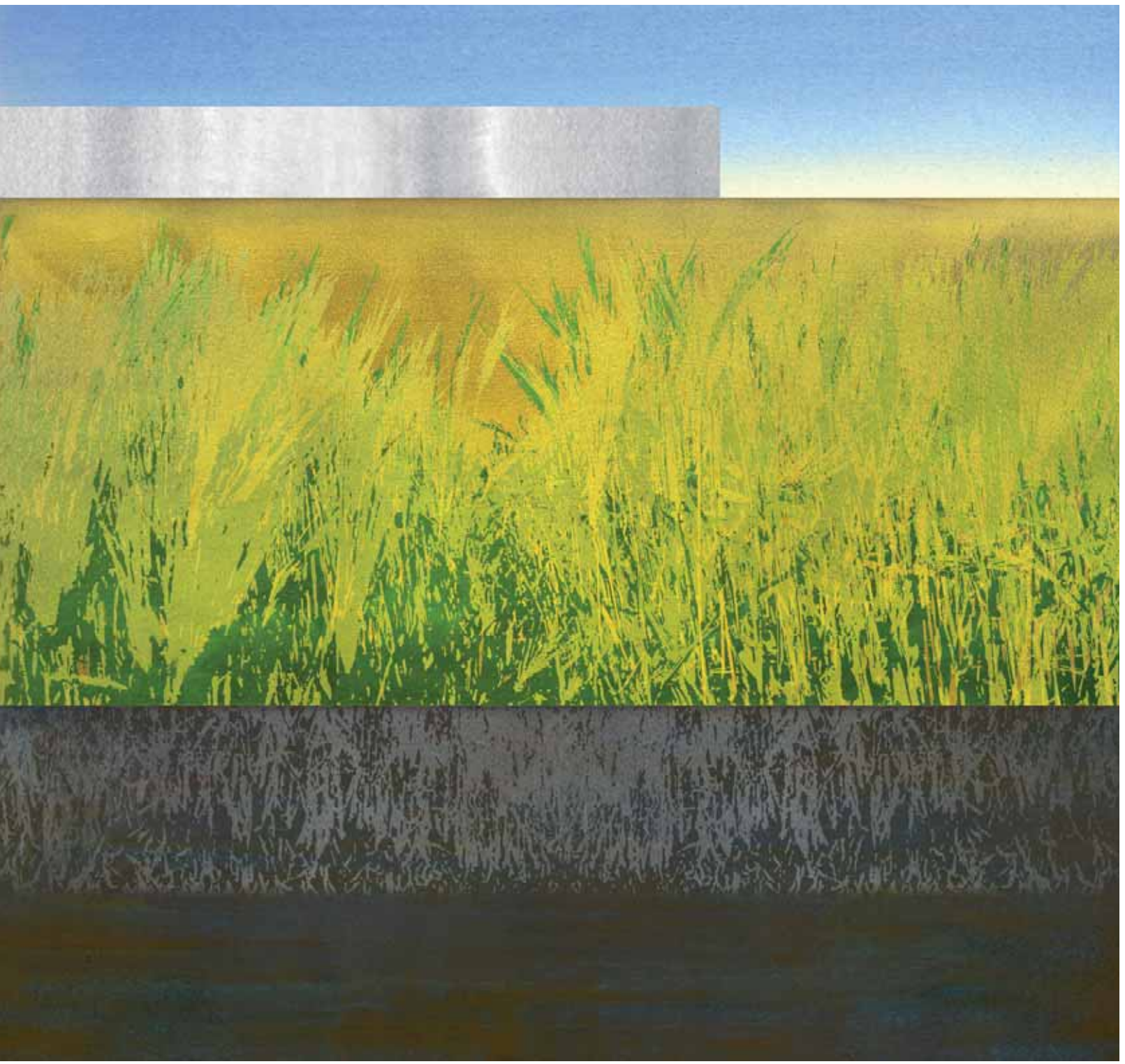
2015
Année internationale des sols

Richesses du sol



Ressource sol
Programme national de recherche PNR 68

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Table des matières

Le sol : un monde fascinant 2

Un univers sous nos pieds 6

Les fonctions du sol 10

- Pour une bonne récolte, il faut un sol fertile 12
- Dans le sol, un recyclage efficace 14
- Protéger le climat en protégeant les sols 16
- Le sol fournit de l'eau potable propre 18
- Le sol protège contre les inondations 20
- Les sols sont des archives 22

Préserver une ressource naturelle vitale 24

Impressum

Editeurs
Programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68)
Office fédéral de l'environnement (OFEV)
Office fédéral de l'agriculture (OFAG)
Office fédéral du développement territorial (ARE)

Direction du projet
Urs Steiger, Ruedi Stähli

Conception
Gregor Klaus, Urs Steiger

Texte
Gregor Klaus

Accompagnement
Emmanuel Frossard, président du comité de direction du PNR 68
Roland von Arx, chef de la section Sols, OFEV
Pascal Walther, coordinateur du PNR 68, Fonds national suisse

Traduction
Michel Curchod, Lausanne
Clémence Salomé, Rheinfelden
Elena Havlicek, section Sols, OFEV

Correction
Andreas Vonmoos, terminus, Luzern

Mise en page
Kurt Brunner

Illustrations
Nils Nova, Lucerne

Photos
P. 2: Doris Seebacher, A-Pitten ;
P. 4: Gregor Klaus, Rothenfluh ;
P. 5: Achim Ott, Rhäzüns ;
P. 6: Eye of science, D-Reutlingen ;
P. 9: haut Jan Jansa/milieu Eckard Voelcker, www.penard.de/ ; bas Christoph Keel, Zürich ;
P. 11: Julie Phipps, Shutterstock ;
P. 13, 17: Agroscope-Gabriela Brändle, Urs Zihlmann, LANAT-Andreas Chervet ;
P. 15: G. Barron, European Atlas of Soil Biodiversity ;
P. 19: IWB, Christian Flierl, Basel ;
P. 21: haut Saibo, Wikimedia Commons ; bas Keystone/Alexandra Wey ;
P. 23: Archäologie und Museum Baselland ;
P. 27: Sabine Wunderlin

Commande de la version imprimée et téléchargement au format PDF
OFCL, Diffusion des publications fédérales, CH-3003 Berne
Tél. +41 (0)58 465 50 50
verkauf.zivil@bbl.admin.ch
Numéro de commande: 810.400.104f
www.bafu.admin.ch/ud-1090-f

Impression neutre en carbone et faible en COV sur papier recyclé

Cette publication est également disponible en allemand, italien et anglais.

Brochure publiée à l'occasion de l'Année internationale des sols 2015, avec le soutien du Fonds national suisse de la recherche scientifique et de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Avant-propos

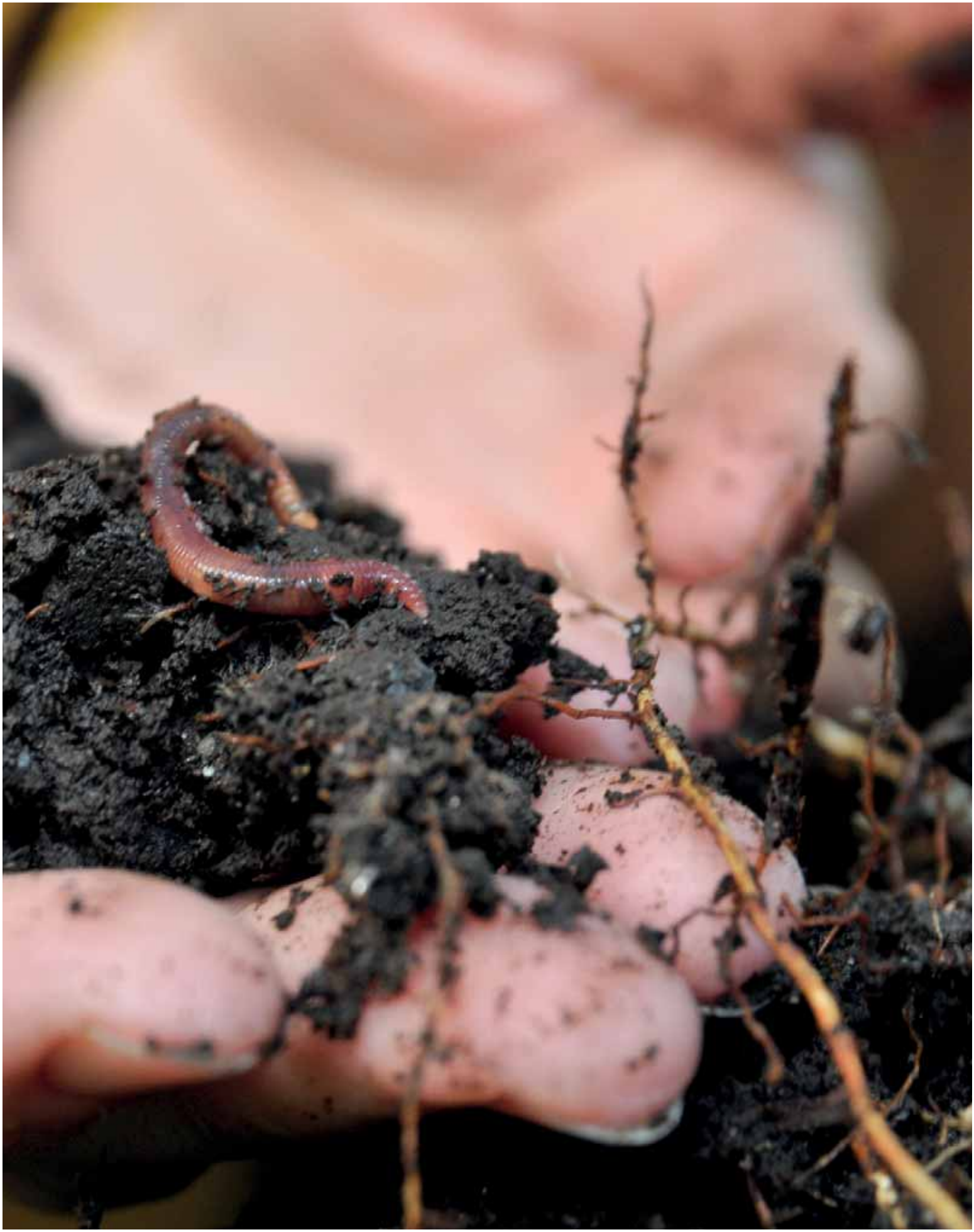
Le sol est beaucoup plus que du terrain à bâtir « idéalement situé » ou que des pâturages et des surfaces agricoles. Il est un espace vital. Mais notre regard sur le sol est souvent superficiel – au sens littéral du terme. Il vaut la peine de regarder sous cette surface. L'importance du sol pour la vie sur Terre est sous-estimée. Un sol sain constitue notre base existentielle principale.

L'univers situé entre la couverture végétale et la roche est l'élément de liaison indispensable entre l'atmosphère et les nappes phréatiques. Cette interface centrale pour tous les flux de matières et d'énergie importants sur Terre remplit de nombreuses fonctions économiques et écologiques : le sol est la base de la production alimentaire, il abrite d'innombrables organismes, il filtre et stocke l'eau, il emmagasine le carbone. Dans chaque poignée de sol, des milliards d'êtres vivants décomposent les restes végétaux en leurs éléments de base et les rendent disponibles comme nutriments pour les nouvelles plantes.

Notre sol mérite donc plus d'attention. Il est nécessaire de mieux le comprendre, justement en Suisse où il est limité. Nous saluons donc le fait que les scientifiques et l'administration fédérale (Office fédéral de l'environnement, Office fédéral de l'agriculture, Office fédéral du développement territorial) rendent accessibles, par la présente brochure, le phénomène que représente le sol et les prestations indispensables que celui-ci fournit aux êtres humains. Qui se doute qu'à chaque coup de bêche plusieurs siècles d'évolution se déposent sur la lame ? Qui est conscient que le sol garantit l'espace vital et économique suisse ? Prenons donc soin du sol, base de toute vie. Cultivons notre sol. Veillons à nos terres cultivables. Car notre qualité de vie dépend directement de la qualité et de la quantité des sols. Gardons les pieds sur terre !

Doris Leuthard, conseillère fédérale

Johann N. Schneider-Ammann, conseiller fédéral



Le sol : un monde fascinant

Il est rare que le regard puisse plonger dans le monde fascinant dissimulé sous nos pieds. Le plus souvent, c'est le cas lorsque les pelles mécaniques décapent le sol sur les chantiers : le monde tridimensionnel du sol devient alors visible et tangible dans les fouilles. Il vaut la peine de descendre dans la fosse la plus proche et de s'arrêter devant la paroi excavée. On y découvre une succession de couches de terre de couleurs variées et des traces de racines. Des galeries d'animaux fouisseurs s'étirent comme des veines à travers la terre. On a l'impression de se trouver dans un monde étrange – un monde très ancien.

La roche devient de la terre

Il y a environ 10 000 ans, à la fin de la dernière glaciation, les vastes régions de la Suisse étaient dépourvues de sols. Les glaciers avaient décapé les sols anciens et, en se retirant, avaient abandonné derrière eux leur moraine ou des roches nues. Puis, le soleil, la pluie, le gel et les organismes du sol ont amorcé l'altération et la transformation chimique et mécanique de ces matériaux minéraux. Les nouveaux sols ont pu commencer à se former et les plantes ont pu prospérer.

La roche s'est de plus en plus désagrégée en terre meuble. La surface s'est enrichie en matière organique et les particules minérales issues de l'altération ont été transférées en profondeur avec l'eau d'infiltration. C'est ainsi que s'est formée au cours des millénaires la succession typique des couches de sol superposées, avec une couche supérieure riche en humus, une couche intermédiaire composée de particules minérales fortement altérées et enrichie de fractions lessivées de la couche supérieure, et enfin, en profondeur, la couche inférieure où la dégradation de la roche-mère débute à peine.

Le sol a de nombreux visages

Aujourd'hui, la Suisse possède des sols très variés – au gré des types de roche-mère, du relief, du climat ou de la teneur en eau – qui ont débuté leur formation dès la fin de la dernière glaciation. On peut observer des sols profonds ou très minces, acides ou alcalins, riches ou pauvres en nutriments, humides ou secs, sableux ou argileux, ainsi que tous les états possibles entre ces extrêmes. Les couleurs des différentes couches varient du rouge au bleu, en passant par le brun et le jaune.

Les conditions humides et chaudes sont optimales pour la formation des sols. Dans ces conditions, l'activité des organismes du sol atteint son maximum et l'altération se propage rapidement dans la roche. Les sols du Plateau suisse, profonds d'un à deux mètres, sont la plupart du temps nettement plus épais que les sols des Alpes, qui ne mesurent souvent que quelques centimètres.

Tant que le sol est soumis à l'influence du rayonnement solaire, des changements saisonniers de température et de l'eau et qu'il est peuplé d'organismes, son développement se poursuit. Ce sol, que l'on croit calme et immobile, est le siège d'une activité intense et incessante : l'humus se forme ou se minéralise, l'eau d'infiltration dissout et déplace des substances, de l'argile et des particules du sol sont transférées en profondeur, le fer s'oxyde et colore de nombreux sols d'une teinte brun-rouge typique.

L'infinie évolution des sols

Altération physique et chimique — Colonisation biologique

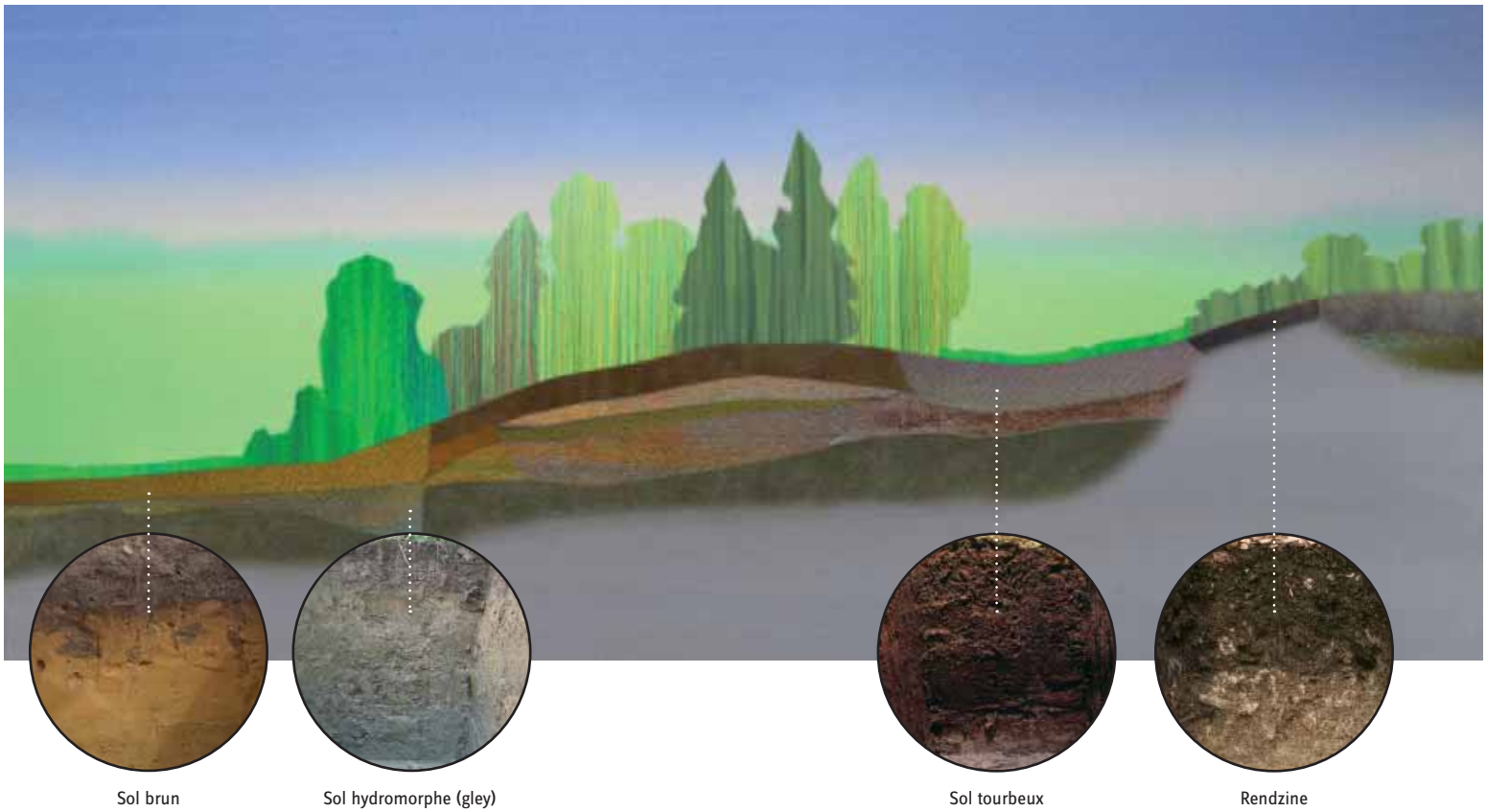
Roche — **Evolution progressive** — **Sol**

Au cours des millénaires, une roche inerte devient un espace vital appelé sol. Le rayonnement solaire, la pluie, le gel et les organismes du sol désagrègent la roche solide ou les moraines laissées par des glaciers. Approximativement, un centimètre de sol se forme en 100 ans.

Dans les régions alpines dont les glaciers se sont retirés plus récemment, on peut encore aujourd'hui observer les premiers stades de la formation des sols.

Les fouilles de chantier révèlent la succession des couches du sol de couleurs variées.

L'extraordinaire variété des sols



Sol brun | Sol hydromorphe (gley) | Sol tourbeux | Rendzine

Selon la région, les sols peuvent présenter des aspects très variables : le type de roche, la pente, le climat local ou le régime hydrologique se combinent et définissent pour chaque endroit des conditions de formation des sols bien distincts.

Un habitant étrange de la couche de feuilles, du sol et des mousses : le tardigrade

Un univers sous nos pieds

Lors d'une promenade en forêt, nous en savourons la tranquillité. Nous ne remarquons guère que la vie prolifère sous nos pieds : pourtant, c'est le moteur de notre propre existence qui est à l'œuvre ci-dessous. Car c'est grâce aux organismes du sol, le plus souvent minuscules, que la vie se maintient à la surface de la Terre.

Un habitat démesuré

Le sol est un paysage souterrain composé de différentes couches. Même s'il nous semble être une masse compacte, de nombreux espaces entre ses éléments solides hébergent la profusion d'organismes qui font tourner l'« usine souterraine de la vie ». Usuellement, la moitié du volume du sol est constituée de vide : des pores de tailles variables, dont la plupart sont microscopiques.

Les particules solides du sol s'agrègent en une structure microscopique qui, dans la couche supérieure, est le plus souvent formée de minéral et d'humus. Les interstices – les pores du sol – sont alternativement remplis d'eau ou d'air et constituent l'espace de vie des organismes souterrains, des racines de plantes et des champignons. Cet espace vital a des dimensions insoupçonnées : la surface habitable totale d'une poignée de terre argileuse s'élève à plus d'un kilomètre carré et elle est peuplée par plusieurs milliards de microorganismes. Ainsi, chaque petite motte de terre représente pour ces habitants du sol un paysage presque infini.

Une diversité étourdissante

Seule une fraction des espèces qui vivent dans le sol est connue de la science. « Nous en savons plus sur le mouvement des corps célestes que sur le sol qui est sous nos pieds », constatait déjà Léonard de Vinci il y a plus de 500 ans. La situation n'a guère changé à ce jour, même s'il est établi que le nombre d'organismes présents dans une poignée de terre est supérieur à celui d'êtres humains sur Terre. Dans un gramme de sol, on a pu identifier jusqu'à 50 000 espèces de bactéries et mesurer jusqu'à 200 mètres de filaments mycéliens. Le poids de l'ensemble des organismes qui vivent dans les différentes couches d'un hectare de sol peut atteindre 15 tonnes, ce qui correspond au poids d'une vingtaine de vaches. A titre de comparaison : l'herbe d'un hectare de prairie en plaine nourrit à peine deux vaches.

Grâce à tous ses organismes, le sol représente aussi pour l'être humain une gigantesque « pharmacie » qui n'est que partiellement explorée. En 1928, Alexander Fleming a découvert l'effet bactéricide du premier antibiotique, la pénicilline, une substance qui est sécrétée par un champignon du sol. Depuis lors, les chercheurs ont prélevé d'innombrables échantillons dans les sols du monde entier à la recherche de nouveaux antibiotiques. Ils ont ainsi découvert de nombreux principes actifs, parmi lesquels presque tous ceux qui ont acquis une importance thérapeutique à ce jour. Le potentiel pour d'autres médicaments reste considérable et continue à être exploité.

Une vie trépidante

Les photographies des organismes du sol montrent de façon saisissante combien ceux-ci peuvent être variés, captivants et magnifiques. Le sol déborde de vie : une vie bien organisée. Comme dans les communautés biologiques vivant en surface, les organismes du sol se structurent en un réseau complexe de relations où l'on trouve des herbivores et des carnivores, mais aussi des charognards et des omnivores.

Il existe une relation particulière entre la racine végétale (jaune) et le champignon mycorhizien (vert). La plante approvisionne le champignon en sucre, le champignon fournit des nutriments, forme autour des racines un manteau qui les protège des agents pathogènes et des polluants, améliore l'absorption d'eau et rend ses partenaires plus résistants à la sécheresse.

Les amibes sont des organismes unicellulaires voraces, qui entourent leur proie avec leurs pseudopodes. Elles ont un rôle de prédateur dans le sol : les amibes influencent le développement de la microfaune et contribuent à l'équilibre écologique souterrain.

Dans le sol, le travail d'équipe est la règle. A titre d'exemple, un groupe de végétaux, les légumineuses (dont le trèfle ou le haricot), a conclu un partenariat étroit avec des bactéries du sol. Ces dernières sont capables de prélever et transformer l'azote de l'air et de le mettre à disposition des plantes sous une forme que ces dernières sont capables d'absorber ; en contrepartie, les plantes approvisionnent les bactéries en sucres élaborés par leur soin.

L'interdépendance étroite entre racines et champignons est encore beaucoup plus répandue. Plus de 80 pour cent des espèces végétales entretiennent une association symbiotique avec des champignons, appelée mycorhize. Les filaments souterrains (mycélium) du champignon mycorhizien se développent autour ou même dans les racines fines des végétaux, puis se propagent dans un volume considérable du sol. En prolongeant de cette façon le système racinaire de la plante, ils accroissent sa surface de contact avec le sol et augmentent ses chances de prélever des éléments nutritifs. Dans cette association à bénéfice mutuel, le champignon ravitaille la plante en eau et en nutriments, et reçoit des sucres en échange. Avantage supplémentaire, le dense entrelacs de filaments mycéliens qui entoure les racines les protège des polluants et des agents pathogènes.

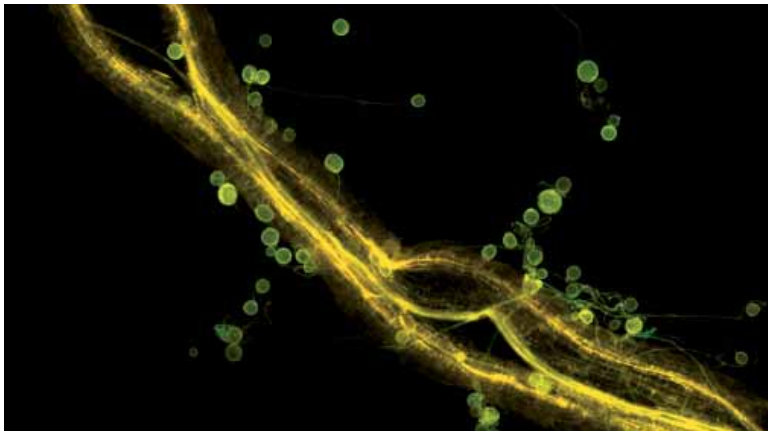
L'énergie nécessaire pour faire fonctionner ce milieu souterrain est fourni par les végétaux. Leurs sécrétions racinaires, leurs feuilles, leurs tiges et branches mortes sont le « carburant » qui est récupéré par les nombreux herbivores du sol, qui vont le consommer avant d'être eux-mêmes consommés par leurs propres prédateurs.

Les lombrics jouent un rôle particulier dans les sols et, en raison de leur mode de vie, peuvent être considérés comme de véritables « ingénieurs » du sol. Ils se nourrissent de matériel végétal mort qu'ils viennent prélever à la surface. Puis, en creusant les galeries pour retourner dans les couches profondes du sol, ils ingèrent également la terre, agrègent le minéral et l'organique dans leur appareil digestif et forment ainsi la structure même du sol, ce qui le rend moins vulnérable à l'érosion. En outre, les galeries des vers de terre ameublissent et aèrent le sol, facilitent la croissance des racines de plantes et permettent l'écoulement rapide des eaux de pluie : à eux seuls, les vers de terre peuvent déplacer jusqu'à douze kilos de terre par an et par mètre cube de sol.

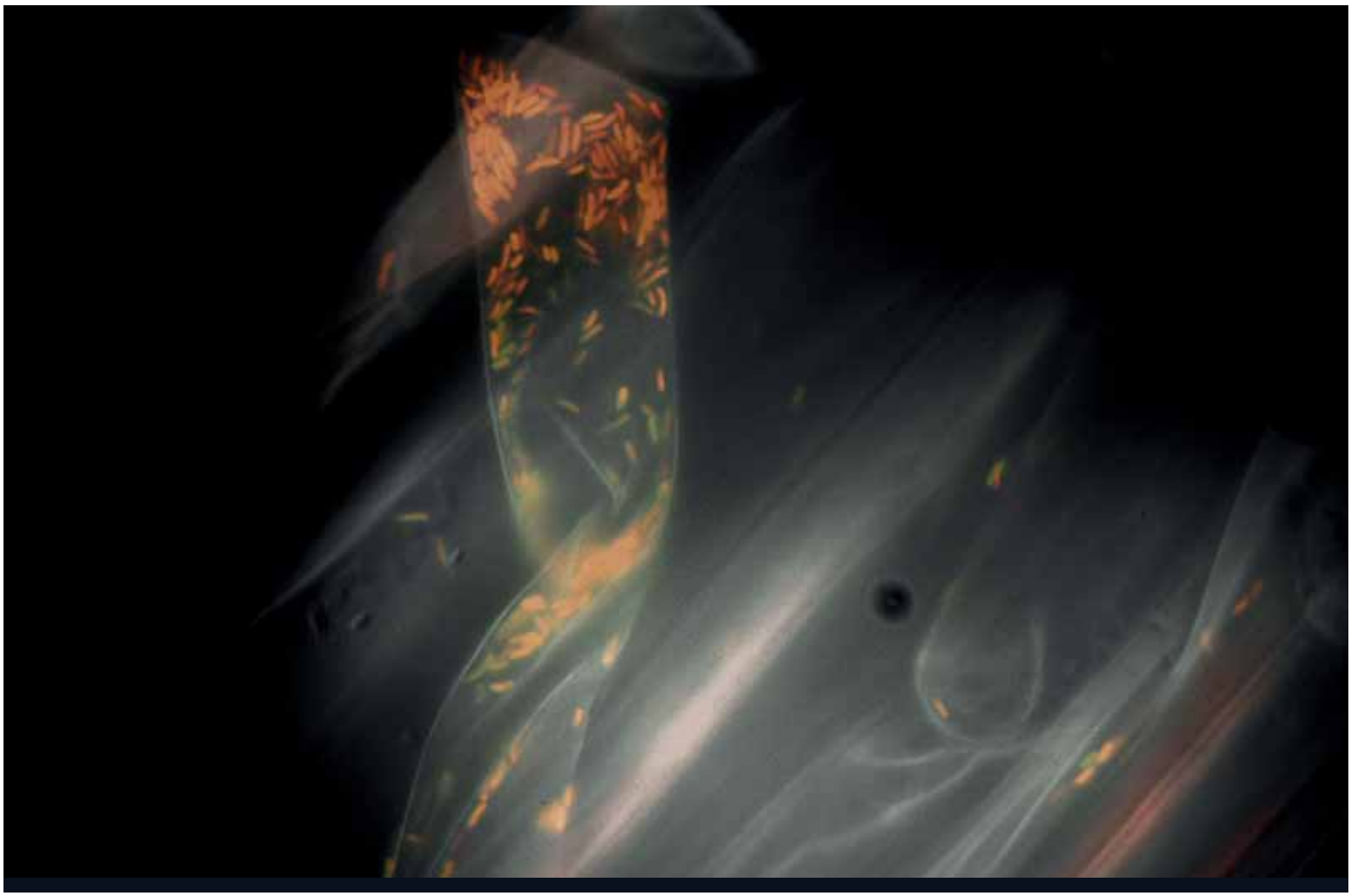
En définitive, les plantes qui prospèrent à la surface des sols dépendent en grande partie des organismes qui vivent dessous – et vice versa. Sur une surface de la taille d'un terrain de football, les organismes du sol peuvent absorber et décomposer jusqu'à 25 tonnes par an de matériel végétal et d'animaux morts ; sans leur incessante activité, sur nos prés et dans nos forêts, un colossal tas de compost se serait progressivement accumulé jusqu'au ciel.

Un humus inestimable

Les organismes du sol fournissent un travail irremplaçable et incessant, en décomposant la matière organique morte et en la transformant en une substance stable : l'humus. Sans ce précieux humus, le sol ne serait guère plus qu'un bac à sable surdimensionné. Lentement minéralisée par les bactéries et les champignons, cette substance organique constitue une réserve à long terme de nutriments pour les plantes. L'humus retient aussi l'eau et stabilise le carbone ; il fixe également les polluants. Il joue sans conteste un rôle central dans le cycle des éléments nutritifs, de l'eau et du carbone, ce dont bénéficient les écosystèmes dans leur ensemble. En outre, en retenant les polluants, il assure la décontamination de l'eau et de l'air.



Des bactéries du genre Pseudomonas protègent une racine de blé contre les organismes nuisibles. Elles produisent un cocktail de substances toxiques pour les champignons pathogènes, et même pour les insectes. En récompense, ces minuscules auxiliaires reçoivent environ 10 pour cent de l'énergie produite par la plante.



Les fonctions du sol

Un sol sain remplit de nombreuses fonctions et contribue à maintenir la Terre habitable pour l'être humain. C'est tout d'abord la surface sur laquelle nous marchons, sur laquelle sont construits les bâtiments, les routes et les voies ferrées. C'est aussi le sol qui confère au paysage ses formes douces et arrondies.

Certainement, la production alimentaire et fourragère, ainsi que celle du bois, sont le lien le plus évident entre l'être humain et le sol. Les autres fonctions, décrites dans les chapitres suivants, ne sont pas toujours directement perceptibles. Toutefois, la majeure partie des fonctions du sol résultent de sa capacité à maintenir et à réguler des cycles de matières et d'énergie entre l'atmosphère, les nappes phréatiques et la couverture végétale : le sol stocke des nutriments et les met à la disposition des plantes, il régule le climat, il filtre l'eau, il protège contre les inondations et il perpétue les témoins de l'histoire naturelle et culturelle de l'humanité. Et c'est la vie du sol qui est le moteur principal de ses fonctions multiples et irremplaçables dans l'équilibre naturel.

Les talents multiples du sol

Le sol …

- … contient des matières premières (par ex. gravier, eau) (p. 18)
- … stocke du carbone (p. 16)
- … archive l'histoire naturelle et culturelle (p. 22)
- … fournit les aliments (p. 12)
- … stocke des éléments nutritifs (p. 14)
- … filtre l'eau (p. 18)
- … permet la croissance des plantes (p. 12)
- … est l'espace vital des organismes du sol (p. 7)
- … sert de fondations aux bâtiments et aux routes (support)
- … offre des principes actifs pour les médicaments (p. 17)
- … emmagasine l'eau (protection contre les crues, réservoir d'eau pour les plantes) (p. 20)

A la sortie de l'hiver, le sol montre ce qu'il a dans le ventre : chaque année, les paysans suisses tirent par exemple du sol 500 000 tonnes de patates, livrent environ 50 000 tonnes de colza aux huileries, cultivent plus de 160 000 hectares de céréales panifiables ou fourragères et récoltent plusieurs centaines de milliers de tonnes de légumes frais. Un sol fertile et en bon état est donc l'élément clé d'une production agricole durable.

Les fonctions du sol

Pour une bonne récolte, il faut un sol fertile

De nombreux sols du Plateau suisse sont des sols très fertiles et très productifs. Nous le devons à un climat tempéré, à des pluies suffisantes et à des conditions-cadres économiques propices à la production et à la distribution de ces produits. La Suisse aussi porte une responsabilité particulière dans le maintien de cette ressource naturelle.

Sur la surface de la Suisse, 35 pour cent des sols peuvent être exploités comme champs, prés ou pâturages ; une surface de 10 pour cent correspond à des régions d'économie alpestre et permet également la production de denrées alimentaires comme la viande ou le lait. Les sols du reste de la surface se trouvent sur des pentes trop raides, ou ils sont trop humides ou trop secs, ou encore trop peu profonds ou trop pauvres en nutriments pour une utilisation agricole ; ils possèdent néanmoins une valeur naturelle irremplaçable.

Une ressource limitée

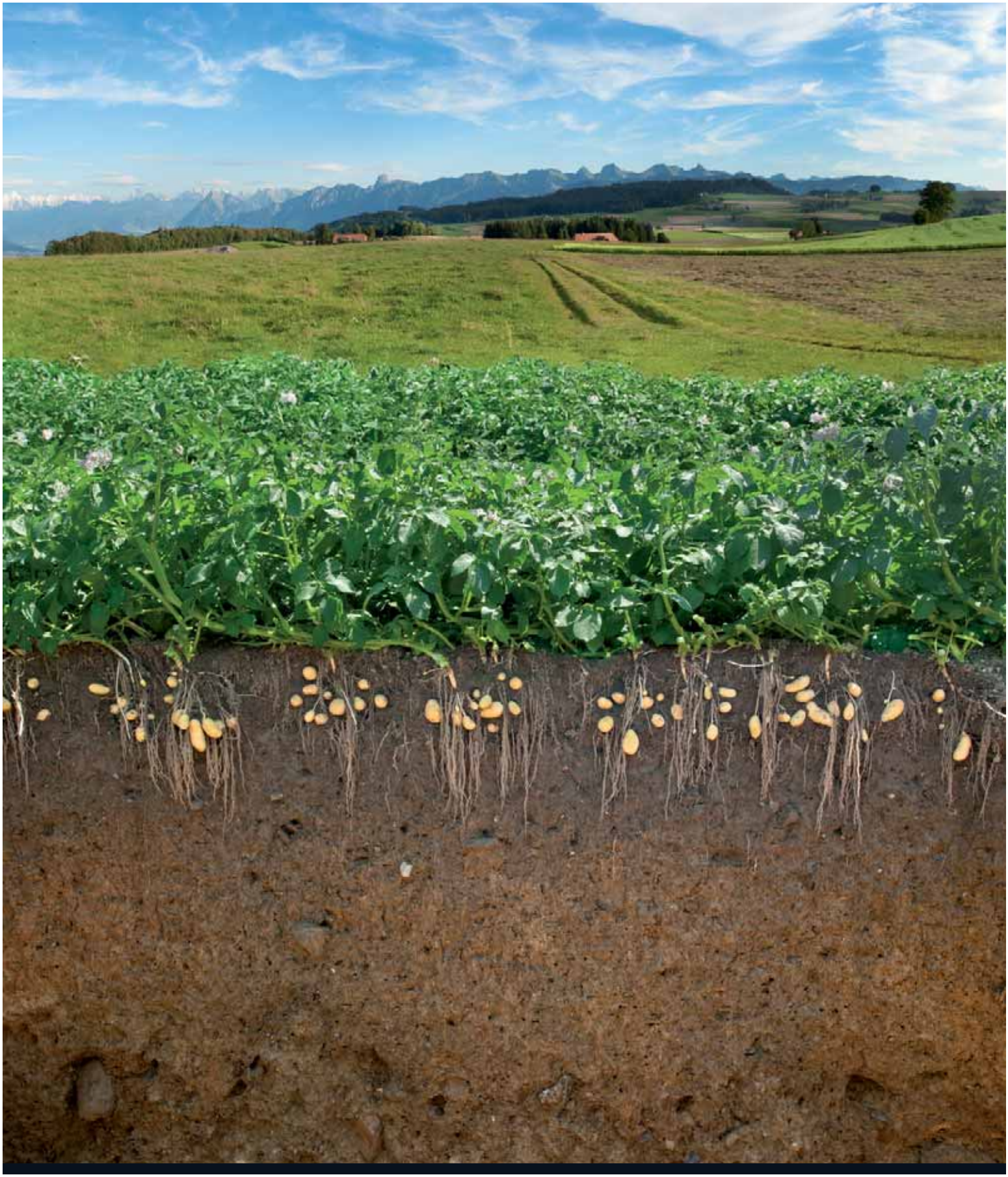
Aujourd'hui, 1400 mètres carrés de terres arables sont nécessaires pour nourrir une personne ; un hectare de terre peut donc faire vivre au maximum sept personnes. Dans le monde, cette surface nourrit actuellement en moyenne sept personnes et, selon les estimations, la limite de sept personnes pourrait déjà être atteinte en 2050. Il est donc crucial de préserver les sols et aucun mètre carré ne devrait être gaspillé !

Lorsqu'un sol est affecté à la construction, il est définitivement perdu pour l'agriculture. Dans les pays industrialisés, l'agriculture intensive, qui a assuré un accroissement rapide des rendements, a parallèlement mené à la dégradation ou la disparition de certains types de sols. Leur utilisation durable et adaptée à leurs conditions locales est devenue malaisée. Simultanément, le sol en tant que milieu vivant et fonctionnel s'est estompé dans la conscience des gens. Qui aujourd'hui, en consommant une glace sur une terrasse estivale, réalise qu'elle est issue de la chaîne de production « sol-herbe-vache-lait-glace » ou encore qu'elle participe au cycle « sol-herbe-vache-fumier-sol » ?

Une utilisation durable

Pour maintenir la fertilité naturelle du sol de manière pérenne, l'exploitation agricole doit être adaptée aux conditions locales et, surtout, préserver et favoriser la vie du sol. Des machines trop lourdes et une utilisation excessive d'engrais minéraux, de lisier et de pesticides nuisent à la structure poreuse et aérée des sols et aux organismes qui y vivent. La conservation des sols à long terme implique inéluctablement une exploitation durable.

En forêt également, un sol sain est la condition première pour une exploitation durable. Outre la croissance des arbres, un sol forestier aux fonctions intactes garantit la protection contre les crues et le stockage de carbone. Dès lors, circuler sur les sols avec des engins forestiers lourds et planter des essences exotiques peut s'avérer problématique. Des mesures simples, comme la restitution des branches et des résidus de bois, contribuent au développement et au maintien de la couche d'humus forestier.



Le paysan récolte quatre kilos de pommes de terre par mètre carré et par an sur les terres fertiles du Plateau suisse. A l'arrière-plan : le Niesen et la chaîne du Stockhorn. La genèse de ce sol situé près de Zimmerwald (BE) a commencé il y a environ 10 000 ans. Le glacier de l'Aar a laissé derrière lui une épaisse couche de moraine riche en calcaire. Un sol fertile s'est développé dans les 120 premiers centimètres. Les patates poussent dans l'épaisse couche supérieure, riche en humus.

Pour leur croissance, les plantes ont besoin d'éléments nutritifs comme l'azote, le phosphore, le potassium, le magnésium ou encore le calcium ; des oligoéléments comme le molybdène et le bore sont tout aussi indispensables. Tous ces éléments se trouvent, sous forme dissoute, dans l'eau des pores du sol, où les plantes peuvent les absorber. Le renouvellement des nutriments est assuré par les organismes du sol : ils décomposent et minéralisent les résidus végétaux et, grâce à ce recyclage continu, approvisionnent gratuitement les plantes en éléments nutritifs.

Le champignon Drechslerella anchonia *(filament blanc fin) capture un nématode grâce à ses anneaux. Les images de cet étrange type de chasse souterraine ont été prises au microscope électronique.*

Dans le sol, un recyclage efficace

Sans les organismes qui y vivent, le sol ne serait pas en mesure d'approvisionner durablement les plantes. Ces travailleurs assidus et infatigables du « bioréacteur » que constitue le sol, assurent un recyclage continu des nutriments concentrés dans le matériel végétal. L'altération de la roche-mère, qui s'opère en profondeur dans le sol, procure une deuxième source de ravitaillement en substances nutritives minérales. Les sols profonds et argileux du Plateau suisse, qui font partie de nos meilleures surfaces agricoles, bénéficient ainsi d'un approvisionnement naturel en minéraux particulièrement élevé.

Des sites de stockage temporaires

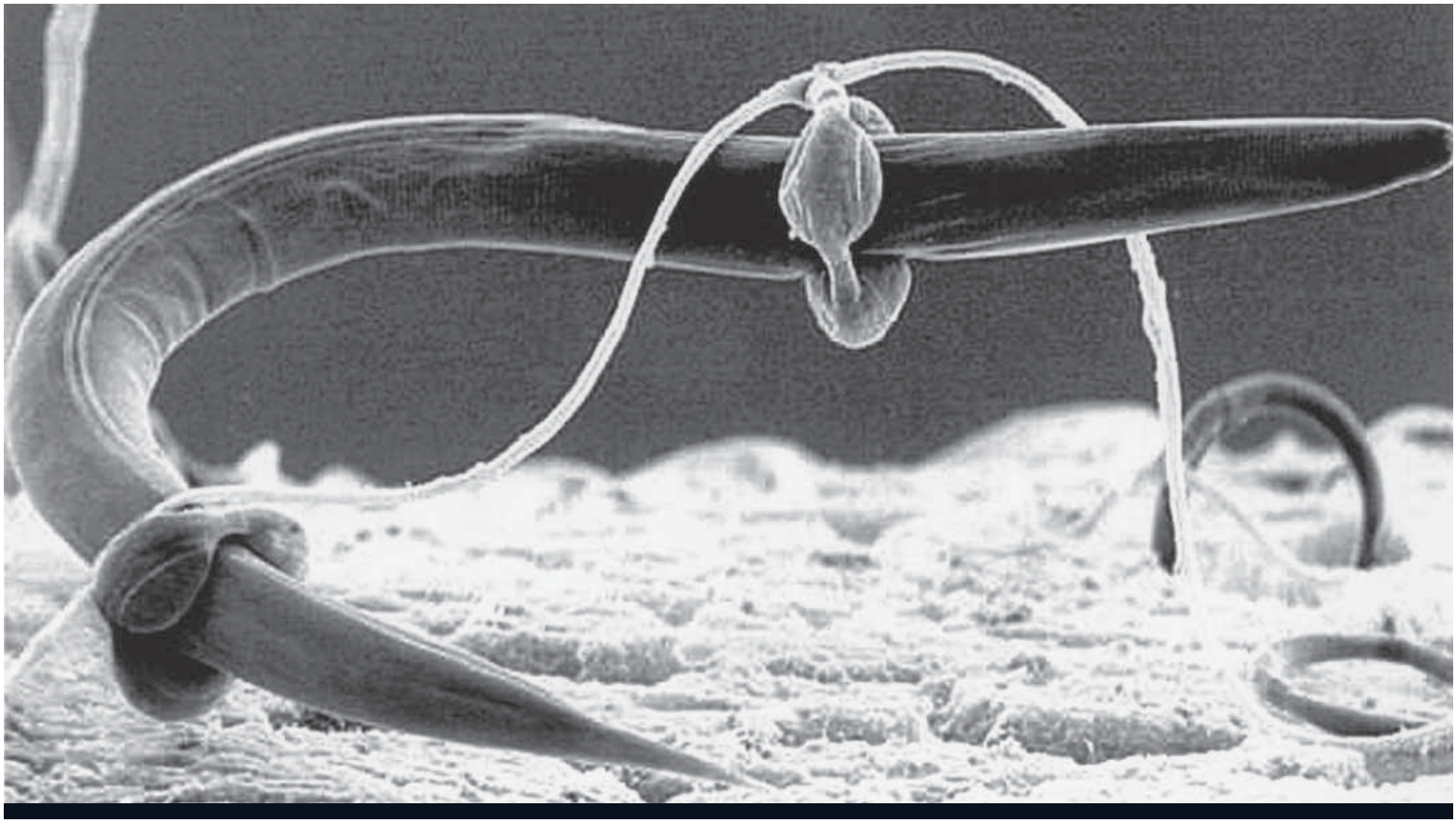
Au printemps, lorsque les organismes du sol reprennent leurs activités, la disponibilité, mais aussi la mobilité de nutriments augmente. Surgit alors le risque que l'eau de percolation les emporte en profondeur et les mette hors de portée des racines des plantes.

Heureusement, le sol dispose de sites de stockage temporaires grâce auxquels les nutriments sont retenus dans la zone racinaire, où les plantes peuvent les prélever. L'humus et d'autres particules du sol (surtout les argiles) retiennent fermement ces éléments nutritifs, et les libèrent progressivement, au gré des besoins des végétaux. Un autre type de « fixation biologique » est constitué par les organismes eux-mêmes. Les microorganismes assimilent aussi de nombreux éléments nutritifs dans leur corps ; après leur mort, ces derniers seront à nouveau libérés durant la décomposition et rendus disponibles pour les plantes. En fin de compte, ce sont ces processus biologiques et chimiques qui maintiennent le cycle continu d'immobilisation et de libération des éléments nutritifs dans les sols.

Des fuites dans le système

Néanmoins, il y a des fuites dans ce système, et avec chaque pomme de terre que le paysan récolte le sol perd inévitablement une certaine quantité d'éléments nutritifs. Pour préserver durablement la fertilité du sol, le cycle des nutriments doit être bouclé. Les Romains déjà étaient conscients, que pour préserver la fertilité, il fallait restituer au sol les éléments prélevés avec les récoltes. Autrefois, on luttait contre la menace de carence en laissant temporairement la terre en jachère ou en répandant le fumier. Pour combler les pertes, on applique aujourd'hui de grandes quantités d'engrais chimiques. L'homme peut ainsi « suralimenter » le sol. Si ce dernier reçoit plus d'engrais qu'il ne peut retenir, des pertes se produisent. Par exemple, l'apport trop élevé d'engrais chimiques azotés et de lisier a pour conséquence que le nitrate, qui se forme à partir de ces engrais, est entraîné par les eaux de pluies dans la nappe phréatique et compromet la qualité de l'eau potable. En Suisse, plus de 30 000 tonnes d'azote par an sont ainsi exportés des sols agricoles. Les conséquences sont considérables : les teneurs en nitrates des réserves d'eau souterraines dépassent nettement les valeurs limites à de nombreux endroits. Dans les régions de cultures intensives, c'est même une station sur deux qui dépasse les normes.

Un autre problème du cycle forcé de l'azote est la production du gaz hilarant, qui résulte de la décomposition des engrais azotés par les microorganismes dans le sol et qui s'échappe dans l'atmosphère. Ce composé est un puissant gaz à effet de serre, 298 fois plus actif que le dioxyde de carbone. Il est donc essentiel que le bilan de fumure soit équilibré, que l'apport de nutriments au sol soit limité à ce qui en est exporté par les récoltes.



Les nutriments circulent entre les plantes et le sol

1. Les résidus végétaux et les animaux morts se déposent sur le sol. L'agriculture répand sur le sol les déjections des animaux de ferme.

2. En le décomposant, les organismes du sol tirent parti du matériel organique.

3. Les éléments nutritifs minéraux deviennent disponibles pour les plantes ou sont stockés dans l'humus et sur des particules du sol.

4. Les plantes en surface peuvent pousser. Les animaux sauvages s'en nourrissent.

Le sol est un rouage essentiel dans les cycles climatiques. Toutefois, son importance n'est guère perçue dans l'opinion et dans les débats publics sur les changements climatiques. D'énormes quantités de carbone, lequel, sous sa forme de dioxyde de carbone (CO_2), compte au nombre des principaux responsables du changement climatique, sont stockées dans le sol. Après les océans et les combustibles fossiles comme le charbon, le pétrole et le gaz naturel, le sol est le troisième plus grand réservoir de carbone. L'ensemble des sols contient à peu près deux fois plus de carbone, sous forme d'humus, que l'atmosphère et trois fois plus que la végétation terrestre.

Les fonctions du sol

Protéger le climat en protégeant les sols

Des échanges constants de carbone ont lieu entre les plantes, le sol et l'atmosphère. Les plantes prélèvent du CO_2 de l'air et, en utilisant l'énergie solaire, construisent des feuilles, des troncs et des racines. Le carbone rallie le sol, essentiellement sous forme de résidus végétaux. Une partie de ce carbone regagne rapidement l'atmosphère lors de la décomposition primaire des végétaux par les organismes du sol. Le reste est transformé en une forme nettement plus stable : l'humus.

Un réservoir de carbone substantiel

La quantité de carbone stockée dans le sol dépend du type de sol, de sa température, de son humidité et de la quantité ainsi que de la nature des parties mortes des végétaux. Tout changement des conditions externes ou de l'utilisation du sol a des conséquences sur les échanges de carbone entre les plantes, le sol et l'atmosphère.

Lorsque des sols marécageux sont asséchés et utilisés pour l'agriculture, lorsqu'un pré est transformé en champ ou que des terres arables sont exploitées de façon trop intensive, la teneur en humus du sol diminue et sa minéralisation libère de grandes quantités de CO_2. A l'échelle mondiale, la transformation d'écosystèmes naturels en terres arables et en pâturages et la surexploitation du sol – jusqu'à la désertification – sont les causes principales des émissions de CO_2 par le sol. Pendant longtemps, ces processus ont même rejeté plus de carbone dans l'atmosphère que la combustion d'agents énergétiques fossiles.

Une mesure efficace et peu coûteuse

Il n'est pas aisé de corriger les dommages causés au sol par une utilisation intensive ou inadéquate et sa régénération demande du temps. C'est notamment le cas lorsque le sol a perdu une partie de son humus.

L'agriculture biologique et les systèmes de culture avec un travail réduit du sol ont des répercussions positives, notamment sur la teneur en humus du sol. La remise en eau d'anciens sols marécageux est également un mode efficace et surtout peu coûteux de protection du climat. Lorsque le marais régénéré revient à son état naturel après plusieurs années, le carbone peut de nouveau être stocké à très long terme dans le sol.

Le paysan qui cultive ce champ du Grand Marais, récolte quatre kilos de carottes par mètre carré. A l'origine, l'épaisseur de la couche de tourbe était de deux mètres. Avec l'assèchement du sol marécageux, l'oxygène a remplacé l'eau dans les pores du sol, ce qui a entraîné une explosion de l'activité des microorganismes et la minéralisation de la tourbe. D'énormes quantités de CO_2 ont ainsi été libérées dans l'atmosphère. Aujourd'hui, l'épaisseur de la couche riche en humus n'est plus que de 30 centimètres. La fertilité de ce sol est fortement menacée. Lorsque l'humus sera épuisé, le sol ne pourra plus être cultivé.

En tirant de l'eau fraîche et propre du robinet, toute personne devrait être reconnaissante au sol qui est le filtre par excellence situé entre les eaux de surface et les nappes phréatiques. En Suisse, l'eau potable provient à plus de 80 pour cent des nappes phréatiques. Mais c'est d'abord le sol qui en fait un élixir de vie en débarrassant l'eau pendant son infiltration des matières en suspension, des polluants et des agents pathogènes.

L'approvisionnement de Bâle en eau potable exploite activement depuis longtemps l'action épurative du sol et de la forêt. L'eau du Rhin prétraitée est amenée mécaniquement dans des zones inondables de la forêt pour qu'elle s'infiltre dans le sol, ce qui accroît la rentabilité de l'aquifère.

Le sol fournit de l'eau potable propre

L'approvisionnement de Bâle en eau potable est basé depuis longtemps sur l'action épurative du sol forestier. L'eau du Rhin, pompée et préfiltrée, est acheminée dans les zones inondables de la forêt. Là, elle s'infiltre dans le sol et, lorsque cette eau est récupérée, elle est devenue potable.

Un filtre efficace

60 000 mètres cubes d'eau sont pompés chaque jour dans le Rhin, préfiltrés et transférés dans la forêt alluviale Lange Erlen. Là, cette eau est alternativement déversée sur 14 zones inondables, qui sont délimitées les unes des autres par de petites digues et couvrent au total une surface d'environ 20 hectares. Chaque zone est inondée durant 10 jours ; l'eau percole à travers le sol forestier, qui se régénère ensuite au cours des 20 jours suivants. Pendant ce temps, les organismes du sol ne cessent de recréer de nouveaux pores qui s'étendent de la surface aux galets en profondeur. Ils sont responsables de la bonne capacité d'infiltration du sol.

Lorsque l'eau passe à travers, le sol retient presque toutes les matières organiques, les dégrade ou les incorpore dans sa structure. Il élimine les pesticides, les virus et les bactéries qui peuvent nuire à la santé humaine.

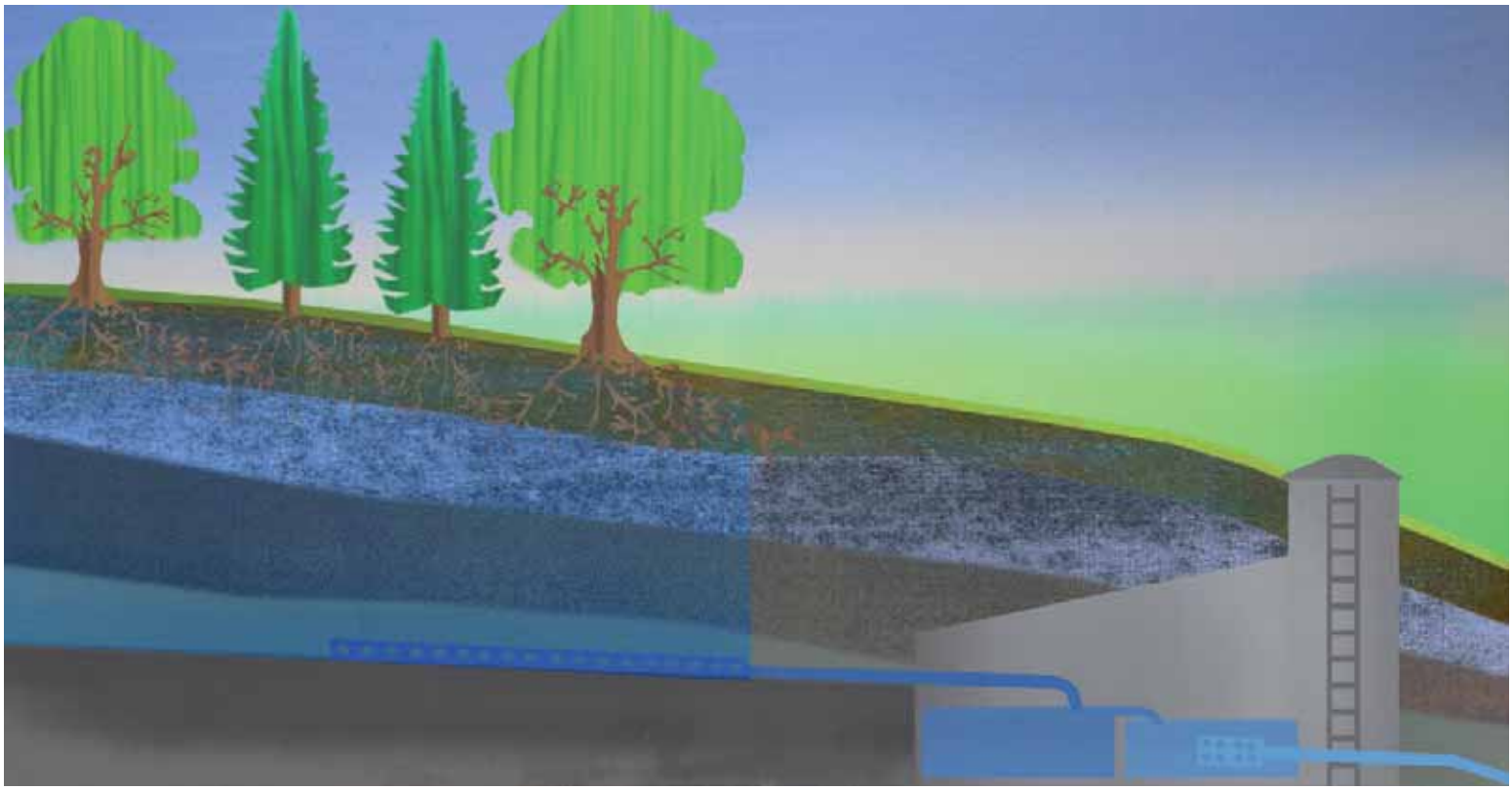
L'eau souterraine est ensuite captée dans plusieurs puits, soumise à un traitement chimique et physique dans une station de pompage et injectée dans le réseau bâlois d'eau potable. Ainsi, l'épuration par le sol améliore la rentabilité de l'aquifère.

Un système irremplaçable

L'ensemble des sols de Suisse constitue un filtre qui nécessite peu d'entretien. Il garantit une épuration excellente et efficace à long terme. Toutefois, c'est uniquement lorsque le sol est de bonne qualité que l'eau souterraine peut être utilisée comme eau potable, sans traitement coûteux. A Bâle, il assure même la transformation de l'eau du Rhin, non consommable, en une eau potable irréprochable – et cela avec un pilotage extrêmement simple de l'ensemble du système.

Les sols perturbés, imperméabilisés ou très pollués par des métaux lourds ou d'autres substances nocives ne peuvent remplir leur fonction d'épuration que dans une mesure limitée, voire pas du tout. Ce filtre naturel, qui s'est créé en plusieurs millénaires, ne se remplace pas aussi facilement que celui d'un aspirateur. Sa régénération nécessite des processus naturels pour retrouver sa pleine capacité fonctionnelle.

Filtration de l'eau par le sol forestier



Grâce à l'épuration par le sol et les écosystèmes, la Suisse dispose d'une eau potable en quantité suffisante et de qualité irréprochable. 38 pour cent de l'eau potable ne nécessitent aucun traitement et pour 33 pour cent un traitement en une seule étape est suffisant.

L'été 2014 est tombé à l'eau : le temps a été froid et très humide. Outre de violents orages, il y a eu de longues périodes de pluie : des conditions idéales pour les crues. Nous devons au sol, de loin le premier réceptacle des pluies, le fait que les dommages n'aient pas été encore plus importants. Le sol absorbe l'eau comme une fantastique éponge et la restitue lentement aux nappes phréatiques. Les sols forestiers retiennent très efficacement l'eau : un hectare de forêt de feuillus peut absorber jusqu'à deux millions de litres d'eau.

Le système de galeries des vers de terre est un réservoir d'eau essentiel et revêt donc une grande importance pour la protection contre les crues. 300 à 500 vers de terre, d'un poids total de 200 à 300 grammes, vivent sous un mètre carré de pré fertile, jusqu'à une profondeur de 1,5 mètre. La longueur des galeries qu'ils y ont aménagées peut atteindre 900 mètres.

L'imperméabilisation des sols est une cause de crues.

Les fonctions du sol

Le sol protège contre les inondations

L'eau qui arrive à la surface du sol ne s'écoule pas directement vers la nappe phréatique, elle s'infiltre lentement dans son réseau poral. Elle est retenue momentanément dans ces pores du sol grâce à la tension superficielle de l'eau.

La capacité d'un sol à stocker de l'eau dépend essentiellement de sa porosité et de sa profondeur. En général, le sol est composé de 30 à 60 pour cent de cavités de différentes tailles. Dans les sols tourbeux, ce chiffre peut même atteindre 90 pour cent. Si les pores sont grossiers, comme dans un sol sableux, l'eau s'écoule rapidement en profondeur. En revanche, les sols argileux, avec des pores fins, stockent plus d'eau et pendant plus longtemps.

Le sol est une éponge

La proportion de pores dépend du type de sol, mais également des racines des plantes et des organismes du sol. Les vers de terre notamment, avec leur réseau très ramifié de galeries qui infiltrent l'eau, sont des auxiliaires importants pour la protection contre les crues.

En cas de pluie, les petits pores se remplissent en premier. Si les précipitations sont persistantes, les pores grossiers et les galeries des vers de terre vont également se remplir. Ce n'est que lorsque ce réservoir est plein, que le surplus de pluie va ruisseler à la surface, s'écouler en direction des cours d'eau les plus proches et provoquer des crues.

Les volumes d'eau non infiltrés peuvent inonder les zones bâties, remplir les caves de boue, emporter les voitures et détruire les routes – c'est ce qui est arrivé en été 2014 dans la région du Napf et dans le canton de Saint-Gall. Les inondations ont provoqué des dégâts se chiffrant par millions.

Les sols offrant une bonne capacité à stocker l'eau ne sont pas seulement indispensables pour la protection contre les crues. Une partie de l'eau retenue dans le sol reste à la disposition des plantes, qui autrement se faneraient. Le blé, par exemple, a besoin de plusieurs centaines de litres d'eau puisées dans le sol pour produire un kilo de grains.

Le sol est sensible à la compaction

Le fait de circuler sur le sol avec des véhicules lourds compacte le sol en réduisant sa porosité. Et lorsque la capacité du sol à absorber l'eau est perturbée, voire même détruite, les fortes précipitations se déversent beaucoup plus rapidement dans les cours d'eau et provoquent des crues.

Lorsque la terre disparaît sous des routes ou des bâtiments, cette fonction d'infiltration est entravée. C'est de plus en plus fréquemment le cas : en Suisse, la surface d'habitat et d'infrastructure a augmenté de 584 kilomètres carrés entre 1985 et 2009, ce qui correspond à la taille du lac Léman. 60 pour cent de cette surface sont entièrement imperméabilisés, et le réservoir d'eau que forment les sols en Suisse ne cesse de rétrécir.

Une protection contre les crues efficace a donc besoin d'une gestion durable non seulement des sols cultivables et forestiers, mais aussi des sols des zones bâties. Des sols urbains fonctionnels peuvent soulager sensiblement les réseaux d'égouts et retenir les polluants.

Le sol se forme sur une durée extrêmement longue et il enregistre de nombreuses informations qui reflètent les conditions environnementales qui régnaient aux époques où ses différents horizons se sont constitués. Il dispose par conséquent d'une grande « mémoire » et les pédologues peuvent déchiffrer le sol comme un livre, même si parfois certaines pages sont illisibles.

Le trésor celte de Füllinsdorf (canton de Bâle-Campagne) : en 2012, 293 monnaies d'argent ont été découvertes dans le sol. En Suisse, c'est la plus importante trouvaille de monnaies celtes en métal précieux.

Ce moulin à grains a également été trouvé dans le sol de Bâle-Campagne, inséré dans le pavage d'une ferme.

Les fonctions du sol

Les sols sont des archives

Les sols anciens conservent des informations directes ou indirectes sur le climat et la végétation passés et enregistrent des témoignages d'anciennes catastrophes naturelles. Les sols marécageux sont des archives particulièrement importantes, car la décomposition de la matière organique y est bloquée, ce qui facilite la conservation dans les différentes couches de tourbe des pollens, des feuilles ou des graines d'espèces végétales, qui étaient autrefois répandues dans un paysage. Les espèces peuvent encore être déterminées après des millénaires permettant, par exemple, de reconstituer précisément la progression des différentes espèces d'arbres dans les diverses régions de Suisse après la dernière glaciation.

Des archives précieuses

Les carottes de forage des tourbières racontent aussi l'histoire de la pollution de l'air. La tourbe de l'Etang de la Gruère (Jura) contient deux couches à teneur accrue en plomb. Les Romains sont responsables de la contamination de la couche profonde. Ils ont utilisé ce métal mou à grande échelle pour les conduites d'eau, les récipients et d'autres objets. 2000 ans plus tard, l'humanité de l'ère automobile a utilisé de l'essence contenant du plomb ; celui-ci, libéré dans l'air, s'est déposé comme un voile sur le paysage et, encore aujourd'hui, il reste décelable dans le sol.

Un reflet des civilisations

Depuis l'âge de la pierre, l'humanité laisse dans le sol de multiples traces de son développement culturel. A partir de vestiges en apparence modestes tels qu'os, monnaies et outils, l'archéologie peut extraire du sol d'importantes connaissances sur les habitudes quotidiennes des habitants d'autrefois.

Le sol révèle en outre à quoi le paysage ressemblait autrefois, comment il a évolué et quel a été l'impact de l'homme. Il renseigne donc sur l'histoire du paysage, sur l'évolution de l'agriculture et des zones bâties : il est le reflet des différentes étapes des civilisations humaines. Pour ne pas perdre la « mémoire » des sols, leur fonction d'archives de l'histoire naturelle et culturelle doit également être prise en compte et préservée.

Préserver une ressource naturelle vitale

Le sol situé sous nos pieds est un assemblage remarquable de minéraux, d'humus, d'eau, d'air, d'animaux, de plantes, de champignons et de bactéries, qui interagissent et coopèrent de multiples façons. Le bien-être de la société est étroitement lié à cet univers : le sol remplit en effet de nombreuses fonctions écologiques et économiques.

Les différentes fonctions du sol ne sont pas exclusives ; un même sol peut cumuler divers services. Par exemple, un sol agricole fertile peut aussi être un filtre d'eau efficace. Néanmoins, certains types de sols possèdent des qualités qui les rendent plus aptes à fournir certaines des fonctions. Ainsi, les sols profonds et fertiles du Plateau suisse conviennent tout particulièrement à la production de denrées alimentaires ; toutefois, même si cette fonction doit être prioritaire, ces sols peuvent également filtrer l'eau potable ou stocker le carbone. Un autre exemple, les sols marécageux, outre leur fonction dans le maintien de la biodiversité, permettent également le stockage de carbone et d'eau.

Le monde perd ses sols

Dans notre pays, seul un petit nombre de personnes – particulièrement les agriculteurs – garde un contact direct avec le sol. La perte d'une relation quotidienne avec le sol engendre une certaine indifférence et, par manque de conscience, la gestion durable des sols est trop souvent négligée.

A l'échelle mondiale, 24 milliards de tonnes de terre par année sont entraînées par l'eau ou emportées par le vent. 168 Etats souffrent de l'érosion des sols et de la désertification. Simultanément, les bâtiments et les routes réclament toujours plus de précieuses terres cultivables. La perte des sols menace de manière de plus en plus aigüe la sécurité alimentaire mondiale.

Au cours des prochaines décennies, en raison de sa dégradation et de sa rareté croissante dans le monde, le sol pourrait devenir un bien très disputé. De nombreux pays industrialisés ou émergents acquièrent déjà aujourd'hui de vastes zones dans les pays en développement pour garantir leur propre sécurité alimentaire – souvent aux dépens des petits paysans locaux. En Suisse, les denrées alimentaires consommées ou leurs matières premières sont déjà aujourd'hui produites à 60 pour cent sur des sols étrangers.

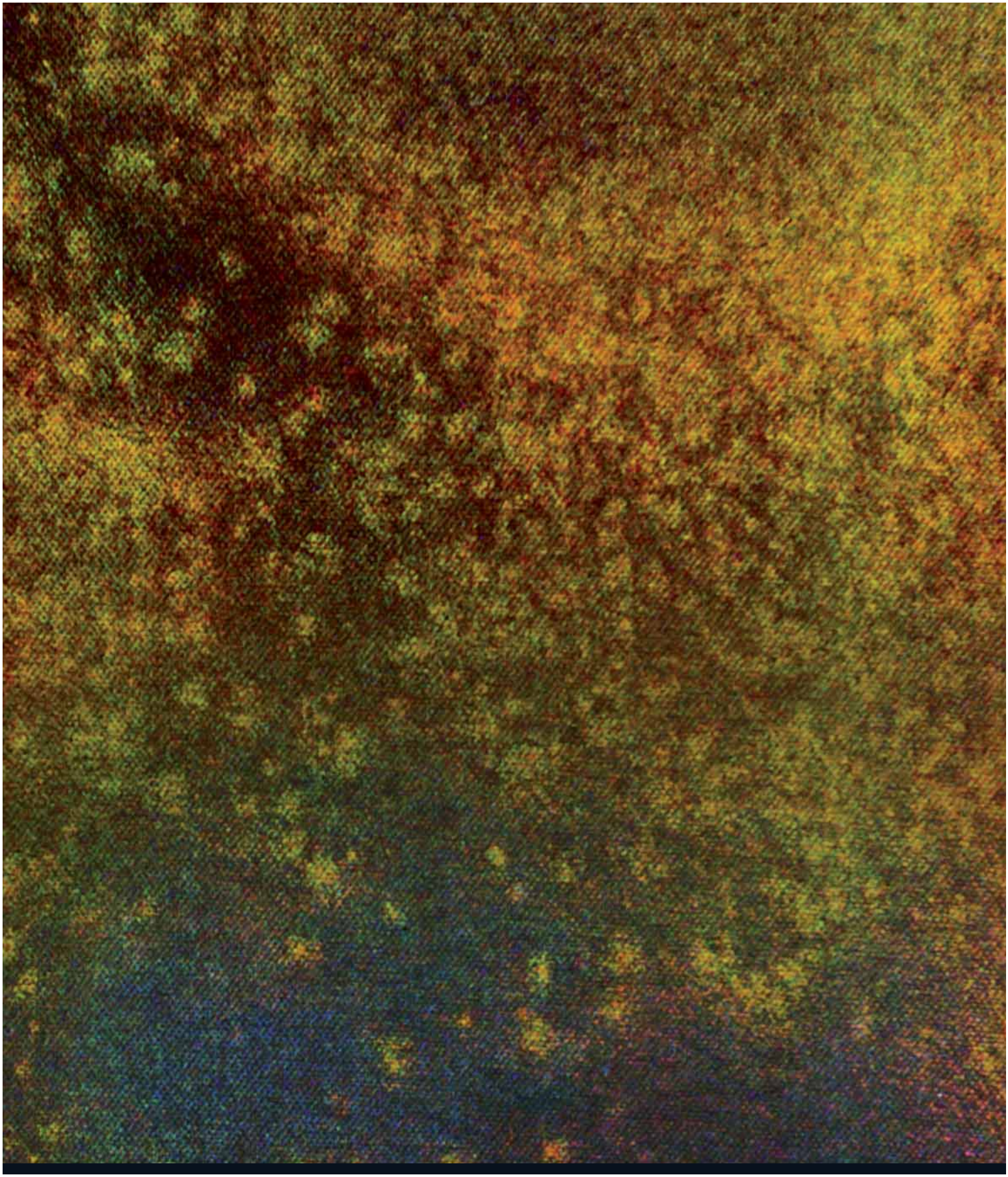
Dans le même temps, l'état des sols se détériore aussi dans notre pays. Et lorsqu'un sol est dégradé, c'est souvent l'ensemble de ses fonctions qui est affecté. Il est possible de distinguer plusieurs menaces.

Pertes de surface

Les zones bâties, avec leur proportion élevée de surfaces bétonnées ou asphaltées, réclament des surfaces de plus en plus grandes. Entre 1985 et 2009, près d'un mètre carré de terrain par seconde a été construit sur le Plateau suisse, ce qui correspond à :

- 15 mètres de route de quartier par minute ;
- 6 maisons individuelles par heure ;
- la surface du canton de Bâle-Ville par année.

16 pour cent de la surface du Plateau suisse se composent déjà d'aires de bâtiments, industrielles ou artisanales. La construction condamne toutes les fonctions naturelles du sol, dont la production alimentaire.



En Suisse, une surface croissante de sols disparaît chaque jour sous l'asphalte et le béton. Photos : la zone de l'actuelle autoroute A3 près d'Effingen (AG) en 1982 (haut) et aujourd'hui (bas)

S'il continue au même rythme, l'urbanisation du Plateau suissse aura des conséquences économiques, sociales et écologiques dramatiques.

Pertes de qualité

Différentes atteintes dégradent la qualité des sols à long terme et les empêchent de plus en plus de remplir ses fonctions :

■ Compaction : circuler sur le sol avec des machines lourdes (machines de chantier, tracteurs, semoirs ou récolteuses) comprime et détruit les pores du sol. Cette compression perturbe l'équilibre gazeux et hydrologique, et donc la vie du sol (sa fertilité diminue). Les sols compactés ne disposent plus que d'une capacité d'infiltration restreinte. L'eau ne peut y pénétrer et ruisselle à la surface, ce qui favorise l'érosion du sol et accroît le risque d'inondation.

■ Erosion : l'eau qui s'écoule en surface emporte surtout la terre fine, riche en éléments nutritifs et qui peut contenir des contaminants. L'érosion porte atteinte à de nombreuses fonctions du sol, notamment à sa capacité de stocker l'eau et à sa fertilité. Environ 40 pour cent des surfaces agricoles de Suisse sont considérées comme menacées par l'érosion, ce qui signifie que, sur un hectare, plus de deux tonnes de particules du sol peuvent être emportées chaque année. Au total, les champs suisses perdent chaque année plus de 800 000 tonnes de sols, ce qui correspond à un terrain de football couvert de 100 mètres d'épaisseur de terre. La terre emportée peut achever sa course dans le cours d'eau et y provoquer aussi des dommages écologiques considérables.

■ Apports en polluants : environ 10 pour cent des sols de Suisse présentent des taux de pollution variables, qui sont notamment l'héritage d'anciennes atteintes à l'environnement. Dans le sol des prés exploités de façon intensive, on observe par exemple des concentrations sans cesse croissantes de zinc et de cuivre, qui y parviennent avec le lisier ou par le biais des additifs destinés à l'alimentation animale.

■ Acidification : les transports, l'industrie, les ménages et l'agriculture émettent de grandes quantités de composés azotés et soufrés, qui retombent tôt ou tard avec la pluie et acidifient les sols. Cette acidification entraîne l'exportation des minéraux nutritifs et la mobilisation des polluants, avec le risque que ceux-ci polluent l'eau potable.

La protection des sols est une tâche qui incombe à l'ensemble de la société

La conservation des fonctions du sol à long terme est remise en question en Suisse, et dans le monde entier. Une fois dégradé, le sol ne peut être remis en état – pour autant que ce soit possible – qu'au prix d'importants efforts techniques et/ou financiers. Il n'est pas si simple de reproduire les succès obtenus par la protection de l'air et de l'eau dans le domaine de la protection du sol, parce que celui-ci a la « mémoire longue » et il ne se renouvelle qu'à très longue échéance.

La protection des sols doit jouer et jouera un rôle central dans le débat relatif à l'utilisation durable des ressources naturelles. Tous les domaines des activités humaines utilisent les sols ou leur portent atteinte, tout en bénéficiant simultanément de leurs fonctions ; la protection des sols est donc une tâche collective des élus, de l'administration, de l'économie, de l'aménagement du territoire,

des sciences et de chaque individu. Tout le monde doit en partager la responsabilité.

Garantir à long terme les fonctions des sols, parmi lesquelles leur capacité productive, est un objectif commun. A cet effet, il est indispensable de concilier l'utilisation des sols et la préservation de leurs fonctions. Il s'agit en même temps de minimiser leur compaction, leur érosion et leur pollution, de limiter leur imperméabilisation, et aussi de gérer avec discernement les sols décapés sur les chantiers.

Les sols fertiles ne se forment pas du jour au lendemain, plusieurs millénaires sont la plupart du temps nécessaires. Une seule pelle mécanique détruit en quelques minutes ces sols dont la genèse a demandé une éternité à l'échelle humaine. Les pertes de sol ne compromettent pas seulement notre qualité de vie, mais limitent aussi celle des générations futures.

Homo et humus

Une constatation éloquente : les deux mots latins *homo* et *humus* possèdent la même racine linguistique. L'un signifie « être humain », l'autre « terre ». Il y a longtemps déjà, nos ancêtres ont su percevoir le lien qui unit l'homme et le sol.

Notre civilisation à dominante technique nous a trop souvent éloignés d'une vie en contact direct avec le sol. Or notre bien-être dépend de sols sains, aujourd'hui tout autant qu'autrefois. Il faut donc redonner au sol la place qu'il mérite, car il possède des richesses inestimables que nous devons préserver.

Liens

Programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68)

Le PNR 68 élabore des bases scientifiques pour les décisions politiques. Il a pour objectif de valoriser les fonctions tant écologiques qu'économiques du sol et de favoriser un usage durable de cette ressource en Suisse.

www.pnr68.ch

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

L'OFEV met tout en œuvre pour maintenir toutes les fonctions du sol, afin que la Suisse dispose à long terme de cette ressource en quantité suffisante pour toutes les utilisations nécessaires.

www.bafu.admin.ch → Thèmes → Sol

Office fédéral de l'agriculture (OFAG)

L'OFAG s'engage afin que les paysans produisent durablement des denrées alimentaires de haute qualité et répondant aux besoins du marché. Il œuvre pour une agriculture multifonctionnelle.

www.blw.admin.ch → Thèmes → Durabilité → Ecologie → Sol

Office fédéral du développement territorial (ARE)

L'ARE est le centre de compétences de la Confédération pour les questions liées au développement territorial durable et à l'utilisation mesurée du sol.

www.are.admin.ch

Société suisse de pédologie (SSP)

La SSP s'engage à différents niveaux en faveur de la protection quantitative et qualitative du sol. Elle approfondit et diffuse les connaissances en pédologie, encourage le dialogue entre les milieux de l'administration, de la recherche et de l'économie privée. Elle stimule également la collaboration entre la science et la pratique.

www.soil.ch

FNSNF
Fonds national suisse
Schweizerischer Nationalfonds
Fondo nazionale svizzero
Swiss National Science Foundation