

# Les sols

jardin botanique  
BOTANISCHER GARTEN FREIBURG



UNI  
FR

UNIVERSITÉ DE FRIBOURG  
UNIVERSITÄT FREIBURG

## Sommaire

<b>5</b>	<b>Préambule</b>
<b>6–17</b>	<b><i>Partie 1: Généralités</i></b>
<b>6</b>	<b>Qu'est-ce qu'un sol ? Formation des sols</b>
<b>8</b>	<b>Horizons</b>
<b>10</b>	<b>Constituants du sol</b>
<b>12</b>	<b>Propriétés du sol</b>
<b>14</b>	<b>Fonctions du sol</b>
<b>16</b>	<b>Relation sol-végétation</b>
<b>18–33</b>	<b><i>Partie 2: Types de sols</i></b>
<b>20</b>	<b>Sol tourbeux</b>
<b>22</b>	<b>Sol hydromorphe</b>
<b>24</b>	<b>Sol minéral brut</b>
<b>26</b>	<b>Sol brun calcaire</b>
<b>28</b>	<b>Sol brun acide</b>
<b>30</b>	<b>Podzol</b>
<b>32</b>	<b>Sol anthropique</b>
<b>34</b>	<b>Impressum</b>

## **Préambule**

**Ce travail pédagogique sur les sols a été initié en 2018 par trois étudiants en génie civil de la Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg (HEIA-FR) dans le cadre de leur formation Bachelor. Leur travail a été repris en 2021 par des spécialistes de la HEIA-FR, en collaboration avec le Jardin botanique de l'Université de Fribourg.**

**Les sols sont à la base de toute vie végétale. Différents types de sols sont artificiellement recréés dans le Jardin botanique afin d'y faire pousser les plantes associées. Le Jardin botanique de l'Université de Fribourg peut servir de support pédagogique pour cette thématique et souhaite offrir par cette brochure une première approche de ce monde fascinant.**

# Partie 1: Généralités

## Qu'est-ce qu'un sol?

D'un point de vue scientifique, le sol «est la couche externe de la croûte terrestre caractérisée par la présence de nombreux êtres vivants. Il est le siège d'un échange intense de matière et d'énergie entre l'air, l'eau et les roches» (Société suisse de pédologie, 2014, extrait).

D'un point de vue légal, «le sol est la couche de terre meuble de l'écorce terrestre où peuvent pousser les plantes» (Loi fédérale sur la protection de l'environnement, art. 7, al. 4bis).

## Formation des sols

A l'origine des sols, il y a un matériel minéral (roches ou sédiments) qui se désagrège en particules de plus en plus fines par l'action du vent, de la pluie et par l'alternance du gel et du dégel.

Au fil du temps, la végétation et les microorganismes peuvent coloniser les particules minérales altérées. La partie vivante du sol se développe petit à petit. La matière morte est décomposée par les organismes vivants du sol, tels que collemboles (de petits arthropodes), cloportes, vers de terre, champignons et bactéries. Le résultat de cette dégradation est appelé communément «matière organique» du sol et participe à sa fertilité.

Les organismes vivants du sol, et notamment les vers de terre, vont ensuite mélanger la matière organique avec celle minérale, faisant apparaître progressivement une couche supérieure du sol de couleur sombre, riche en matière organique. L'altération de la roche se poursuit dans les couches plus profondes, encore en partie colonisées par les racines et les microorganismes. Le taux de matière organique est très faible, voire nul dans les couches profondes. Le taux de matière minérale y est élevé.

- On estime qu'il faut entre 100 et 1000 ans pour obtenir un centimètre de sol. Cela fait du sol une ressource non renouvelable à une échelle de temps humaine. La plupart des sols suisses ont commencé à se former à la suite de la dernière époque glaciaire, il y a environ 10 000 ans.

## Horizons

Lors du processus de formation du sol, apparaissent progressivement des couches différentes appelées « horizons ». Les horizons se distinguent souvent à l'œil nu en fonction de leur couleur, de leur granulométrie et de leur composition en différents matériaux.

Voici une liste des principaux horizons, depuis la surface jusqu'en profondeur :

### Horizon O (organique):

Il contient la litière (feuilles, aiguilles, écorces) ainsi que des débris et des fragments de végétaux morts, à différents stades de décomposition, qui après transformation donneront de l'humus.

### Horizon A (organo-minéral):

La matière organique venant des débris végétaux décomposés est ici incorporée à celle minérale par l'action de la microfaune du sol. Les molécules d'humus se lient aux argiles, par exemple grâce au calcium ou au fer. Le tout prend le nom de « complexe argilo-humique » et est à la base de la fertilité du sol.

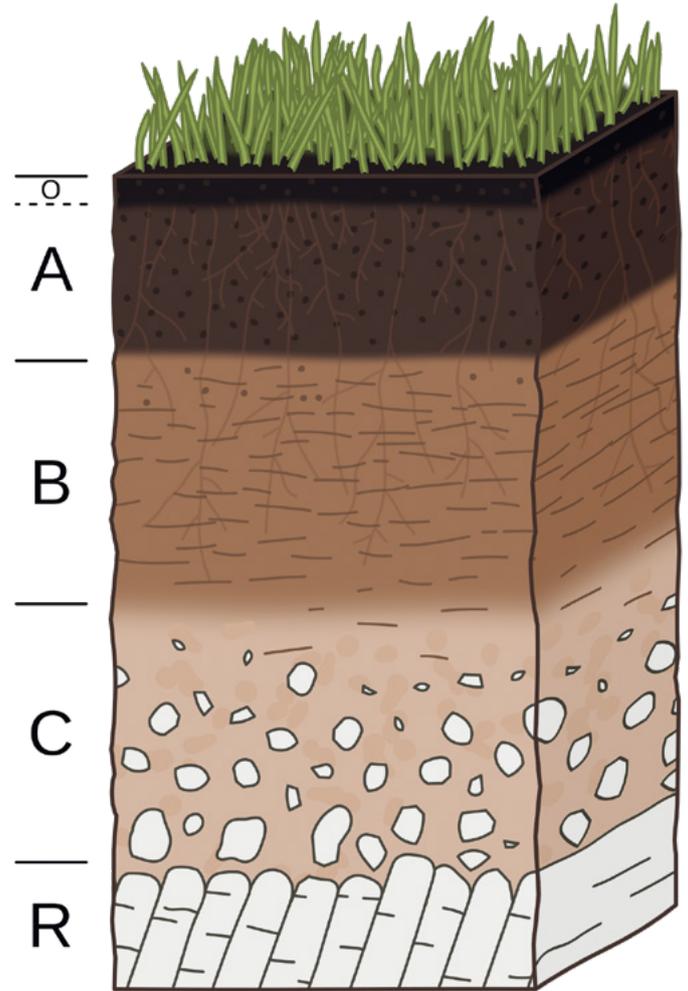
### Horizon B (minéral):

Il est le siège d'altération des minéraux. Il représente un réservoir d'humidité pour les plantes et il transfère l'eau vers la nappe phréatique.

### Horizon C (substrat):

Il est un horizon minéral qui contient de la roche plus ou moins fragmentée ou des sédiments peu altérés.

Des transferts d'éléments minéraux ou organiques entre différents horizons sont possibles grâce à l'action de l'eau et de la faune du sol.



1 Illustration d'un sol et des horizons les plus communs. Certains types de sol présentent moins d'horizons ou des horizons différents par rapport à l'image.

## Constituants du sol

**La matière minérale** provient des roches qui ont été fragmentées ou altérées, ou des minéraux formés dans le sol même et reconstruits à partir d'éléments simples. Les constituants minéraux des sols suisses proviennent principalement de l'altération de roches dures calcaires et cristallines (granite, gneiss), de roches tendres telles que les schistes et les marnes, ou encore de matériaux déplacés par les glaciers (moraines), le vent (löss) ou l'eau (sédiments alluviaux).

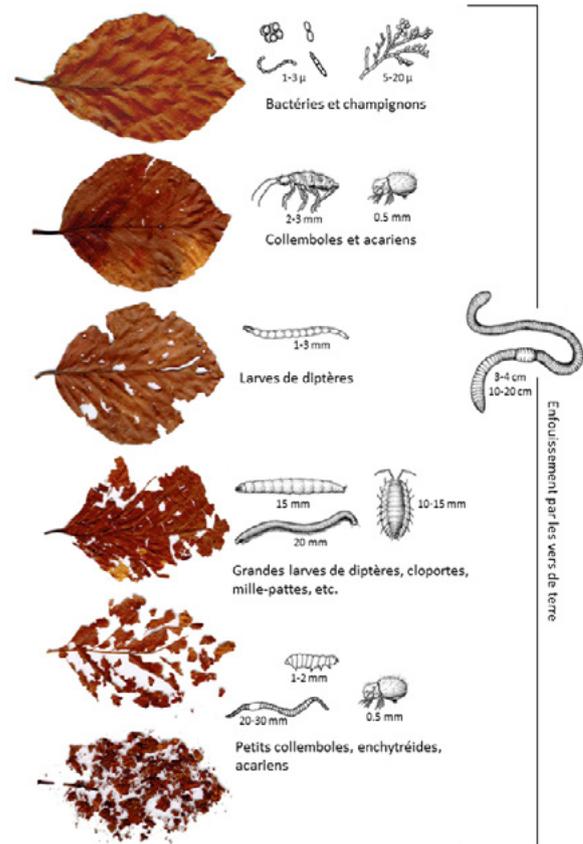
**La matière organique** du sol est composée d'êtres vivants, tels que les racines, les organismes et microorganismes du sol, ainsi que de leurs parties mortes à différents stades de décomposition (litière et humus). La décomposition de la matière organique libère des éléments nutritifs qui sont rapidement réabsorbés par les plantes et les organismes du sol, fermant ainsi le cycle.

Différents **organismes du sol** sont nécessaires pour aboutir à une décomposition complète des résidus végétaux. Par exemple, une feuille de hêtre tombée au sol est d'abord colonisée par des micro-organismes, tels que bactéries et champignons. La surface foliaire est ensuite perforée par des collemboles et des acariens. Puis les trous sont agrandis par des larves de diptères (mouches, syrphes, etc.) suivies des cloportes, des mille-pattes et des nématodes, lesquels découpent la feuille de plus en plus finement. Les résidus de la fragmentation sont enfin réduits en molécules simples par l'action de bactéries et champignons. Pendant tout le processus, les vers de terre, les fourmis, les coléoptères, mais aussi les taupes et les campagnols, favorisent l'enfouissement de la matière organique et la remontée de celle minérale, promouvant ainsi la formation des complexes argilo-humiques.

Un volume de sol est constitué généralement par moitié de matériaux solides (la matière organique et la matière minérale), et par l'autre moitié de vides, appelés pores. Ceux-ci renferment de l'eau ou de l'air, deux éléments essentiels à la vie du sol et des plantes.

### ► Quelques chiffres :

Un gramme de sol contient : 10 milliards de bactéries (davantage que d'humains sur terre!) et 5 km de mycélium de champignons. Une prairie permanente non traitée abrite 150 à 300 vers de terre par mètre carré (1 à 2.5 tonnes par hectare). Un champ en agriculture intensive en abrite 1 à 3 individus par mètre carré (50 kg à l'hectare).



2 Etapes de dégradation d'une feuille de hêtre.

## Propriétés du sol

**La texture** du sol est définie par les composants de la fraction minérale du sol. Ceux-ci sont classés en argiles, limons et sables, selon la taille croissante du diamètre de leurs particules. Même si théoriquement un sol peut être fait à 100% d'argiles, limons ou sables, la plupart des sols présentent un mélange des trois classes, selon des proportions variables.

**La structure** du sol est issue de l'arrangement et de la combinaison des particules minérales et organiques du sol. La structure peut varier selon les saisons et l'utilisation du sol par l'être humain. Par exemple, le labour ou le piétinement modifient la structure du sol (compaction). La texture et la structure du sol nous informent sur la capacité du sol à absorber et infiltrer l'eau, fixer les nutriments pour les plantes et créer un espace convenable pour la vie du sol.

**La couleur** peut nous renseigner sur les composants du sol et les processus en cours : les sols riches en fer sont souvent bruns-rougeâtres ou jaunâtres, ceux riches en matière organique sont noirs, tandis que les sols souvent engorgés d'eau présentent une mosaïque de taches grises, rouges et jaunes.

**La profondeur** du sol peut aller de quelques centimètres à plusieurs mètres selon les apports et les pertes en matière organique et minérale.



3 Les différentes couleurs d'un sol. La partie grise la plus profonde indique un engorgement en eau.

## Fonctions du sol

Selon sa composition, son emplacement, sa structure, son histoire et les contraintes locales, le sol assure différentes fonctions, avec par exemple des bénéfices pour la société (économiques, écologiques, etc.).

1. Production d'aliments, de fourrages et de bois;
2. Stockage d'eau, de nutriments et de carbone, prévention des crues et filtre de polluants;
3. Habitat pour la biodiversité végétale et animale;
4. Source de matière première (sable, gravier);
5. Support des bâtiments et infrastructures;
6. Archivage d'artefacts humains, mémoire de civilisations passées.

## Menaces

En Suisse, l'urbanisation a consommé 0.77 mètres carrés de terres agricoles par seconde entre 1985 et 2009 (source : Office fédéral de la statistique). Sur ces surfaces, les fonctions du sol autres que celle de support ont été totalement ou en partie perdues.

A la perte de surfaces de sol s'ajoutent des atteintes à la qualité des sols, telles que la contamination chimique (polluants atmosphériques, produits phytosanitaires, sur-fertilisation), l'érosion et la compaction persistante des sols. Des pratiques agricoles inadaptées ou une manipulation inadéquate des terres sur les chantiers en sont à l'origine. Ces différentes menaces peuvent conduire par exemple à une baisse de fertilité, à la pollution des cours d'eau, à une augmentation du risque de crues et à la perte de biodiversité.

## Protection

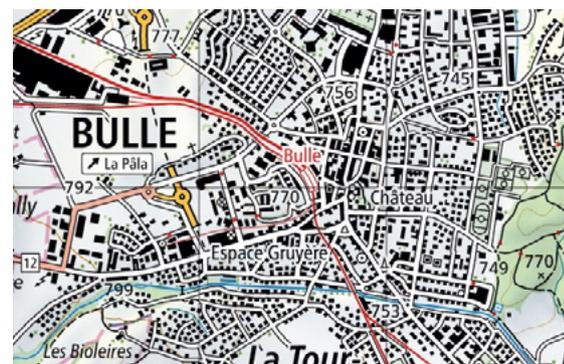
En Suisse, la protection des sols est inscrite dans la loi. La Loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT, 1979) et le Plan sectoriel des surfaces d'assolement (PS SDA, 2020) protègent les sols d'un point de vue quantitatif. La Loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE, 1983) et son ordonnance d'application (Osol, 1988) visent quand à elles à prévenir les atteintes à la qualité des sols et préserver leur fertilité.



4 Le sol, indispensable pour produire notre alimentation.



5 Erosion d'un sol agricole.



6/7 Dessinées à la même échelle, ces deux cartes montrent l'expansion fulgurante de la ville de Bulle entre 1900 (en haut) et aujourd'hui (en bas).

## Relation sol-végétation

Si le sol est le plus souvent caché à nos yeux, la végétation est quant à elle la partie la plus visible d'un paysage et peut nous aider à imaginer ce qu'il y a en-dessous.

La végétation est à la fois actrice et spectatrice de l'écosystème sol. La plante est pour le sol sa source primaire en litière et les racines sont un site de vie pour une multitude d'organismes. A l'inverse, le sol est pour la plante site d'ancrage pour ses racines, source de nutriments et d'eau, ainsi que site d'échange avec les plantes voisines et avec les autres organismes présents dans le sol (symbioses avec des champignons et des bactéries).

- La relation très étroite entre certaines espèces de plantes et leur substrat fait de la végétation un excellent indicateur du type de sol. Ainsi, en repérant certaines plantes indicatrices, on pourra dire si le sol sous nos pieds est par exemple plutôt acide, neutre, humide, sec, profond, mince, etc.



8 Le Pavot occidental (*Papaver occidentale*), espèce indicatrice des éboulis calcaires d'altitude.

## Partie 2: Types de sols

Les pages suivantes présentent 6 types de sols que l'on trouve dans nos régions. Ceux-ci sont naturellement présents ou reproduits artificiellement dans le Jardin botanique (avec parfois quelques variations) pour y faire pousser des plantes adaptées. La carte au dos de la brochure permet de repérer ces endroits dans le Jardin. Baladez-vous et tentez de retrouver les plantes mentionnées dans la brochure!



## Sol tourbeux

### Apparence

Sol de couleur brun foncé à noir, très riche en matière organique peu décomposée. Dans son état naturel, le sol tourbeux est gorgé d'eau en permanence, l'eau pouvant représenter jusqu'à 97% de son volume.

### Localisation

Les sols tourbeux caractérisent les régions marécageuses et les tourbières. A cause des importants drainages et de l'exploitation de la tourbe intervenus au cours des XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles, les sols tourbeux à l'état naturel sont désormais rares en Suisse.

- Exemples dans le canton de Fribourg : Tourbière du Crêt, Marais du Gros-Mont, Marais de Guin.

### Formation du sol

Etant gorgé d'eau en permanence, ce sol est très peu aéré et la dégradation du matériel végétal est donc fortement ralentie. Les fibres végétales, non ou peu décomposées, s'accumulent à la surface du sol sous forme de tourbe. On distingue les bas-marais, principalement alimentés par l'eau de la nappe phréatique riche en nutriments, des hauts-marais, uniquement alimentés par les précipitations atmosphériques typiquement acides et pauvres en nutriments.

### Végétation

L'engorgement en eau, ainsi que les conditions acides et la pauvreté en nutriments des hauts-marais, représentent des contraintes à la survie de beaucoup de plantes. On y trouve donc des espèces tolérantes à ce milieu particulier, telles que les sphaignes, de petites plantes carnivores, de nombreuses espèces de laiche (*Carex* spp.) et plusieurs espèces de la famille des Ericacées (myrtille, airelle des marais, canneberge).

### Fonctions

Les sols tourbeux sont de véritables éponges à eau, contribuant ainsi à atténuer les crues. Ils absorbent également les métaux lourds et sont des hauts lieux de biodiversité. Mais c'est leur énorme capacité de stockage du carbone organique qui suscite sans doute le plus d'intérêt de nos jours. Ces réserves, mises en place au cours des derniers millénaires, représentent environ les trois quarts du CO<sub>2</sub> atmosphérique.

### Menaces

Au cours du siècle passé, les sols tourbeux de plaine ont été massivement drainés pour faire place à l'agriculture. Initialement très fertiles, ces sols subissent aujourd'hui la perte en matière organique, l'érosion

et la compaction. Il est possible de ralentir leur disparition en les remouillant et, lorsqu'ils sont cultivés, en appliquant une agriculture raisonnée. Des espèces de plantes strictement liées à ce type de sol sont devenues rares à cause de la destruction du milieu même (ex. la laiche des bourbiers – *Carex limosa*). Les «terres noires» de la Plaine de l'Orbe ou du Seeland correspondent à d'anciens sols tourbeux.

#### ► Plantes indicatrices présentes au Jardin botanique :

Laiche brune (*Carex nigra*)

Linaigrette engageante (*Eriophorum vaginatum*)

Comaret des marais (*Potentilla palustris*)



10 Profil d'un sol tourbeux, ou histosol.



9 Marais de Guin, FR.



11 Agriculture sur d'anciens bas-marais drainés.

# Sol hydromorphe

## Apparence

Sol de couleur gris-verdâtre en profondeur, ocre-jaunâtre ou avec des taches de couleur rouille en surface. Il peut être collant au toucher.

## Localisation

Ces sols sont associés à la présence d'une nappe permanente ou fluctuante, pauvre en oxygène. Ils se situent à proximité des rivières, des lacs ou sur des substrats imperméables.

- Exemples dans le canton de Fribourg : à proximité de cours d'eau ou de lacs naturels (Neirigue, Lac de Neuchâtel, etc.).

## Formation du sol

Les sols hydromorphes se développent dans une nappe phréatique permanente ou fluctuante. Les couches profondes du sol sont gorgées d'eau en permanence. Cela empêche l'oxygène d'y pénétrer. Plus en surface, dans la zone de battement de la nappe, le sol est aéré durant plusieurs mois de l'année. Le fer, abondant dans ce type de sol, réagit à ce phénomène en prenant des colorations différentes : gris-verdâtre en l'absence d'oxygène et ocre-jaunâtre en sa présence. La tourbe peut s'accumuler en surface mais n'atteint pas des épaisseurs importantes (supérieures à 50 cm) comme dans les sols tourbeux.

## Végétation

Les espèces de bas-marais, tels que la laïche élevée, la menthe aquatique ou le roseau commun et les espèces de prairies humides poussent bien sur ce type de sol. Les forêts alluviales (saulaies, aulnaies et surtout frênaies) peuvent coloniser ce type de sols.

## Fonctions

Ils partagent de nombreuses fonctions des sols tourbeux : stockage d'eau, purification de l'eau, réserve de biodiversité.

## Menaces

Toute intervention visant à abaisser ou assécher la nappe phréatique représente une menace pour les sols hydromorphes. Leur conservation passe donc par la protection, la réhabilitation, voir la création de zones humides. Des machines agricoles légères et à faible pression sont recommandées là où ces sols sensibles au tassement sont exploités.

### ► Plantes indicatrices présentes au Jardin botanique :

Populage (*Caltha palustris*)

Trolle d'Europe (*Trollius europaeus*)

Lysimaque commune (*Lysimachia vulgaris*)



12 Profil de sol hydromorphe.



13 Prairie humide à Portalban, FR.



14 Populage (*Caltha palustris*), espèce typique des bas-marais.

# Sol minéral brut

## Apparence

Sol de très faible épaisseur, inférieure à 10 cm, de couleur brune, reposant sur une dalle rocheuse dure ou fragmentée, calcaire ou cristalline. Une texture riche en sable et la présence d'éléments rocheux amènent une porosité élevée.

## Localisation

On le retrouve notamment dans les régions alpines, à de hautes altitudes, sur des moraines glaciaires récemment découvertes, sur les falaises, des crêtes du Jura et des Préalpes ou encore sur des éboulis de graviers et de cailloux.

## Formation du sol

Le sol minéral brut représente généralement le premier stade de formation d'un sol, mais peut aussi résulter de l'érosion d'un sol plus évolué, suite par exemple à un défrichement important ou à un pâturage intensif.

## Végétation

Ce sol étant très mince et poreux, la réserve d'eau pour les plantes est faible. A cette contrainte viennent s'ajouter les difficiles conditions climatiques typiques des régions alpines, telles que des températures basses et un rayonnement élevé. Cela sélectionne des espèces végétales capables de réduire les pertes d'eau et de résister au froid au travers de nombreuses adaptations (ex. forme en coussinet, feuilles étroites et poilues).

## Fonctions

Ce type de sol n'a aucune vocation agricole, ni forestière. La fonction écosystémique la plus importante se trouve du côté de la biodiversité. En effet, ce sol est le refuge d'espèces végétales spécialisées pour ces milieux et rares à l'échelle régionale.

## Menaces

Ce type de sol, généralement peu menacé, peut néanmoins subir des atteintes ponctuelles lors, par exemple, des nivellements de pistes de ski, de constructions dans les zones rocheuses ou du concassage de surfaces rocailleuses en pâturage. A cause du recul des glaciers, on peut supposer une expansion de ce type de sol.

### ► Plantes indicatrices présentes au Jardin botanique :

Joubarbe des montagnes (*Sempervivum montanum*)

Thym précoce (*Thymus praecox*)

Erine des Alpes (*Erinus alpinus*)



15 Coupe d'un sol minéral brut mince (2 cm).



16 Falaise calcaire d'altitude, sol très mince ou absent.



17 Linaire des Alpes (*Linaria alpina*), espèce typique des éboulis calcaires d'altitude.

## Sol brun calcaire

### Apparence

Sol dont les couches plus profondes, riches en argile et en fer, prennent une couleur brun-ocre, tandis que les couches de surface sont plutôt noires car riches en matière organique. Les pierres y sont abondantes.

### Localisation

Sol très commun en Suisse occidentale, notamment dans le Jura et les Préalpes. Présent à toutes les altitudes, ce sol est souvent situé sur des buttes ou des versants où la roche carbonatée est proche de la surface.

- Exemples dans le canton de Fribourg : pâturages des Préalpes (Vallon des Morteys).

### Formation du sol

Le sol brun calcaire est issu de roches riches en carbonate de calcium. Suite à l'altération des roches calcaires, du fer et de l'argile sont libérés. Ces deux composants se lient entre eux dans l'horizon B. En surface, ce sol présente une structure grumeleuse, témoin d'une bonne dégradation de la litière.

### Végétation

La végétation de ce type de sol est très variée, le dénominateur commun de ces espèces étant leur tolérance aux hautes teneurs en calcium (espèces calcicoles). En plaine, ce sol est souvent associé aux prairies sèches à orchidées et peut abriter une grande partie des forêts de feuillus. En montagne, il est typique des pelouses séchardes, comme celles à séslerie bleuâtre (une petite graminée).

### Fonctions

Peu attrayant pour l'agriculture à cause de sa forte densité en pierres, ce sol est souvent utilisé comme support de la vigne. Par ailleurs, abritant une végétation très riche, dont plusieurs espèces d'orchidées, c'est un sol important pour la biodiversité.

### Menaces

Il peut être sensible à l'érosion en zones agricole et viticole, notamment en pente, à cause des techniques culturales conventionnelles qui causent une perte de matière organique. Un enherbement des vignes assure une bonne protection du sol.

#### ► Plantes indicatrices présentes au Jardin botanique :

Sabot de venus (*Cypripedium calceolus*)

Sceau de Salomon multiflore (*Polygonatum multiflorum*)

Aposéris fétide (*Aposeris foetida*)



18 Coupe d'un sol brun calcaire en altitude.



19 Vignes du Lavaux, VD.



20 Lieu typique d'un sol brun calcaire d'altitude, Vallon des Morteys, FR.

## Sol brun acide

### Apparence

Le sol brun acide est issu de roches riches en fer et en argiles. Il contient un horizon d'altération B avec une structure polyédrique et une coloration brune typique. La limite entre les horizons, généralement très progressive, devient de plus en plus marquée avec l'évolution du sol.

### Localisation

C'est le sol typique du Plateau suisse, à des basses et moyennes altitudes, sur des moraines d'origine alpine. Il est très commun dans les zones agricoles. Des sols bruns acides sont présents aussi dans le Jura, là où les roches calcaires sont recouvertes par des dépôts importants de loess (sédiment très fin transporté par le vent lors de la dernière glaciation). Il représente le sol « moyen » de Suisse occidentale sur des terrains à faible pente.

### Formation du sol

L'altération de la roche mère libère des oxydes de fer et de l'argile qui se lient entre eux et avec la matière organique. Le complexe humus-fer-argile donne la couleur brune. Par infiltration de l'eau dans le sol, les argiles liées au fer sont lentement transportées vers le bas du sol (lessivage).

### Végétation

A l'état naturel, ce sol est associé aux forêts de feuillus, notamment les hêtraies à asperule odorante ou celles à luzule. Compte tenu de la grande fertilité de ce type de sol, les forêts ont été souvent défrichées pour laisser la place aux cultures.

### Fonctions

L'abondance d'éléments nutritifs pour les plantes, une activité biologique élevée et une texture équilibrée donnent souvent à ce sol une vocation productive, autant du point de vue agricole que forestier.

### Menaces

Les sols bruns acides sont soumis aux mêmes menaces que tous les sols agricoles, à savoir le tassement, l'érosion et l'urbanisation.

#### ► Plantes indicatrices présentes au Jardin botanique :

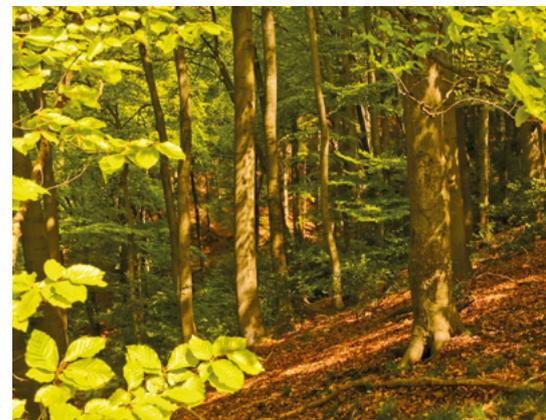
Hêtre (*Fagus sylvatica*)

Chêne sessile (*Quercus petraea*)

Châtaigner cultivé (*Castanea sativa*)



21 Coupe d'un sol brun acide.



22 Hêtraie à asperule odorante de basse altitude.



23 Exploitation agricole de plaine.

# Podzol

## Apparence

Le podzol est généralement composé de plusieurs horizons ayant des couleurs très contrastées : un premier de couleur noire, très concentré en humus, prolongé d'un horizon gris clair riche en quartz et sans racines, suivi d'un horizon brun-foncé roux, le tout reposant sur un substrat acide et filtrant. L'ensemble du sol est très poreux et acide.

## Localisation

Trois éléments sont nécessaires pour la formation d'un podzol : une roche acide riche en fer et en aluminium (ex. gneiss, granite, quartzite), une végétation ayant une litière acidifiante (ex. forêt de résineux) et des précipitations abondantes (ex. climat alpin). Les podzols sont communs sur des roches cristallines, à l'étage subalpin des Alpes, entre environ 1900 et 2300 mètres. Ils sont plus rares dans le Jura et les Préalpes.

## Formation du sol

La matière organique de surface se lie avec le fer et l'aluminium et est entraînée par percolation vers les couches plus profondes du sol. Se forment une couche grise appauvrie en matière organique et en fer et un peu plus bas, une couche rougeâtre d'accumulation de ces mêmes éléments.

## Végétation

Les plantes poussant sur des podzols sont tolérantes à l'acidité et aux fortes concentrations en aluminium, élément toxique pour la majorité des plantes. Les forêts d'arolle et mélèze, ainsi que les landes à Ericacées (airelle à petites feuilles, azalée des Alpes, callune, myrtille et rhododendron) sont communes sur podzols. Leur litière, difficile à dégrader, renforce le caractère acide du sol.

## Fonctions

La forte acidité des podzols rend ces sols très peu fertiles et inutilisables pour l'agriculture, sauf pour le pâturage. Des espèces rares et adaptées à ces conditions particulières trouvent refuge sur ces sols, où la concurrence est réduite.

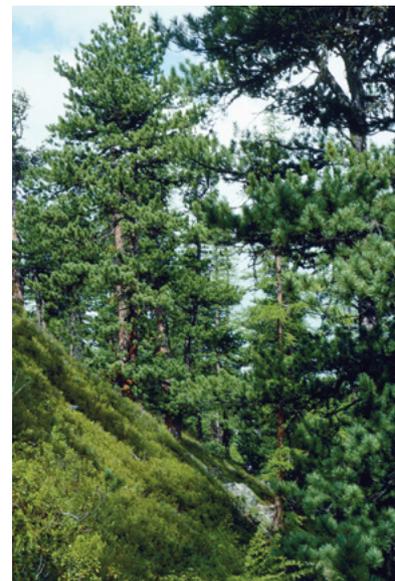
## Menaces

Toute construction d'infrastructures en milieu alpin à vocation touristique ou énergétique (ex. lacs de barrage) constitue une menace pour les sols alpins. Cela est particulièrement problématique pour les podzols du Jura ou des Préalpes où ce type de sol est extrêmement rare.

- **Plantes indicatrices présentes au Jardin botanique :**  
 Rhododendron ferrugineux (*Rhododendron ferrugineum*)  
 Camarine noire (*Empetrum nigrum*)  
 Raisin d'ours commun (*Arctostaphylos uva-ursi*)



24 Coupe d'un podzol.



25 Forêt de mélèzes et arolles en Valais.



26 La callune (*Calluna vulgaris*) pousse uniquement sur les sols acides.

# Sol anthropique

## Apparence

C'est un sol fortement modifié ou fabriqué par l'être humain. Il contient souvent des artefacts (ex. ordures ménagères, boues, gravats, déchets industriels) ou des matériaux d'excavation.

## Localisation

Il se retrouve dans la grande majorité des sols urbains, les anciennes décharges, les dépôts industriels, les toitures végétalisées et les sites archéologiques. Une partie des sols agricoles, notamment ceux en culture intensive, labourés en profondeur et fortement enrichis par l'apport de fertilisants, est également considérée comme des sols anthropiques.

## Formation du sol

Les processus de formation du sol anthropique varient selon l'origine du matériel apporté (anthropique ou naturel), la manière dont celui-ci a été prélevé et les conditions lors de la mise en place (ex. compaction). Si l'origine de ce type de sol est toujours anthropique, son évolution est influencée par les mêmes paramètres que les sols naturels (ex. la topographie, l'exposition, l'altitude, et l'utilisation du sol).

## Végétation

La composition floristique est déterminée avant tout par l'aménagement des espaces verts urbains ou les techniques agricoles, et n'est que peu influencée par le type de sol anthropique. Dans les parcs urbains, sont fréquentes les espèces tolérantes au piétinement, avec un enracinement superficiel et aimant des teneurs élevées en nutriments (ex. pissenlit officinal, trèfle rampant, pâquerette).

## Fonctions

En milieu urbain, le sol anthropique est essentiel pour le stockage d'eau, la réduction du ruissellement de surface, la filtration des eaux polluées et la régulation thermique. Il est également le support d'une discrète biodiversité, autant aérienne que souterraine, si l'entretien est adéquat. Les pelouses sèches à orchidées des talus autoroutiers en sont un exemple.

## Menaces

L'urbanisation étant en pleine expansion, les sols anthropiques urbains ne sont pas près de devenir rares. La réglementation de protection des sols pose aujourd'hui un cadre assez strict pour la mise en place de ces sols et la maximisation de leurs fonctions.

### ► Plantes indicatrices du piétinement présentes au Jardin botanique (cherchez-les par exemple dans les gazons) :

Pâquerette vivace (*Bellis perennis*)

Pissenlit officinal (*Taraxacum officinale*)

Plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*)



27 Coupe d'un sol anthropique.



29 Sol enherbé en Ville de Genève.



28 Sol anthropique sous goudron.

# Impressum

## Bibliographie:

- Baize D., Girard M.C., Beaudou A. G., Poss R. (2008).  
Référentiel pédologique. Versailles: Quae, 2009, 405 p. (Savoir Faire).
- Favre Boivin, F. & Bullinger, G. (2020).  
Support de cours BEI: Introduction aux sols.
- Gobat, J.-M., Aragno, M., Matthey, W. (2010).  
Le sol vivant. 3<sup>ème</sup> éd. PPUR.
- Gobat, J.-M., Guénat, C. (2019). Sols et paysages. Types de sols, fonctions et usages en Europe moyenne. 1<sup>ère</sup> éd. EPFL Press.
- Laiho, R., Laime, J., Vasander, H. (1996).  
Northern peatlands in global climatic change. Publ. Acad. Finland 1/96.
- Zanella, A. et al. (2001). Humus forestali.  
Edizioni Centro di Ecologia Alpina.

## Sites internet consultés:

- <https://www.agrihebdo.ch/dossiers/favoriser-les-microorganismes>
- <https://agriculture-de-conservation.com/Les-vers-de-terre-veritables.html>
- <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/espace-environnement/utilisation-couverture-sol/evolution.html>
- <https://www.soils.org/about-soils/basics/>

## Concept:

Magali Matteodo (collaboratrice HES-SO, HEIA-FR), Fabienne Favre Boivin (Professeur HES-SO, HEIA-FR), Yann Fragnière (Jardin botanique de l'Université de Fribourg), Antoine Butty, Hugo Jeanneret et Arnaud Monnier (étudiants HEIA-FR).

## Création, textes:

Magali Matteodo (HES-SO, HEIA-FR), Antoine Butty, Hugo Jeanneret, Arnaud Monnier (étudiants HEIA-FR).

## Relecture:

Yann Fragnière (Jardin botanique), Anaïs Rossel (Jardin botanique), Annick Monod (Jardin botanique), Magali Matteodo (HES-SO, HEIA-FR), Fabienne Favre Boivin (HES-SO, HEIA-FR).

## Conception graphique, mise en page:

wapico SA, Fribourg

## Impression:

media-f, Fribourg

## Photos:

- 1 Tomáš Kebert & umimeto.org, Creative Commons
- 2 Zanella, A. et al. Humus forestali. Edizioni Centro di Ecologia Alpina. 2001. Adapté
- 3 Wikipedia, Solum, Creative Commons
- 4 Rauschenberger, Creative Commons
- 5 Volker Prasuhn, 2009, Canton Bern. Wikipedia, Creative Commons
- 6 swisstopo
- 7 swisstopo
- 8 Gregor Kozłowski, Jardin botanique de l'Université de Fribourg
- 9 HEIA-FR, J. Studer
- 10 Laboratoire de pédologie EPFL. Tiré de: Gobat, J.-M. et Guénat, C. Sols et paysages. EPFL Press. 2019, p. 217
- 11 Admiral\_Lebioda sur Pixabay
- 12 OFEV (éd.) Bellini E. 2015: Sols et constructions. Etat de la technique et des pratiques. Office fédéral de l'environnement, Berne  
Connaissance de l'environnement n° 1508
- 13 J.-M. Gobat. Tiré de: Gobat, J.-M. et Guénat, C. Sols et paysages. EPFL Press. 2019, p. 386
- 14 Jardin botanique de l'Université de Fribourg
- 15 HEIA-FR, M. Matteodo. Vallon des Morteys, FR
- 16 HEIA-FR, M. Matteodo. Vallon des Morteys, FR
- 17 HEIA-FR, M. Matteodo. Vallon des Morteys, FR
- 18 HEIA-FR, M. Matteodo. Vallon des Morteys, FR
- 19 Patrick Denoréaz, 2007. Vignes du Lavaux. Wikipedia, Creative Commons
- 20 HEIA-FR, M. Matteodo. Vallon des Morteys, FR
- 21 HEIA-FR, G. Bullinger
- 22 Ökologix, 2013, Rotbuchenwald im Staatsforst Burgholz, Creative Commons
- 23 Grangeneuve, Etat de Fribourg, 2018,  
<https://www.fr.ch/grangeneuve/resultats-dessais>
- 24 HEIA-FR, G. Bullinger. St.-Luc, VS, 2006
- 25 J.-M. Gobat. Tiré de: Gobat, J.-M. et Guénat, C. Sols et paysages. EPFL Press. 2019, p. 346
- 26 Jardin botanique de l'Université de Fribourg
- 27 HEIA-FR, G. Bullinger. Plainpalais, Genève
- 28 HEIA-FR, H. Jeanneret. Le Locle
- 29 HEIA-FR, G. Bullinger. Plainpalais, Genève



- Sol brun acide
- Sol anthropique
- Sol minéral brut
- Podzol
- Sol brun calcaire
- Sol tourbeux/Sol hydromorphe