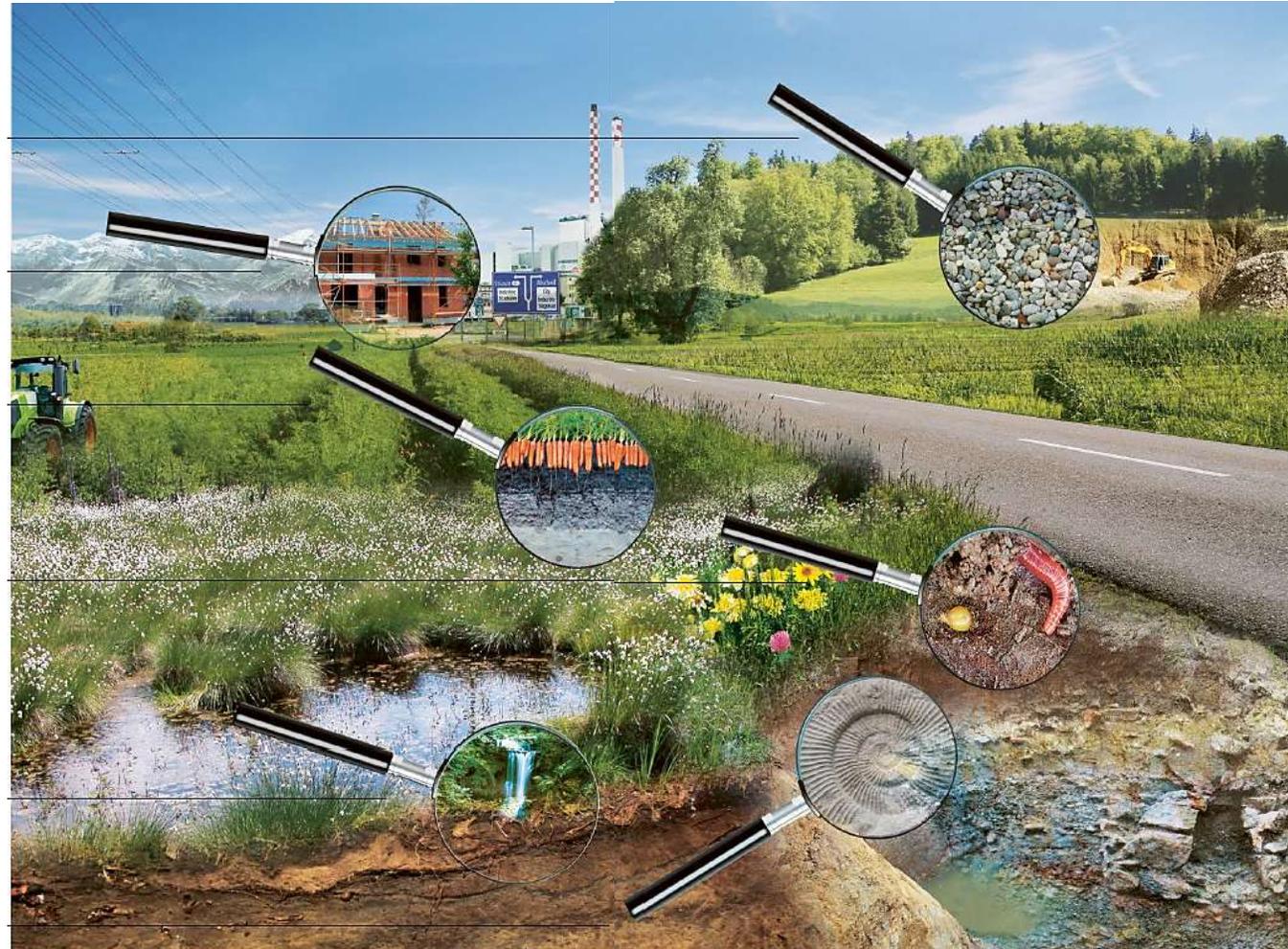
**Habitat** : milieu de vie pour les animaux, les plantes et autres organismes.

**Support** : fondement aux constructions.

**Source de matière première** : matériaux construction

**Archivage** : informations sur notre histoire naturelle et culturelle.

## Fonctions du sol plutôt liées à l'utilisation



# Fonctions du sol - production



Le sol offre les conditions et les nutriments nécessaires à la production de la biomasse!



Source : Agroscope–Gabriela Brändle, Urs Zihlmann, LANAT–Andreas Chervet

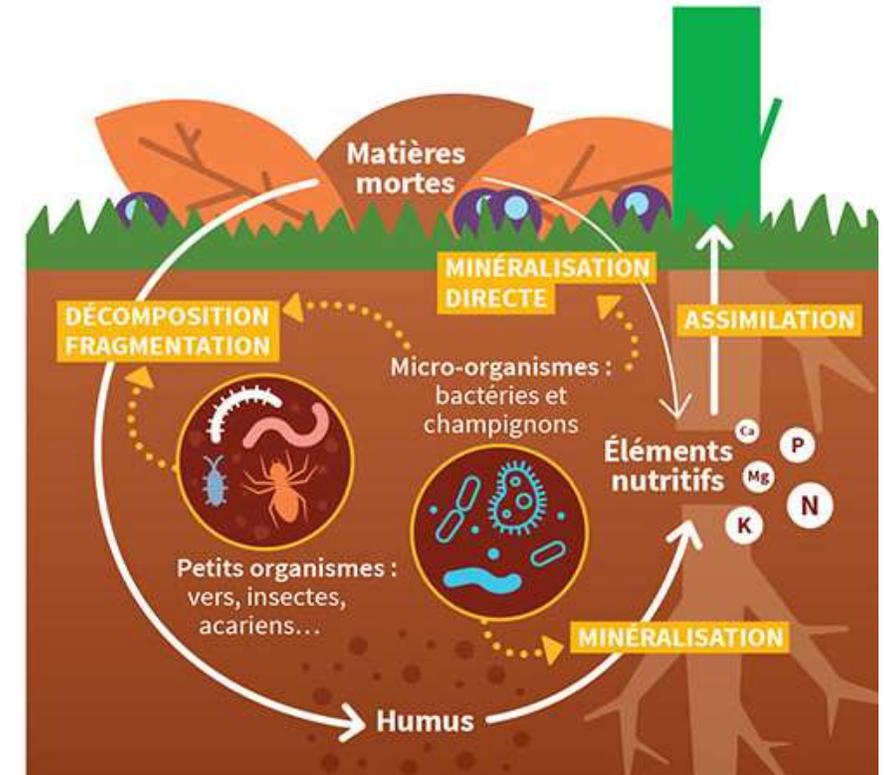


# Fonctions du sol - régulation



Nappe perchée suite à une compaction du sol (Source : KOBO)

⇒ Interface pour les cycles des substances et de l'énergie entre l'atmosphère, les eaux souterraines et la couverture végétale.



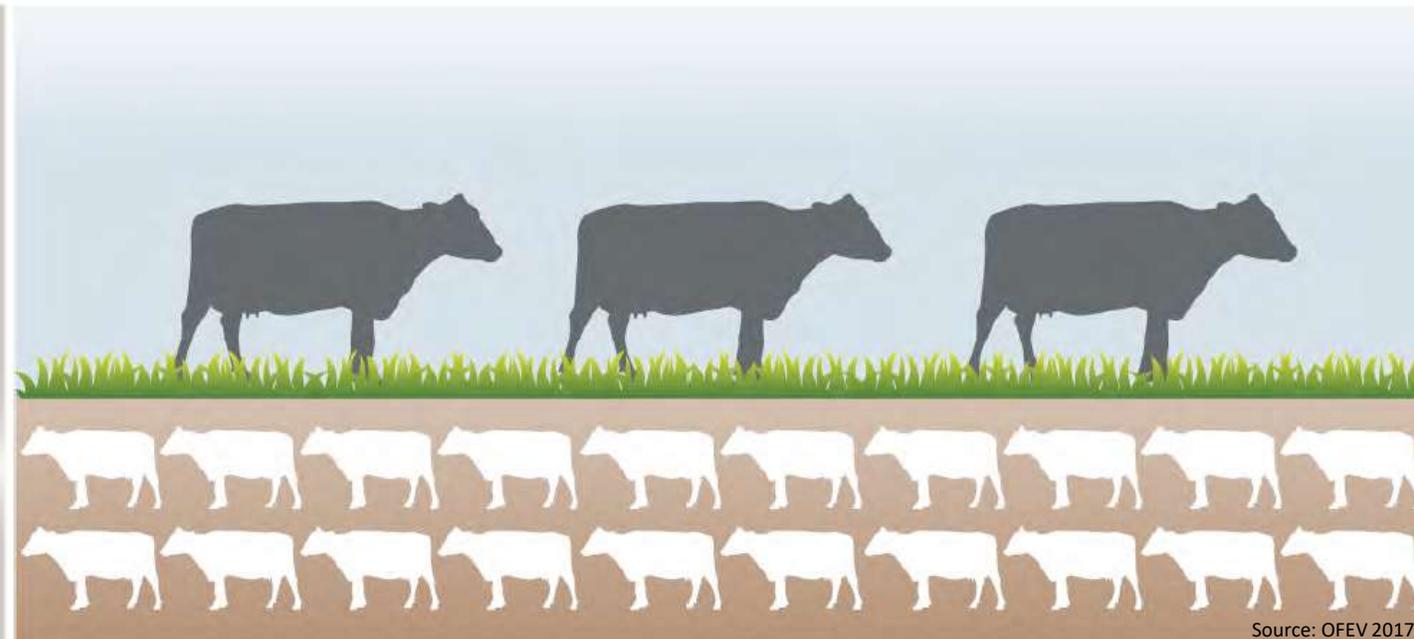
Le cycle de la matière organique (Source : KOBO)

# Fonctions du sol - habitat



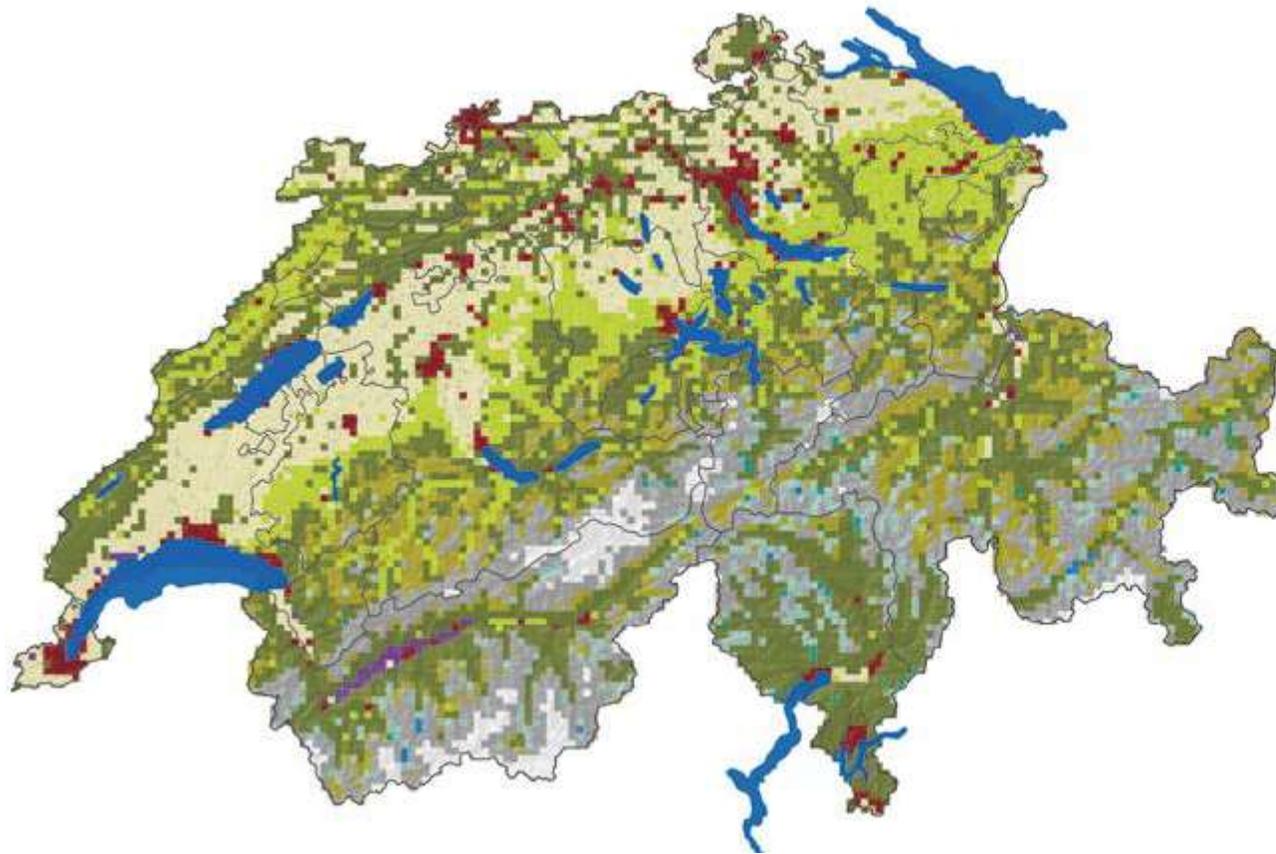
Food and Agriculture Organization  
of the United Nations

... sous nos pieds, ça grouille ...



- Poids de l'ensemble des organismes contenus dans le sol d'un hectare de terrain -> 15 tonnes, soit autant que 20 vaches.
- Poids de la biomasse au-dessus d'un hectare de prairie ne correspond qu'à celui de 3 vaches.

# Fonctions du sol - support



Principaux types d'utilisation ou de couverture

- Surfaces d'habitat et d'infrastructure
- Arboriculture fruitière, viticulture, horticulture
- Terres arables
- Prairies naturelles, pâturages locaux
- Alpages fauchés, alpages pâturés
- Forêt
- Forêt buissonnante
- Lacs et cours d'eau
- Végétation improductive
- Rochers, éboulis, sable
- Glaciers, névés

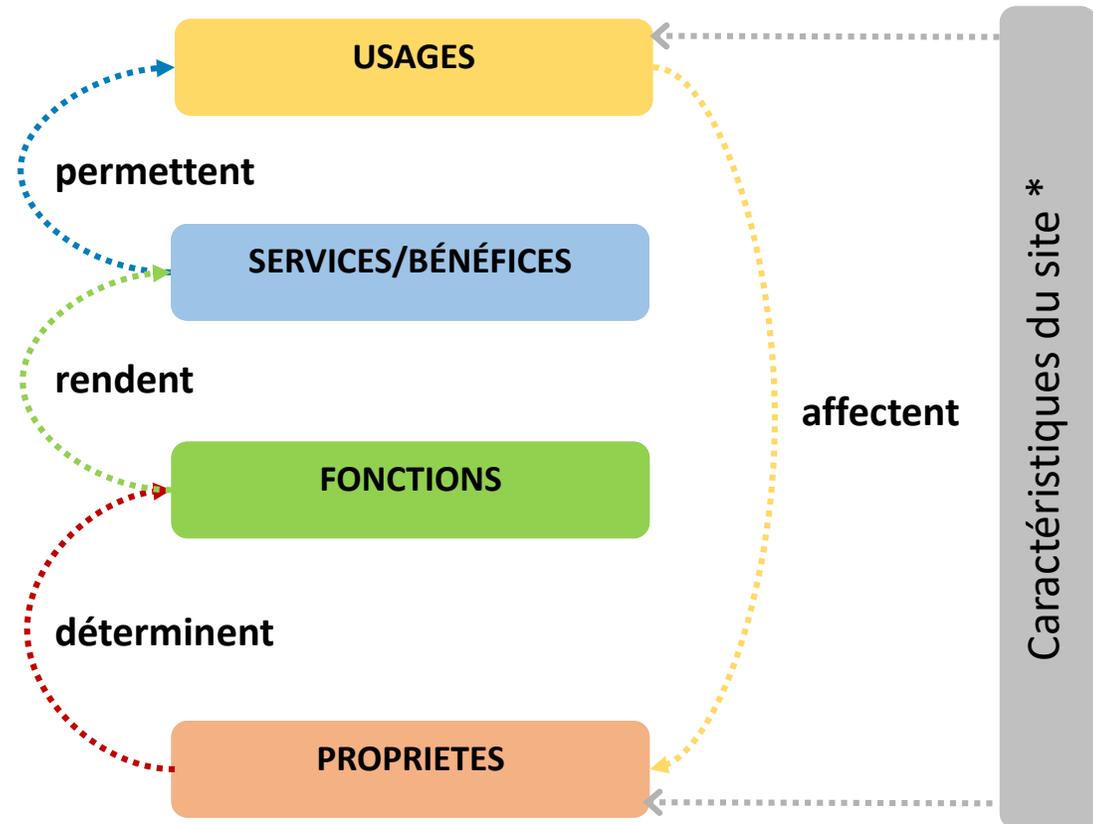
Source: OFEV 2017

❖ Disparition du sol en Suisse : 0.87 m<sup>2</sup> par seconde au profit de la forêt et de l'urbanisation.

# Fonctions du sol et usages



© Brändle, Zimmermann / ChervetAgroscope / LANAT BE; Brändle, Berger, Wernli BGS



\* Climat, topographie, géologie, etc.

Source : OFEV (E. Havlicek)

# Fonctions du sol et atteintes

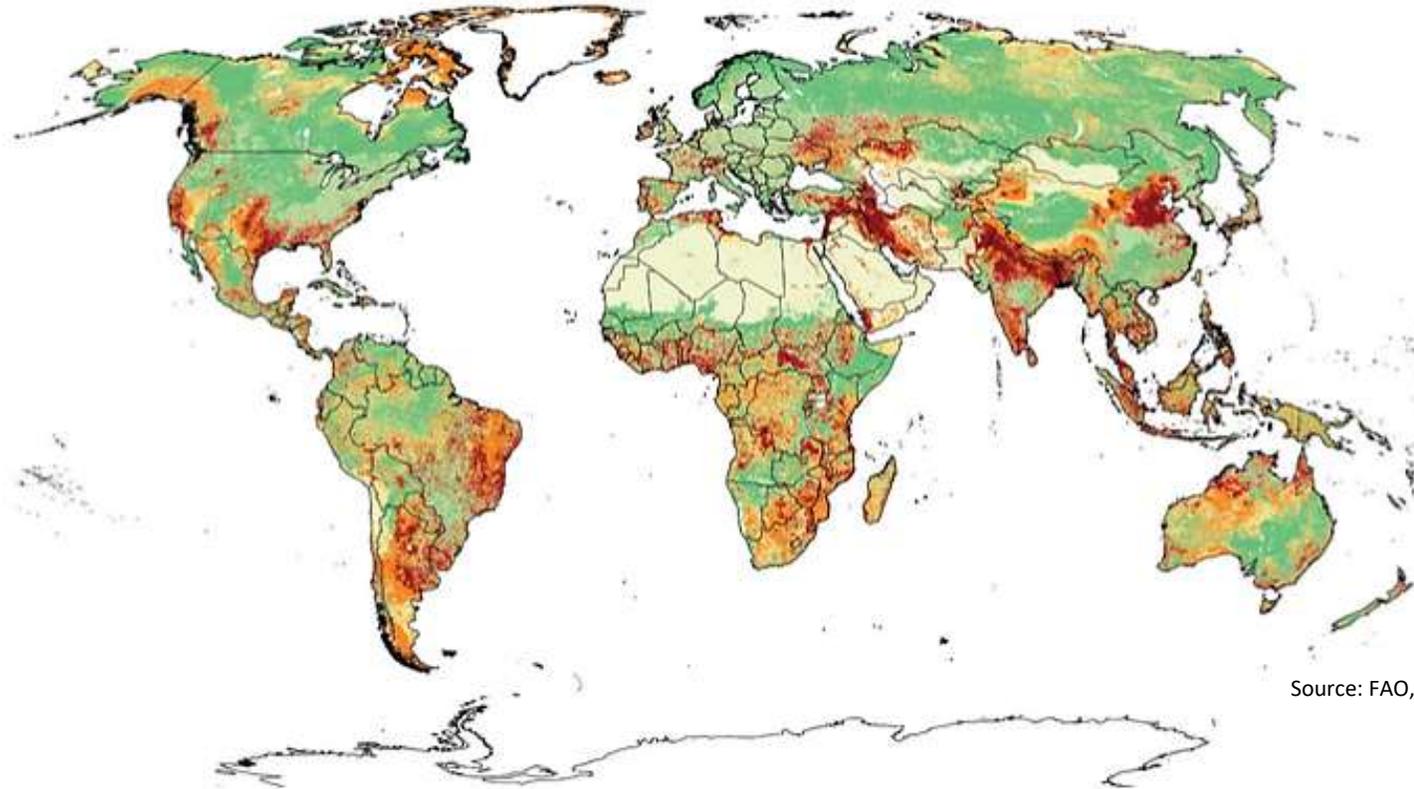
## Principales atteintes aux sols

- Atteinte forte
- p Atteinte partielle
- ç Pas d'atteinte

	Imperméabilisation	Compaction	Erosion et glissements terrain	Perte de matière organique	Déclin de la biodiversité	Pollution	Acidification, eutrophisation	Salinisation	Inondations
Habitat	●	●	●	●	p	p	p	p	p
Régulation	●	●	●	●	●	●	●	●	p
Production	●	●	●	●	●	●	●	●	p
Support	ç	ç	●	ç	ç	ç	ç	ç	p
Matière premières	p	ç	p	ç	ç	ç	ç	ç	ç
Archive	p	ç	p	ç	ç	ç	ç	ç	ç

# Etat des sols dans le monde

## Dégradation anthropique des terres



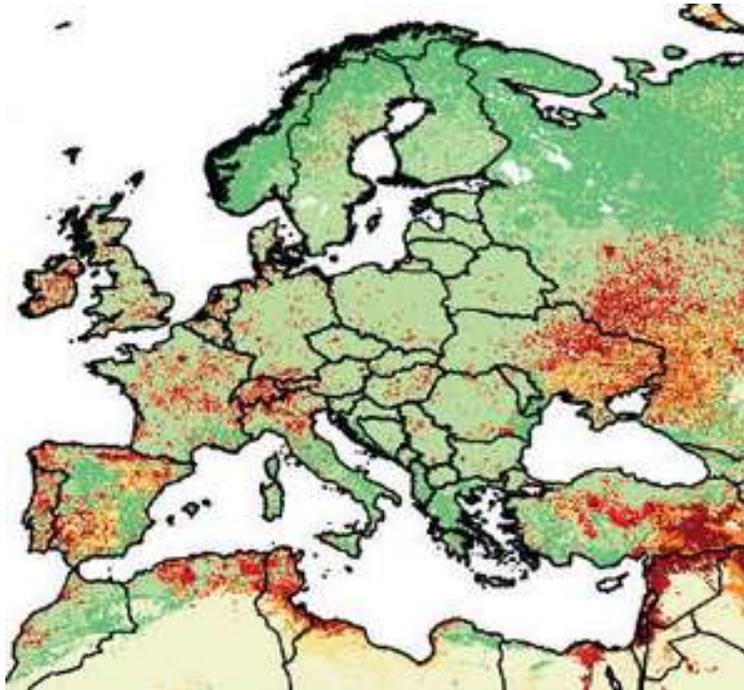
Source: FAO, 2015



- ❖ État à peine acceptable, mauvais ou très mauvais !
- ❖ Croissance démographique et économique -> augmentation demande alimentaire, imperméabilisation,...
- ❖ Changement climatique -> grande source d'incertitude, par ex. modification dans la disponibilité de l'eau, augmentation du taux de décomposition du carbone organique,...

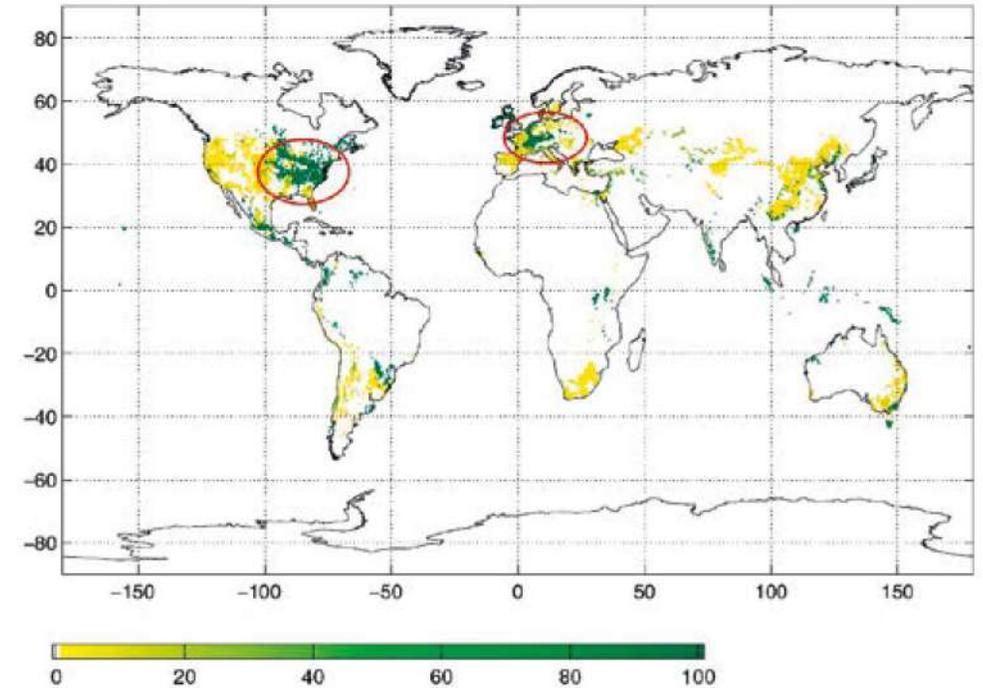
# Etat des sols dans le monde

## Dégradation anthropique des terres



Source: FAO, 2015

- |  |  |
|--|--|
|  Forte dégradation anthropique          |  Légère détérioration et faible pression      |
|  Légère dégradation anthropique         |  Stabilité ou amélioration et haute pression  |
|  Forte détérioration et faible pression |  Stabilité ou amélioration et faible pression |
|  |  Sols nus                                     |

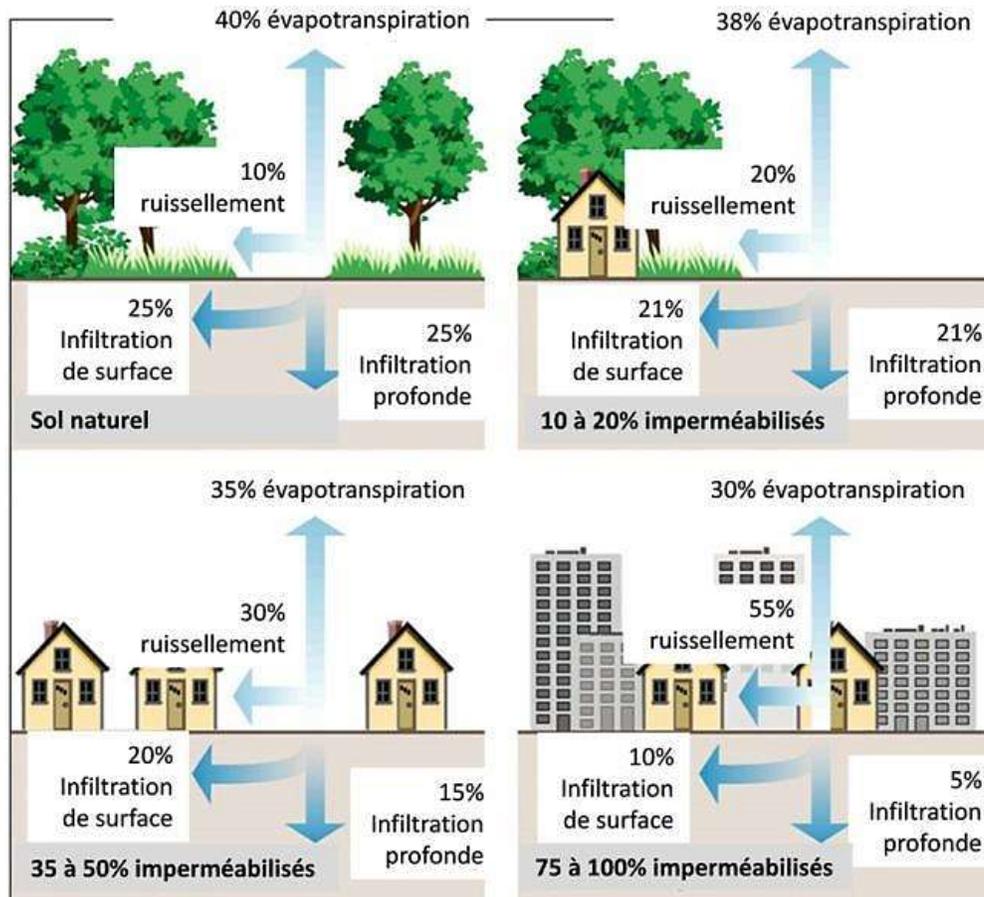


Part des surfaces (en %) les plus appropriées à la production alimentaire.

Les zones encadrées de rouge sont jugées optimales et peuvent être considérées comme un « patrimoine mondial agricole ».

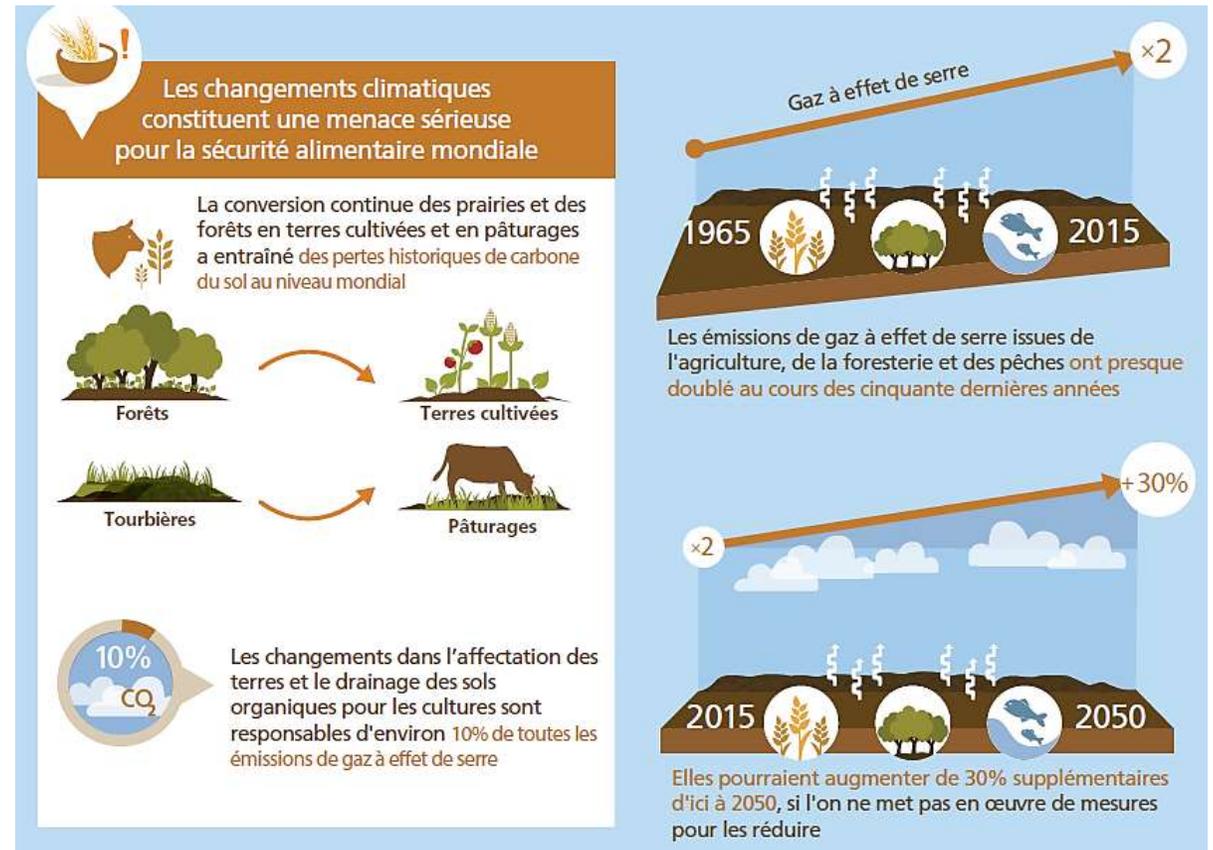
# Etat des sols dans le monde

Impacts de l'imperméabilisation...



Source: graie.org

... du changement climatique.



FAO, 2016

# Etat des sols dans le monde

## Menaces principales :

- Asie : érosion (hydrique et éolienne selon les régions).
- Afrique : érosion et perte de MO (Afrique subsaharienne), et érosion et salinisation (Afrique du Nord et Proche Orient).
- Europe et Eurasie : imperméabilisation des sols et emprise des terres (Europe), et salinisation (Asie centrale et certaines régions européennes (par ex. Espagne, Hongrie, Turquie et Russie)).
- Amérique latine et Caraïbes : érosion hydrique et glissements terrain (terrains en pente), et érosion éolienne (régions les plus sèches).
- Amérique du Nord : érosion hydrique et éolienne, déséquilibre des nutriments.
- Pacifique Sud-Ouest : acidification.

## Etat et tendance :

- **Très mauvais** : érosion du sol (NENA), imperméabilisation (NENA) et contamination (NENA).
- **Mauvais** : toutes les menaces, mais principalement l'évolution du taux de carbone organique (correct en NA) et le déséquilibre des nutriments.
- **Correct à bon** : érosion (E, NA, SP) et contamination (NA, SP).



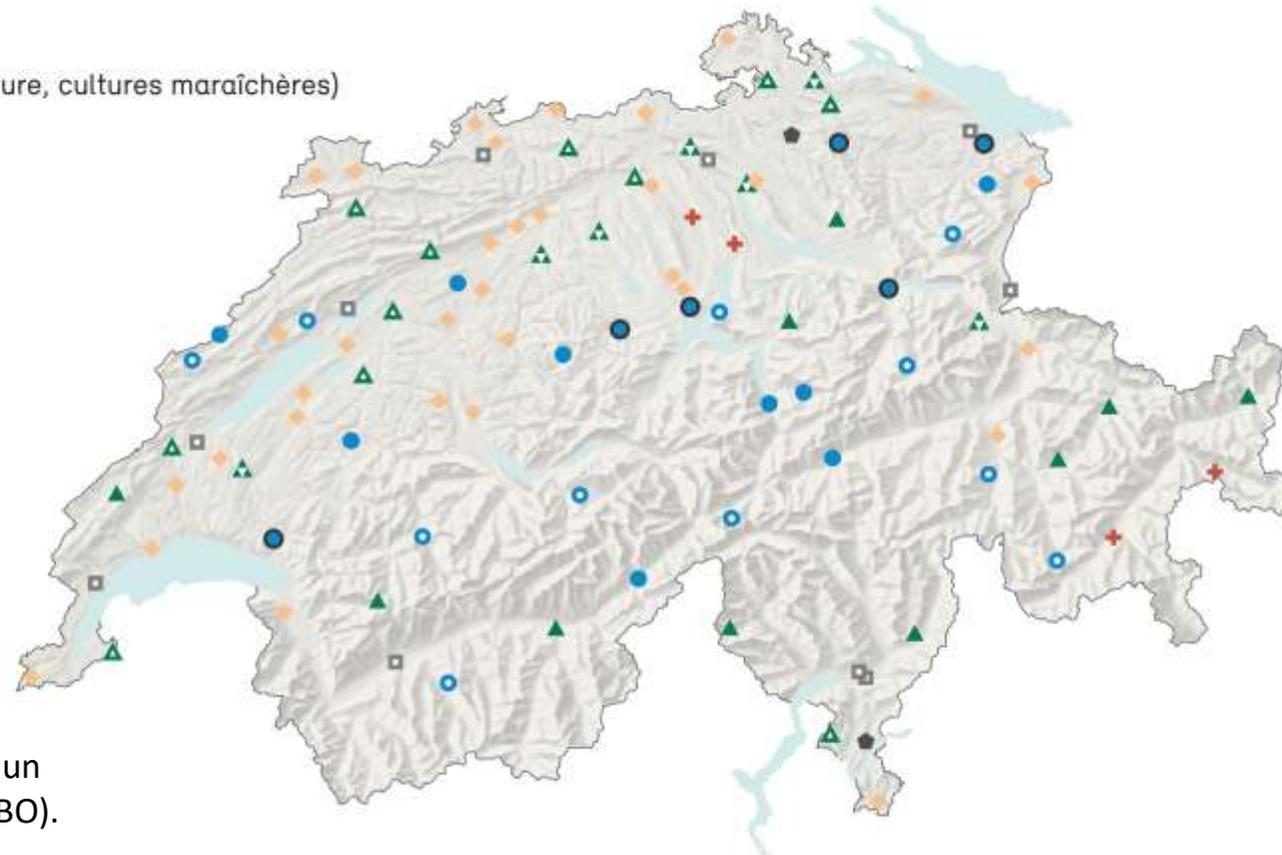
Source : État des ressources en sols du monde, FAO, 2016

# Etat des sols en Suisse

## Sites d'observation à long terme de l'Observatoire national des sols NABO [17]

Source: NABODAT

- ◆ Grandes cultures
- Cultures spéciales (viticulture, arboriculture, cultures maraîchères)
- Herbages intensifs
- Herbages peu intensifs
- Herbages extensifs
- ▲ Forêt de feuillus
- ▲ Forêt mixte
- ▲ Forêt de conifères
- ✚ Site protégé
- Parc



Depuis 1983, l'OFEV gère en collaboration avec l'OFAG un réseau de référence comprenant plus de 100 sites (NABO).  
-> relevé des atteintes chimiques, physiques et biologiques auxquelles sont exposés les sols au niveau national.

# Etat des sols en Suisse

## Utilisations du sol et menaces qui en découlent

Utilisation	Diminution quantitative du sol	Diminution qualitative du sol
Habitat	Extension de la surface d'habitat	Apports de polluants (déchets, boues d'épuration)
Industrie et artisanat	Extension de la surface d'industrie et d'artisanat	Apports de polluants
Transports	Construction de nouvelles routes et lignes de chemin de fer	Apports de polluants le long des voies de circulation
Agriculture	Construction de routes, d'installations et de bâtiments (p. ex. étables, fermes isolées)	Érosion du sol Compaction Apports de polluants par les engrais minéraux, les engrais de ferme et les produits phytosanitaires Perte de biodiversité Drainages (perte de matière organique)
Sylviculture	Construction de routes de desserte et de bâtiments	Compaction du sol lors de la récolte des bois
Tourisme, activités de loisir	Construction de routes, d'installations et de bâtiments	Compaction du sol consécutive à l'utilisation intensive, à la circulation et au stationnement de véhicules dans les champs
Jardinage	Construction de chemins et d'installations	Apports de polluants par les engrais, les produits phytosanitaires, les cendres, etc.
Défense du territoire	Construction de routes, d'installations et de bâtiments	Pollution chimique des sols sur les places de tir Compaction du sol sur les places d'armes

Perte de sol naturel consécutive à des modifications de terrain

## Menaces

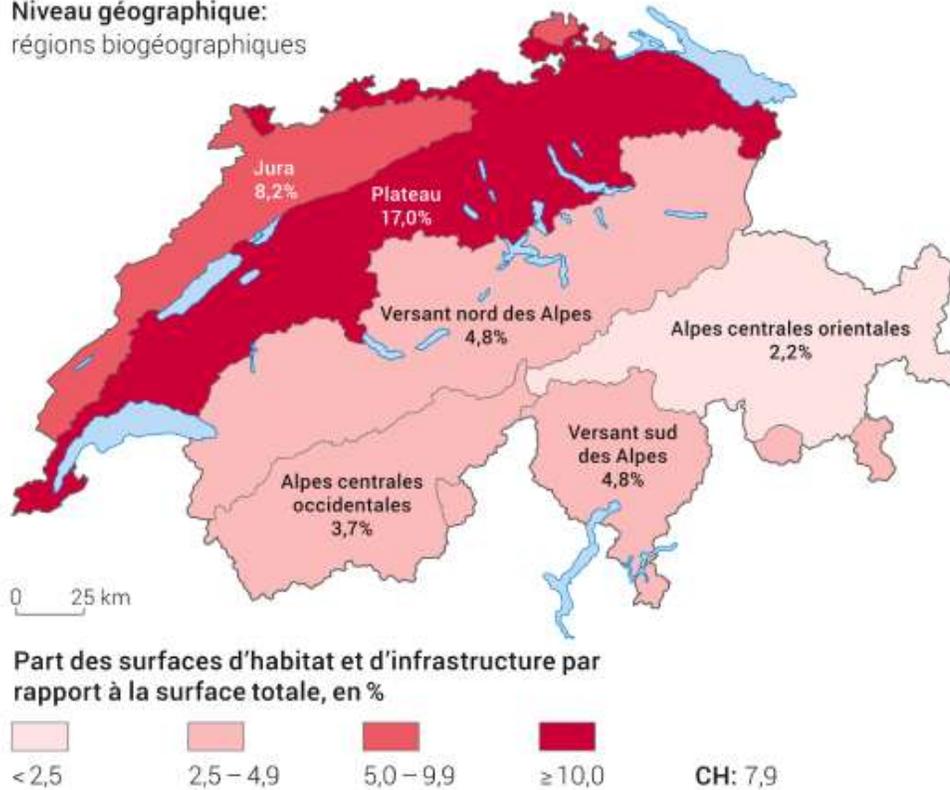


- Imperméabilisation
- Érosion du sol et glissements de terrain
- Compaction
- Apports de polluants (agriculture, voies de circulation)
- Perte de matière organique
- Acidification
- Perte de biodiversité du sol
- Modifications de terrain

# Etat des sols en Suisse – situation quantitative

Surfaces d'habitat et d'infrastructure, en 2018 G 10

Niveau géographique:  
régions biogéographiques

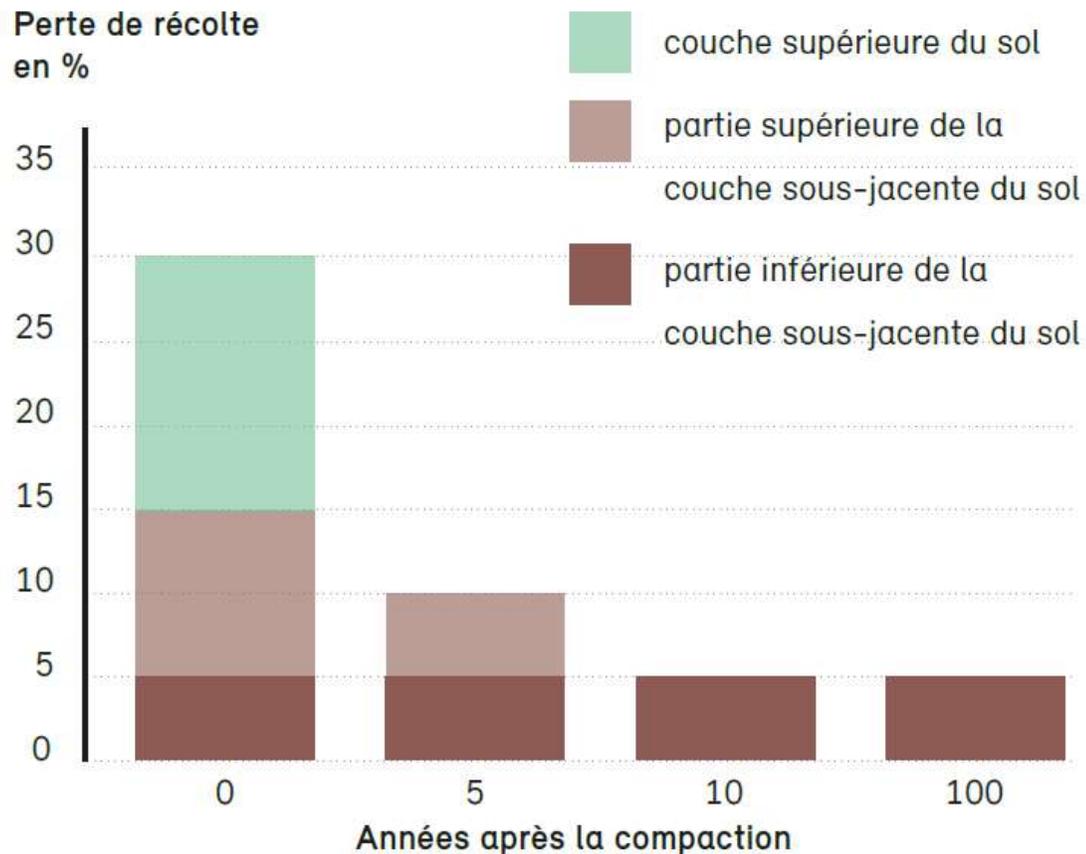


Vision de la Stratégie Sol Suisse avec les objectifs généraux (2020) :

1. Réduction de la consommation de sol
2. Prise en considération des fonctions des sols dans l'aménagement du territoire

# Etat des sols en Suisse – situation qualitative

## 3. Protection des sols contre les atteintes persistantes – la compaction

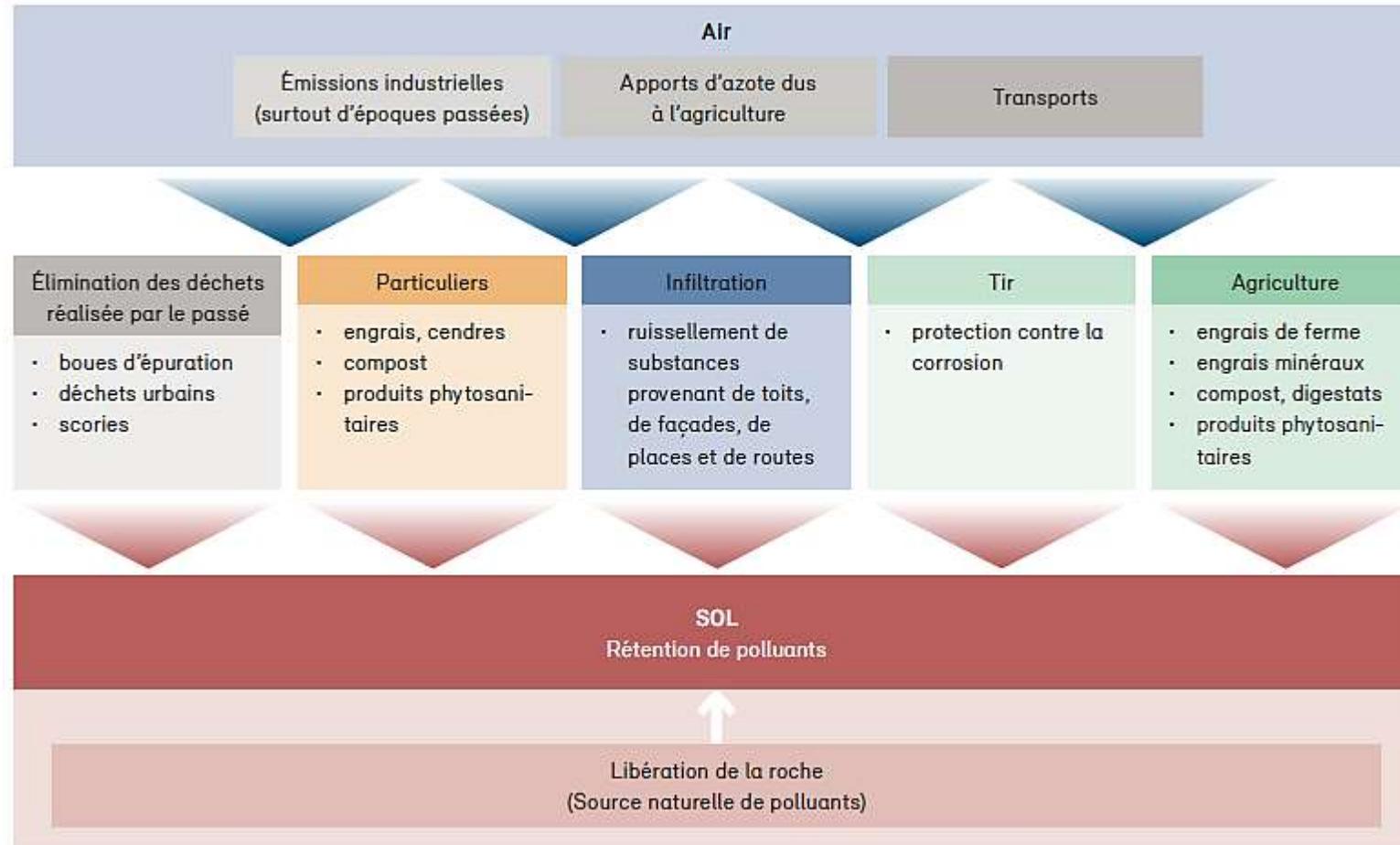


Source : OFEV (2017)

- ⇒ Compactions sont particulièrement problématiques à partir d'une profondeur de 30 cm.
- ⇒ L'humidité du sol et sa teneur en argile jouent un rôle déterminant dans la sensibilité à la compaction. Plus un sol est humide, plus il devient sensible à la compaction.

# Etat des sols en Suisse – situation qualitative

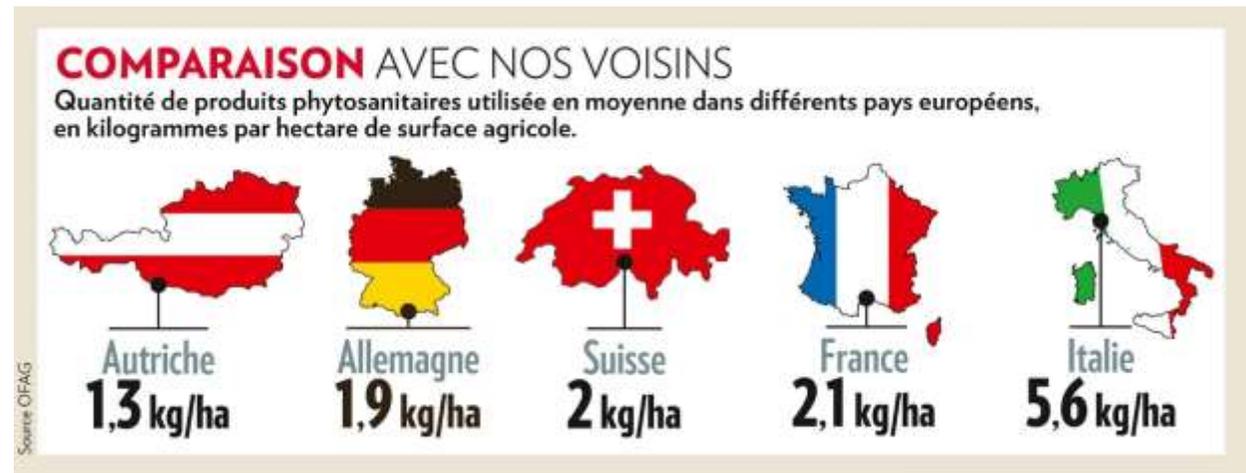
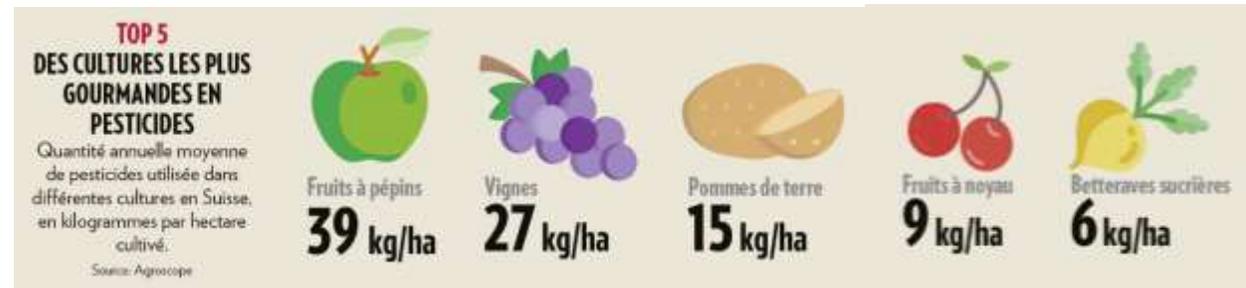
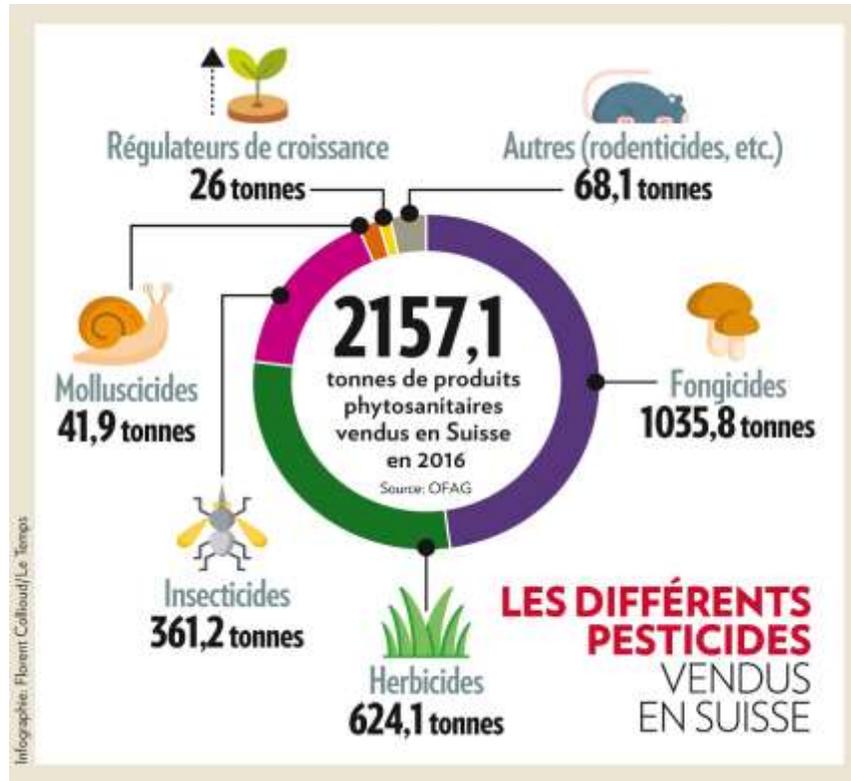
## 3. Protection des sols contre les atteintes persistantes – apports de polluants



Voies d'apports de polluants dans le sols (source: OFEV, 2017)

# Etat des sols en Suisse – situation qualitative

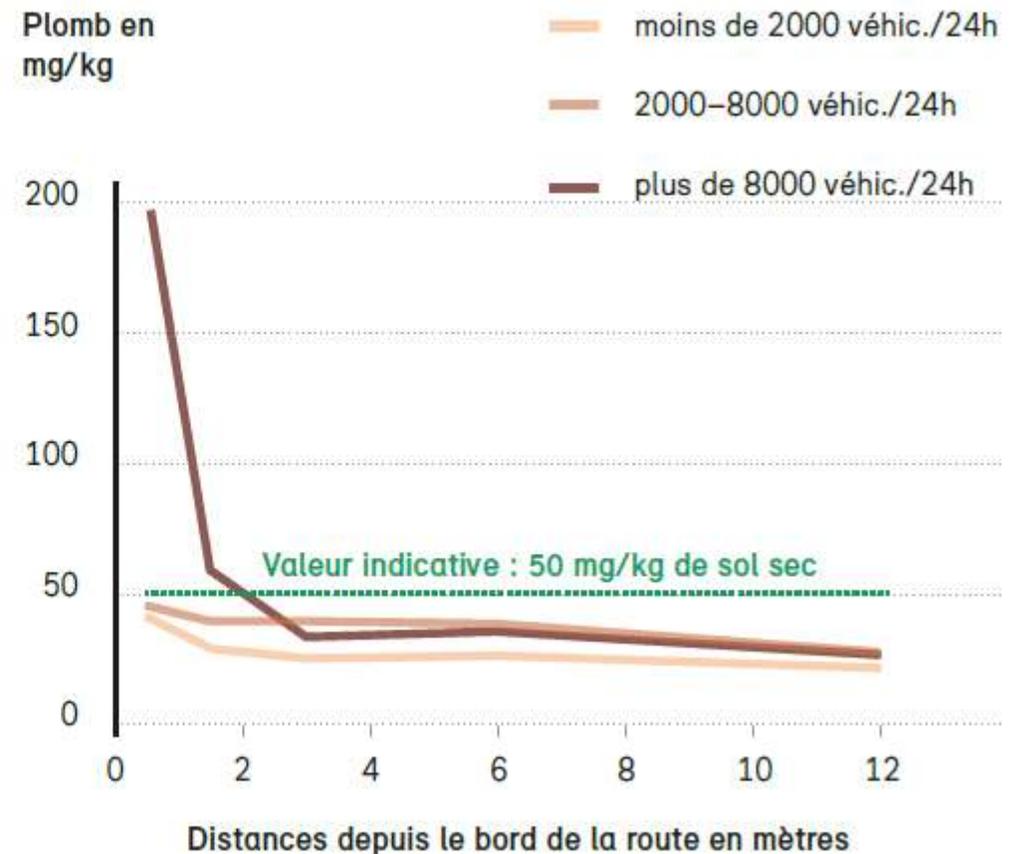
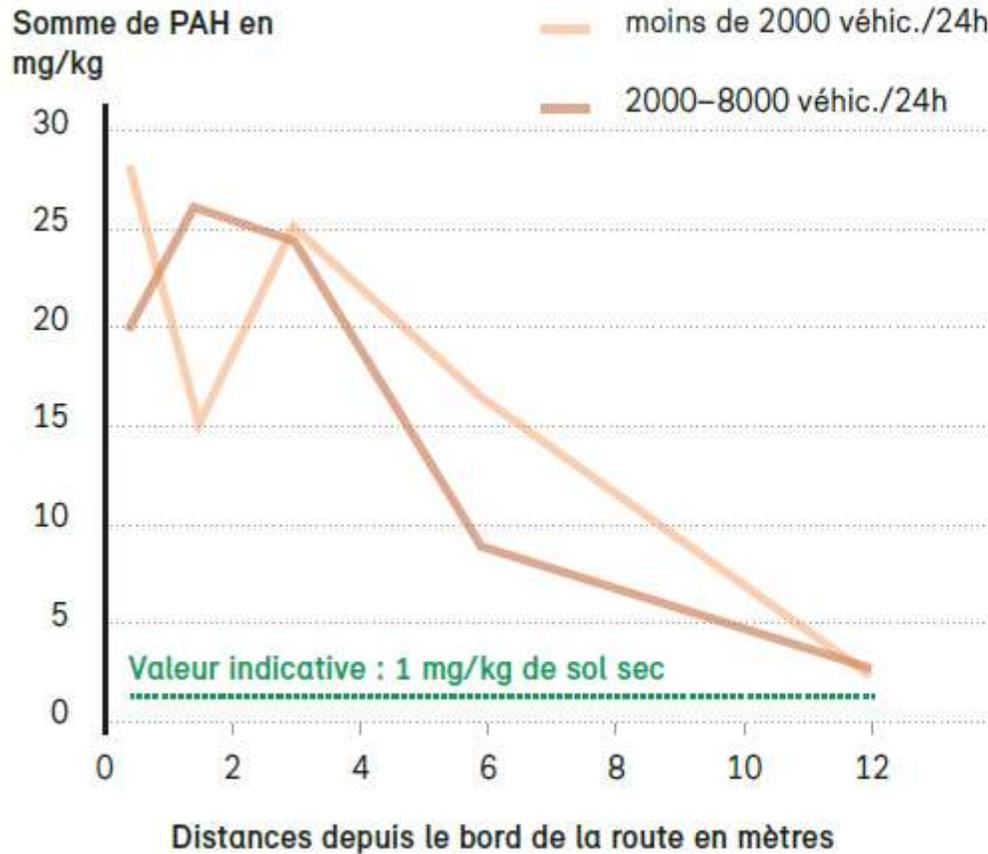
## 3. Protection des sols contre les atteintes persistantes – apports de polluants



Source: illustre.ch (article paru en septembre 2018)

# Etat des sols en Suisse – situation qualitative

## 3. Protection des sols contre les atteintes persistantes – apports de polluants

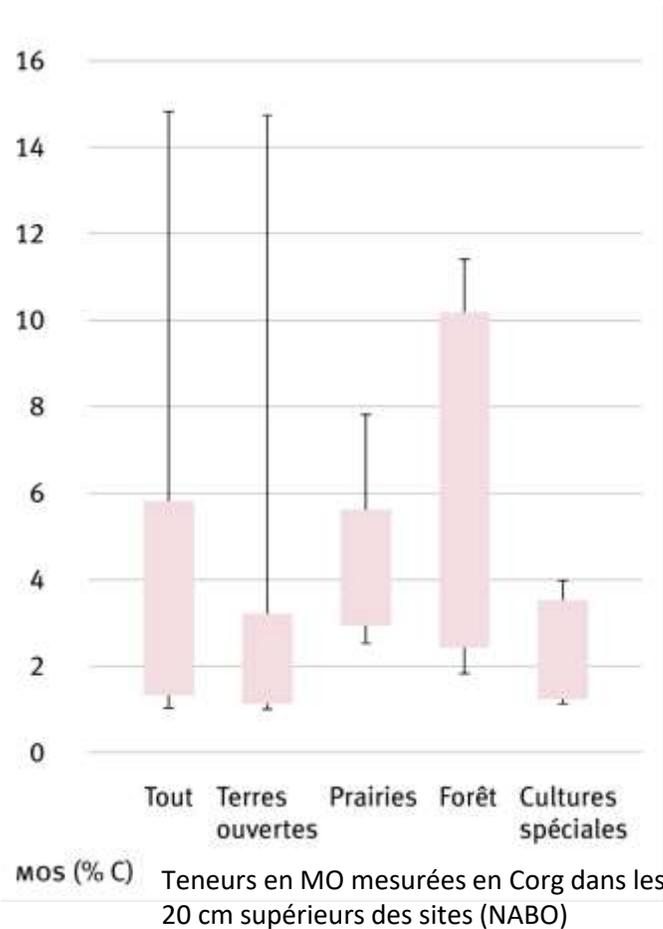


PAH = hydrocarbures aromatiques polycycliques (composés organiques)  
véhic. = véhicules à moteur

Source : OFEV (2017)

# Etat des sols en Suisse – situation qualitative

## 3. Protection des sols contre les atteintes persistantes – perte de matière organique



⇒ Concilier les objectifs de sécurité alimentaire et de lutte contre le changement climatique.

**LE 4 POUR 1000** LA SÉQUESTRATION DU CARBONE DANS LES SOLS POUR LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE ET LE CLIMAT

LA QUANTITÉ DE CARBONE CONTENUE DANS L'ATMOSPHÈRE AUGMENTE CHAQUE ANNÉE DE 4,3 MILLIARDS DE TONNES

LES SOLS DU MONDE CONTIENNENT SOUS FORME DE MATIÈRES ORGANIQUES 1 500 MILLIARDS DE TONNES DE CARBONE

SI ON AUGMENTE DE 4‰ (0,4%) PAR AN LA QUANTITÉ DE CARBONE CONTENUE DANS LES SOLS, ON STOPPE L'AUGMENTATION ANNUELLE DE CO<sub>2</sub> DANS L'ATMOSPHÈRE, EN GRANDE PARTIE RESPONSABLE DE L'EFFET DE SERRE ET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE.

absorption de CO<sub>2</sub> par les végétaux

stockage de carbone organique dans les sols

stockage de +8% de carbone dans les sols mondiaux = des sols + fertiles = des sols + adaptés aux effets du changement climatique

émissions de CO<sub>2</sub>

FORÊTS

Océans

ACTIVITÉS HUMAINES

DÉFORESTATION

avantage de végétaux = augmentation de l'absorption de CO<sub>2</sub>

sols cultivés, prairies, forêts

absorption

émission

**COMMENT STOCKER PLUS DE CARBONE DANS LES SOLS ?**

Plus on couvre les sols, plus les sols sont riches en matière organique, et donc en carbone. Jusqu'à présent, la lutte contre le réchauffement climatique s'est beaucoup focalisée sur protection et la restauration des forêts. En dehors des forêts, il faut favoriser le couvert végétal sous toutes ses formes.

- Ne pas laisser un sol nu et moins travailler le sol, ex. : les techniques sans labour
- Introduire davantage de cultures intermédiaires, intercalaires et de bandes enherbées
- Développer les haies en bordure des parcelles agricoles et l'agroforesterie
- Optimiser la gestion des prairies, par exemple allonger la durée de pâturage
- Restaurer les terres dégradées, par ex. les zones arides et semi arides du globe

# Ressource sol



- ❖ Des solutions intégrées et interdisciplinaires.
- ❖ Investir dans une vision globale de la situation.
- ❖ Des nouveaux mécanismes de gouvernance sont nécessaires car la gestion durable des sols contribue aux biens publics à long terme !

## Gestion durable des sols



Source: Helming et al., 2018

Merci pour votre attention !



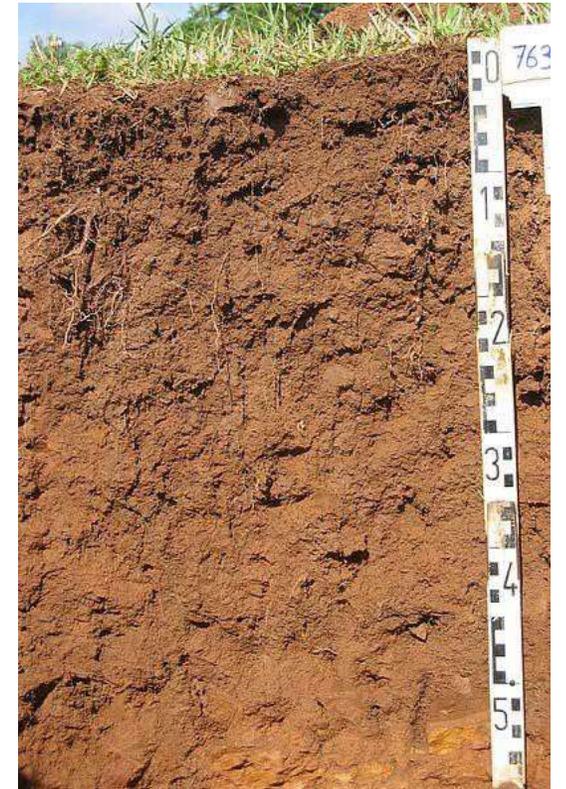
**LES SOLS  
SONT UNE  
RESSOURCE  
NON RENOUVELABLE**

2015  
Année internationale  
des sols

Ils sont essentiels pour

- l'alimentation
- l'alimentation animale
- les médicaments
- les services écosystémiques
- les carburants

The infographic features a central graphic of a glass containing soil and a small green plant. To the right, the text '2015 Année internationale des sols' is accompanied by a logo of a plant growing from a globe. Below the main title, five circular icons represent different sectors: food, animal feed, medicine, ecosystem services, and fuels.



[geraldine.bullinger@hefr.ch](mailto:geraldine.bullinger@hefr.ch)