

Utiliser la ressource sol de manière durable

Programme national de recherche 68 Synthèse générale

Urs Steiger, Paul Knüsel, Lucienne Rey | Éditeur : Comité de direction du PNR 68



Table des matières

	Messages principaux et recommandations du PNR 68	6
	Avant-propos	12
1	Introduction	13
2	Le sol – ressource fondamentale	20
3	Le sol – base de services essentiels	28
4	Sol et aménagement du territoire : la qualité du sol est déterminante	36
5	Approches pour une agriculture respectueuse du sol	44
6	Grand besoin d’informations sur les sols	54
7	La Suisse – un petit pays qui consomme beaucoup de sol à l’étranger	60
8	Sur la voie d’une utilisation durable du sol en Suisse	66
	Les projets de recherche du PNR 68	72
	Glossaire	76
	Impressum	80

Messages principaux et recommandations du PNR 68

Entre 2013 et 2018, le PNR 68 a élaboré les bases d'une utilisation durable de la ressource sol. Cinq équipes d'auteurs ont réuni les résultats de 25 projets de recherche et de quatre études focalisées en cinq synthèses thématiques. La présente synthèse générale s'appuie sur ces publications (p. 72 ss) ainsi que sur d'autres documents consultés. Elle se concentre sur certains thèmes centraux qui ont émergé tant des travaux de recherche que du dialogue intense engagé avec les acteurs au sein et au dehors du monde de la recherche. Les messages principaux et recommandations du PNR 68 ont été élaborés par le comité de direction.

Après le PNR 22 «Utilisation du sol en Suisse» (1985 à 1990), le PNR 68 est le deuxième programme national de recherche consacré à ce sujet. Depuis le PNR 22, la réforme agraire du milieu des années 1990 a induit un changement d'orientation de la politique agricole vers une gestion plus écologique. Cependant, dans le domaine de l'aménagement du territoire, diverses mesures importantes n'ont que récemment été mises en œuvre ou n'ont pas encore eu l'effet escompté. Le PNR 68 montre comment aborder les tâches, telles que la cartographie des sols, auparavant négligées et les avantages qui en résultent. Il a développé des instruments et des stratégies permettant d'aller vers une gestion durable de la ressource sol.

Le sol remplit de multiples fonctions

Grâce à ses propriétés physiques, chimiques et biologiques, le sol remplit de multiples fonctions pour l'environnement et la société. Le sol ne constitue pas seulement la base de la production alimentaire et de la biodiversité. Il filtre l'eau et assure ainsi un approvisionnement peu coûteux en eau potable. Il stocke l'eau et le carbone, réduisant ainsi les risques d'inondation, et joue un rôle important dans la protection du climat. Ces fonctions écologiques et prestations de service public du sol sont éclipsées par sa fonction très appréciée économiquement de support des bâtiments et infrastructures et sont donc insuffisamment perçues par le monde politique et la société. Le sol n'est pas renouvelable à l'échelle humaine. Les fonctions altérées du sol ne peuvent être restaurées que de façon limitée et leur réhabilitation exige un investissement (financier) élevé. Une utilisation durable du sol suppose donc que ses multiples fonctions, dont l'ensemble détermine la qualité du sol, soient ménagées et préservées.

Le PNR 68 recommande de

- donner la priorité au principe de précaution dans l'utilisation du sol,
- prendre systématiquement en compte les diverses fonctions du sol, et les services écosystémiques en découlant, lors de toute décision en lien avec l'utilisation du sol,
- évaluer systématiquement lors de la pondération des intérêts les opportunités et les risques en résultant pour les différentes fonctions du sol, et donc pour sa qualité.

Le développement des constructions constitue la plus grande menace pour les sols suisses

L'imperméabilisation du sol due à la construction entraîne une perte des fonctions du sol et des services associés. Une utilisation durable du sol nécessite de réduire cette perte et



Sol brun lessivé, Hard, Birsfelden (BL)

de la limiter à moyen terme. La prise en compte de la qualité du sol dans l'aménagement du territoire offre notamment des possibilités d'agir en ce sens. Une gestion du territoire cohérente (déclassement de zones, échange de zones à bâtir, remaniements parcellaires, lutte contre la thésaurisation) constitue une composante incontournable de l'utilisation mesurée du sol. Les effets des décisions en matière d'aménagement du territoire ne se font le plus souvent sentir qu'au bout de deux ou trois décennies, tandis que la marge de manœuvre se rétrécit rapidement. La mise en œuvre doit par conséquent débiter dès aujourd'hui.

Le PNR 68 recommande de

- intégrer la qualité du sol en tant que facteur de décision dans la législation sur l'aménagement du territoire, en tenant également compte des sols qui ne sont pas classés en surfaces d'assolement,
- limiter la perte progressive de sol de haute qualité en utilisant les points d'indice de qualité pédologique comme instrument de contrôle (contingemment compris),
- maintenir la pression en faveur du développement intérieur et de promouvoir des modes de construction qui permettent de préserver les fonctions du sol (p. ex. rétention ou filtration).

La Suisse dispose de sols performants

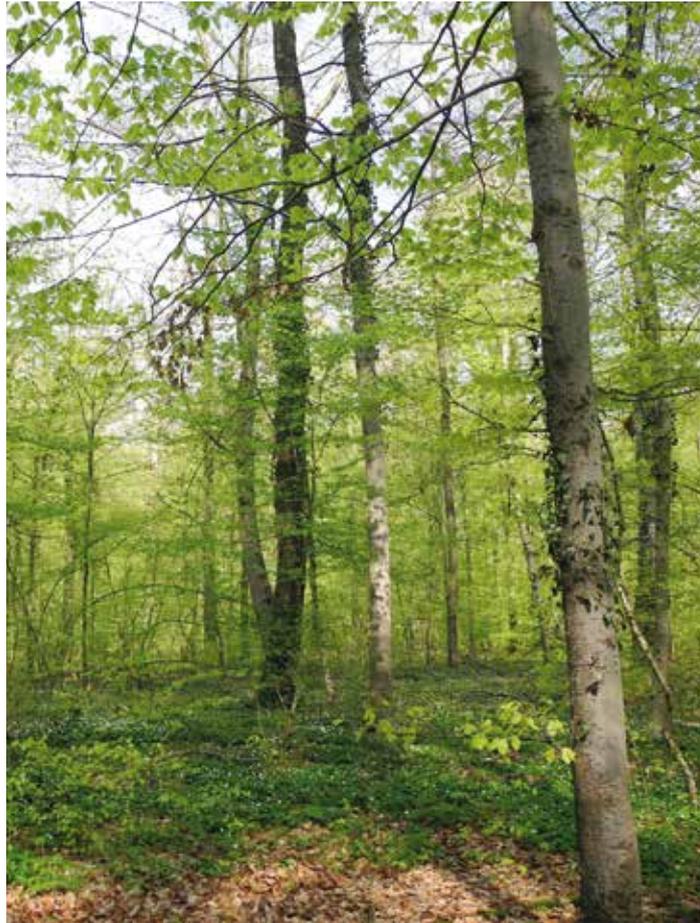
Grâce aux mesures de politique agricole et environnementale déjà adoptées, les sols utilisés pour l'agriculture et la sylviculture en Suisse sont en relativement bon état. Cependant, le tassement, l'érosion, la perte de matière organique et de biodiversité et les entrées de polluants portent atteinte à la qualité du sol et, par conséquent, aux services écosystémiques. Tous les acteurs de la chaîne de valeur (agriculteurs, producteurs, transformateurs, distributeurs, consommateurs) portent une part de responsabilité en ce qui concerne la qualité des sols et de leur gestion durable.

Le PNR 68 recommande de

- poursuivre le développement d'une exploitation du sol fondée sur une agriculture et une sylviculture adaptées au site et à la région, qui utilisent au mieux les fonctions et les services assurés par le sol et évitent les dommages tels que l'érosion, le tassement, les entrées de polluants et la perte d'humus,
- utiliser la teneur en matière organique et le tassement comme indicateurs principaux de la qualité du sol dans le système de paiements directs de la politique agricole.

Les sols jouent un rôle important dans le système climatique

La matière organique du sol constitue le plus grand réservoir de carbone terrestre et s'avère donc essentielle dans le système climatique. Une exploitation agricole inappropriée, en particulier le drainage des sols marécageux, appelés sols organiques, entraîne la libération dans l'atmosphère de quantités conséquentes de carbone sous forme de CO₂. Une utilisation agricole climatiquement neutre et durable des sols organiques n'est pas possible et le changement climatique va encore intensifier leur dégradation. Par ailleurs,



Hêtraie mixte à aspérule, Hard, Birsfelden (BL)

les apports en azote élevés observés dans une grande partie de l'agriculture suisse provoquent de fortes émissions de gaz hilarant (N₂O) en provenance du sol.

Le PNR 68 recommande de

- prendre des décisions sociopolitiques fondamentales en ce qui concerne le rôle des sols organiques, en tenant compte des aspects sociétaux, économiques et environnementaux. Afin de préserver le climat, et compte tenu des coûts du changement climatique pour la société, il doit être renoncé à toute utilisation agricole des sols organiques,
- intensifier les efforts entrepris pour réduire la pollution par l'azote.

Des informations exhaustives sur les sols font défaut en Suisse

Pour assurer une utilisation durable du sol, il est indispensable de disposer d'informations pédologiques pertinentes. Investir dans la cartographie complète des sols permet d'effectuer des analyses fondées sur des données, d'évaluer l'état du sol, d'améliorer les bases de connaissances nécessaires à la prévention et, ce faisant, de réaliser des économies nettement supérieures aux montants initialement investis.

Le PNR 68 recommande de

- déterminer les zones à cartographier en priorité et de cartographier progressivement l'ensemble des sols suisses,
- mettre en place une plateforme d'information sur les sols en Suisse qui élabore des méthodes de relevé uniformes, assure l'harmonisation des informations pédologiques à l'échelle nationale, mette à disposition des produits interactifs tels que des cartes d'utilisation ou des fonctions du sol et en garantisse l'accès aux scientifiques, aux autorités et aux professionnels de terrain.

La production de biens agricoles et industriels occupe plusieurs fois la surface de la Suisse

Les choix politiques, mais aussi les décisions des entreprises et des consommateurs suisses, influencent l'utilisation du sol dans le monde entier. La Suisse revêt une part de responsabilité dans l'utilisation du sol, les atteintes qui lui sont portées et l'impact social qui en résulte à l'étranger.

Le PNR 68 recommande de

- fournir aux consommateurs des informations sur l'utilisation durable du sol en Suisse et à l'étranger,
- tenir compte des aspects pédologiques dans les grandes acquisitions foncières et les études d'impact et de limiter autant que possible les effets négatifs.

La qualité du sol est un paramètre négligé par le monde politique et la société

Une utilisation plus durable du sol nécessite un engagement politique accru et une collaboration plus intensive et mieux coordonnée entre les acteurs concernés.

Le PNR 68 recommande de

- adopter très rapidement des décisions politiques stratégiques pour une utilisation durable du sol – entre autres de prendre en compte la qualité du sol dans la législation et de mettre en place d'une plateforme d'information des sols,
- approfondir et de coordonner la collaboration entre les différentes parties prenantes – en particulier entre les spécialistes de l'environnement, de l'agriculture et de l'aménagement du territoire – à tous les échelons de l'État,
- adopter la stratégie nationale des sols envisagée, d'accélérer sa mise en œuvre et de sensibiliser le public aux questions relatives au sol.

Avant-propos

Nous n'avons guère conscience à quel point nous bénéficions chaque jour des multiples prestations du sol, quand nous consommons des aliments et buvons de l'eau, quand nous nous détendons dans le microclimat agréable d'un parc urbain, quand la capacité de rétention d'eau du sol nous protège des inondations ou permet d'alimenter les plantes en eau en période de sécheresse, etc. Nous utilisons un écosystème qui s'est développé au cours de milliers d'années, mais dont la qualité est menacée par de multiples sollicitations. Si nous ne prenons pas grand soin de protéger la qualité du sol, nous devons accepter des pertes élevées, qui pourront nous coûter cher.

Au cours de ces dernières années, les chercheurs du PNR 68 ont acquis de nouvelles connaissances fondamentales sur le «système sol» et ont développé un large éventail de concepts et d'instruments pour la protection de la qualité du sol. Dans le même temps, ils ont également trouvé un langage commun pour l'échange interdisciplinaire d'informations sur le sol et ses qualités. Un dialogue s'est instauré en particulier entre les sciences naturelles, les sciences sociales et les sciences de l'ingénieur. Ils ont ainsi atteint un objectif important du PNR 68.

La communauté des chercheurs du PNR 68 a entretenu des échanges intensifs avec les acteurs, entre autres avec les services administratifs nationaux et cantonaux, les planificateurs et les agriculteurs. Les résultats et les recommandations ont déjà enrichi les travaux de conception et de législation en cours. Ce réseau élargi constitue la base de leur approfondissement et de leur développement ultérieur. Après l'achèvement de ce programme, il faudra toutefois encore beaucoup d'engagement pour combler les déficits dans le domaine de la politique des sols et de sa mise en œuvre.

La synthèse générale du PNR 68 résume les principales recommandations en matière d'utilisation du sol et se concentre sur les thèmes qui méritent une attention particulière de son point de vue. Au regard des grandes acquisitions foncières de la Suisse dans le monde entier, la responsabilité globale doit également être davantage prise en compte à l'avenir.

Au nom du comité de direction, je tiens à remercier le Conseil fédéral pour la commande de ce programme de recherche, le Fonds national suisse pour sa confiance, les chercheurs pour leur travail motivé et stimulant, ainsi que tous ceux qui ont accompagné le programme par leurs critiques engagées.

Prof. Dr. Emmanuel Frossard

*Président du comité de direction du Programme national de recherche
« Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68)*

Au cours des six dernières années, le PNR 68 a élaboré les bases d'une utilisation durable de la ressource sol. Il s'agit du deuxième programme national de recherche consacré à ce sujet après le PNR 22 « Utilisation du sol en Suisse » (1985 à 1990). Depuis le PNR 22, des progrès ont été réalisés, notamment en matière de politique agricole. Cependant, dans le domaine de l'aménagement du territoire, diverses mesures importantes n'ont que récemment été mises en œuvre ou n'ont pas encore eu l'effet escompté. Le PNR 68 montre comment aborder les tâches, telles que la cartographie des sols, négligées auparavant et les avantages qui en résultent. Il a développé des instruments et des stratégies permettant d'aller vers une gestion durable de la ressource sol. Le PNR 68 souligne également la responsabilité de la Suisse dans l'utilisation du sol à l'étranger.

Le Programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68) a été lancé en 2012 dans le but d'élaborer une base interdisciplinaire permettant de mieux comprendre les processus du sol, de quantifier plus précisément ses fonctions et de gérer la ressource sol de manière durable en Suisse. L'accent a été mis sur l'amélioration des connaissances disponibles sur le système « sol », le développement d'outils d'évaluation du sol en tant que ressource et l'élaboration de concepts et de stratégies pour son utilisation durable. Le PNR 68 disposait d'une enveloppe financière de 13 millions de francs. Quelque 4 millions de francs supplémentaires ont été mis conjointement à la disposition du PNR 68 et du PNR 69 (« Alimentation saine et production alimentaire durable ») pour des projets relevant de l'« Initiative européenne de programmation conjointe » (Joint Programming Initiative JPI), par exemple dans le cadre du programme « Agriculture, sécurité alimentaire et changement climatique » (FACCE-JPI).

Sur la base de deux mises au concours, 21 projets de recherche ont été lancés lors d'une première phase en 2013. Entamée en 2016, une deuxième phase a permis d'encourager quatre projets supplémentaires dont les équipes ont approfondi et concrétisé les connaissances acquises pendant la première phase. Douze autres équipes ont participé à des collaborations internationales dans le cadre de la FACCE-JPI. Les axes prioritaires qui ressortent de la première mise au concours sont les thèmes « Biologie du sol », « Sol dans des systèmes agricoles », « Matière organique du sol » et « Information sur le sol et gouvernance ». Les questions juridiques et économiques et les aspects socioculturels de l'utilisation du sol, n'ont été étudiés que de façon limitée faute de projets déposés. Ces lacunes s'avèrent globalement regrettables.

À partir de 2016, le PNR 68 a lancé cinq synthèses thématiques (p. 74/75) et la présente synthèse générale. Quatre études focalisées sont venues s'y ajouter, dans des domaines où les résultats de recherche laissaient pressentir un gain de connaissances important pour un investissement relativement faible. Les études focalisées ont apporté une contribution essentielle aux synthèses thématiques et au PNR en général.

Protection globale du sol

L'une des préoccupations majeures du PNR 68 était de relier entre eux les domaines de la recherche et de la pratique, en particulier les sciences du sol – qui considèrent le sol dans ses trois dimensions – et l'aménagement du territoire – qui le traite comme une surface.

Ce dialogue devait avant tout permettre de mieux comprendre les diverses fonctions remplies par le sol du fait de ses propriétés physiques, chimiques et biologiques (chapitres 2 et 3).

Ces approches multiples du sol résultent entre autres des diverses attentes que les différents groupes sociaux nourrissent à son égard. Ainsi, les conceptions de ce qu'est un « bon sol » divergent. Dans le contexte d'une compréhension globale du sol, qui est au cœur du PNR 68, la productivité agricole et forestière ne saurait constituer le seul facteur déterminant de la qualité d'un sol. D'autres aspects, tels que la rétention d'eau, la biodiversité et la stabilité, revêtent également une grande importance. La notion de « qualité du sol » implique d'appréhender globalement les fonctions qu'un sol est capable de remplir à un endroit donné, la manière dont il s'en acquitte, et les services écosystémiques auxquels il contribue (chapitre 3).

Échanges intenses avec les groupes d'acteurs

Le PNR 68 a entretenu des rapports étroits et intenses avec les acteurs de terrain des administrations, des organisations professionnelles, de l'industrie, des sociétés de conseil et de l'agriculture. Différentes équipes de recherche ont organisé des échanges directs dans le cadre de groupes de suivi et de réunions de projet. Des acteurs de terrain se sont investis dans le financement de certains projets avec des fonds de tiers et ont ainsi été directement impliqués dans le processus de recherche.

La phase de synthèse a débuté en 2016 par une série de trois ateliers, dans le cadre desquels les résultats préliminaires et les recommandations des projets du PNR 68 ont été discutés et évalués avec des acteurs sélectionnés. Les connaissances ainsi acquises ont permis aux équipes des projets d'affiner leurs recommandations finales et ont servi de base aux auteurs des cinq synthèses thématiques pour la conception de leurs projets de synthèse. Les groupes de suivi ont en outre discuté des concepts, des projets et des recommandations des différentes synthèses thématiques.

Synthèse générale: plus que la somme des résultats individuels

Pour préparer la synthèse générale, le PNR 68 a organisé une « Malik Syntegration® », manifestation de trois jours ayant pour but la combinaison des résultats et l'intégration des connaissances. Les quarante participants venaient d'institutions scientifiques (chercheuses et chercheurs du PNR 68 notamment), des administrations fédérales et cantonales, d'associations et d'autres organismes. Ils ont abordé la question suivante: « Comment élaborer, développer et piloter l'utilisation durable de la ressource sol en Suisse? » L'objectif était de réfléchir aux résultats de recherche du PNR 68 dans le contexte de l'expérience pratique, d'en tirer une structure de base pour la synthèse générale et de définir des champs d'action prioritaires pour une utilisation durable de la ressource sol.

Par conséquent, la présente synthèse générale ne représente pas simplement la somme des résultats du PNR 68. Au contraire, elle tente de discuter d'importantes questions politiques, économiques et sociales sur la base des résultats scientifiques du PNR 68. En ce sens, elle complète les cinq synthèses thématiques qui traitent de différents volets du PNR 68.



La recherche sur les sols a influencé la réorientation de l'agriculture dans les années 1990

Le PNR 68 n'est pas le premier programme national de recherche consacré au sol en Suisse. Le Programme national de recherche « Utilisation du sol en Suisse » (PNR 22) avait été lancé en 1983 et un rapport final publié en 1991 sous le titre « L'affaire SOL : Pour une politique raisonnée de l'utilisation du sol ». Contrairement au PNR 68, le PNR 22 s'était aussi penché intensément sur les aspects sociaux, économiques et juridiques du sol. Il a formulé des propositions de mesures dans sept domaines. Dans le domaine de l'« agriculture multifonctionnelle », la réforme agraire des années 1990 a amorcé un changement de cap vers une agriculture plus écologique. Avec les mesures de politique agricole – la compensation écologique notamment – et l'entrée en vigueur progressive des inventaires de biotopes conformément à la loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage (LPN), des progrès notables ont aussi été réalisés dans le domaine « Maintien, régénération et reconstitution des milieux proches de l'état naturel ». Les principales recommandations du PNR 22 dans ce contexte ont été mises en œuvre par l'intermédiaire des dispositions relatives aux atteintes portées au sol de la loi sur la protection de l'environnement (LPE) de 1995 et de l'ordonnance sur les atteintes portées au sol (OSol) de 1998.

Par contre, dans les autres domaines – « Redéploiement intra-urbain », « Limitation de l'urbanisation », « Marché foncier et équilibre social », « Recherche, information, animation, coordination » – les propositions du PNR 22 ont largement été ignorées. Dans les domaines touchant à l'aménagement du territoire, la pression politique exercée par des initiatives populaires au niveau national et cantonal a été nécessaire pour que les propositions du PNR 22 soient prises en compte. Avec la première étape de révision de la loi sur l'aménagement du territoire de 2012 (LAT 1), une contre-proposition indirecte à l'initiative pour le paysage, les dispositions sur le « redéploiement intra-urbain » ont été reprises dans la loi et sont maintenant mises en œuvre. Le succès de l'initiative sur les résidences secondaires et des initiatives cantonales pour la protection des terres arables ainsi que l'initiative contre l'étalement urbain encore en suspens peuvent être interprétés comme l'expression d'un mécontentement vis-à-vis du manque d'action politique dans le domaine de l'utilisation du sol après la clôture du PNR 22. Grâce à ces initiatives, le monde politique a également reconnu la nécessité d'agir : la loi sur les résidences secondaires est entrée en vigueur en 2016 et des efforts sont actuellement entrepris afin de renforcer la protection des terres arables et des surfaces d'assolement.

Défis restant à relever : lacunes en matière d'exécution et défaillances politiques

Dans le domaine « Information » du PNR 22, des reculs ont même été acceptés dans les années 1990. Suite à la réorganisation de la Station de recherches agronomiques de Zurich-Reckenholz (FAP ; aujourd'hui Agroscope), le Service national de cartographie des sols a été supprimé en 1998 et la cartographie des sols déléguée aux cantons. Mais nombre de cantons n'ont guère avancé dans leurs travaux de cartographie depuis.

En ce qui concerne la protection des sols, des lacunes d'exécution ne sont pas seulement observées en matière de cartographie. Dans une analyse réalisée par l'Office fédéral de

l'environnement en 2014, le domaine « Sol » s'est révélé être celui qui présentait le plus grand déficit d'exécution parmi les 19 domaines environnementaux analysés. 15 cantons ont indiqué ne pas pouvoir appliquer, ou seulement en partie, les mesures de protection du sol prévues par la loi. Certains cantons disposent de moins d'un poste à mi-temps pour l'exécution de ces tâches. Cela contraste avec d'autres domaines environnementaux tels que la protection des eaux ou l'hygiène de l'air, dans lesquels la Confédération et les cantons ont introduit des valeurs limites, collectent des données différenciées et disposent de stratégies, de plans de mesures et de ressources en personnel suffisantes depuis des décennies.

Au vu du peu de progrès accomplis en matière d'utilisation du sol, on constate un échec politique depuis une vingtaine d'années. La pression des initiatives populaires a été nécessaire pour obtenir un renforcement de la protection du sol dans l'aménagement du territoire. Dans le domaine de la protection du sol au sens de la loi sur la protection de l'environnement, la volonté politique de mettre à disposition les ressources nécessaires à une mise en œuvre efficace a fait défaut jusqu'ici.

Utilisation durable de la ressource sol en Suisse et à l'étranger

En ce qui concerne le développement durable, la Constitution fédérale suisse (art. 73 Cst.) exige d'établir sur le long terme un équilibre entre la nature et sa capacité de renouvellement d'une part, et les exigences de l'Homme à son égard d'autre part. Les sols se développent sur de longues périodes et sont le résultat de processus naturels et anthropiques millénaires. Il est impossible de les restaurer à l'échelle humaine. Les travaux de construction et autres atteintes telles que le tassement du sol, les entrées de polluants ou l'érosion s'accompagnent généralement d'une destruction du sol et de ses fonctions, et donc des services écosystémiques associés. La restauration technique de ces fonctions et services est limitée et très coûteuse. Dans leur diversité, les 17 objectifs de l'« Agenda 2030 pour le développement durable » des Nations Unies, qui est reconnu par la Suisse et sur lequel est axée la « Stratégie pour le développement durable 2016-2019 » du Conseil fédéral, exercent des effets directs ou indirects sur l'utilisation du sol et ses fonctions. Toutefois, il n'existe toujours pas de stratégies et de paramètres permettant de déterminer si un sol n'est plus approprié à une utilisation donnée ou si les fonctions et services du sol sont surexploités. Avec l'indicateur de qualité pédologique SQUID, le PNR 68 propose une approche afin de combler cette lacune (chapitre 3).

Face à la mondialisation, la production économique et la consommation de la population suisse ne peuvent être considérées indépendamment du reste du monde. Le sol utilisé pour approvisionner la population suisse en produits de toutes sortes se trouve en majeure partie en dehors de ses frontières, cette proportion atteignant jusqu'à 80% selon certaines études. Les marchandises produites et consommées en Suisse influencent ainsi l'utilisation du sol à l'étranger. Au cours des deux dernières décennies, les sols étrangers ont encore gagné en importance pour la consommation suisse du fait de la mondialisation croissante. Deux projets de recherche du PNR 68 étaient consacrés aux conséquences sociales, économiques et écologiques de l'accaparement des terres dans les pays du Sud.

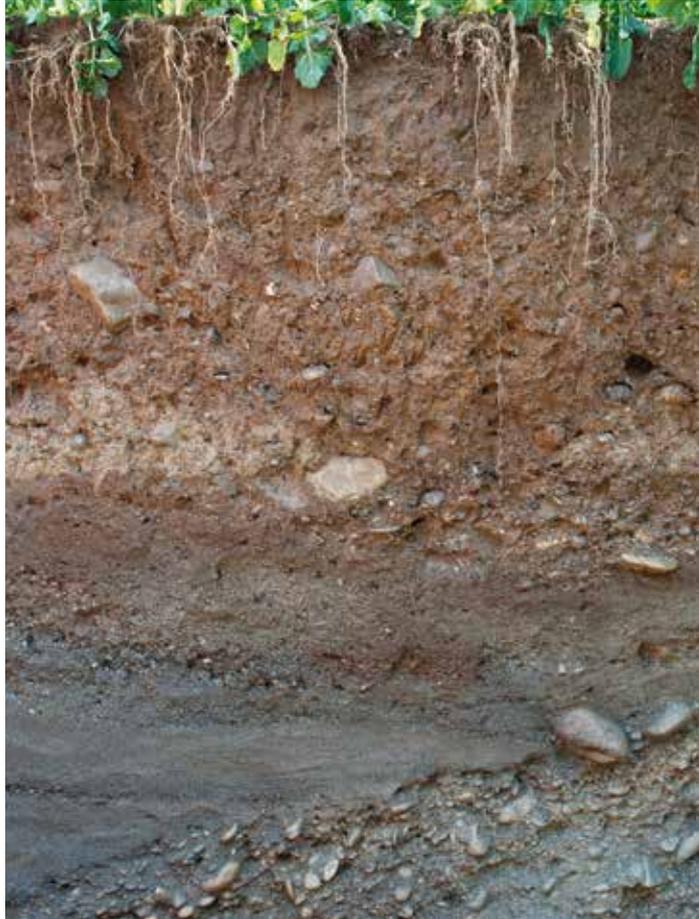
Structure de la synthèse générale

Les deux chapitres suivants présentent le sol et la politique menée jusqu'à présent en matière de protection du sol (chapitre 2), ainsi que ses fonctions naturelles et les services qu'il fournit à la société (chapitre 3). Les chapitres 4 et 5 traitent des approches d'utilisation durable du sol dans l'aménagement du territoire, l'agriculture et la sylviculture, qui se fondent essentiellement sur la mise à disposition d'une meilleure base de données. Avec la Plateforme d'information des sols Suisse (PIS-CH), le PNR 68 explicite comment les lacunes existant en termes d'informations du sol pourraient être comblées au cours des deux prochaines décennies (chapitre 6). Le chapitre 7 traite de l'impact de l'utilisation du sol à l'étranger à des fins de consommation en Suisse. Résumant les préconisations précédemment énoncées, le chapitre 8 balise le chemin vers une utilisation durable du sol et met en lumière la nécessité d'établir une meilleure coopération entre les différents acteurs impliqués dans l'utilisation, l'exploitation et la protection du sol.

La synthèse générale s'appuie sur les cinq synthèses thématiques du PNR 68 et sur d'autres sources répertoriées dans les notes de fin de chapitre. L'accaparement de sol à l'étranger pour les besoins de la consommation en Suisse n'est traité que de façon très limitée dans les synthèses thématiques. C'est pourquoi le chapitre 7 se base sur les projets correspondants ACCAPAREMENT DES TERRRES et DÉCISIONS QUANT À L'EXPLOITATION DES SOLS du PNR 68 ainsi que sur des recherches complémentaires.

Sources

- . Sol et production alimentaire. Synthèse thématique 1 du PNR 68. Berne.
- . Sol et environnement. Matière organique du sol, émissions de gaz à effet de serre et atteintes physiques aux sols suisses. Synthèse thématique 2 du PNR 68. Berne.
- . Un agenda du sol pour l'aménagement du territoire. Synthèse thématique 3 du PNR 68. Berne.
- . Plateforme d'informations des sols Suisse (PIS-CH). Synthèse thématique 4 du PNR 68. Berne.
- . Vers une politique durable des sols. Synthèse thématique 5 du PNR 68. Berne.
- . Häberli R., Lüscher C., Praplan Chastonay B., Wyss C. (1991): L'affaire sol – Pour une politique raisonnée de l'utilisation du sol. Georg, Genève.
- . Rieder S., Landis F., Lienhard A., Schwenkel C., Dolder O. (2014): Stärkung des Vollzugs im Umweltbereich – Schlussbericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Interface/Kompetenzzentrum für Public Management der Universität Bern. Lucerne.
- . Conseil fédéral suisse (2016): Stratégie pour le développement durable 2016–2019. Berne.
- . Nations Unies (2015): Transformer notre monde: le Programme de développement durable à l'horizon 2030. Résolution adoptée par l'Assemblée générale le 25 septembre 2015 A/Res/70/1.



Sol brun lessivé, Rubigen (BE)

Le sol joue un rôle essentiel dans l'écosystème et contribue à de nombreux services écosystémiques. Bien que l'expansion du milieu bâti se soit ralentie en Suisse, elle entraîne toujours une perte de sol irréversible. Les atteintes dues aux substances nutritives et polluantes, à l'érosion et au tassement du sol, mais aussi la perte de matière organique et de biodiversité diminuent la capacité du sol à remplir ses fonctions. La protection du sol est inscrite dans de nombreux décrets, notamment dans les lois sur l'aménagement du territoire et sur la protection de l'environnement. Cependant, il n'existe pas de politique cohérente qui considère la consommation de surface en lien avec la perte des fonctions du sol.

Le sol est le résultat de processus naturels. Il forme la couche superficielle de la croûte terrestre, qui est composée d'éléments minéraux et organiques solides (humus), d'organismes vivants, de gaz et de liquides. Le substrat rocheux, la topographie, le climat, les êtres vivants et le temps sont les facteurs de la formation du sol. Ce processus est lent, mais continu. Selon les conditions géologiques, une couche de sol de 30 cm d'épaisseur se forme sur une période de 1000 à 10 000 ans. En Suisse, les sols se sont formés en majeure partie depuis la dernière période glaciaire, soit au cours des 10 000 dernières années.

Le sol constitue un système ouvert en échange permanent avec le sous-sol géologique, l'atmosphère, l'hydrosphère, la biosphère, les plantes, les animaux et les êtres humains. Des flux parfois énormes de matière et d'énergie y sont liés – par exemple l'échange de carbone avec l'atmosphère ou d'éléments nutritifs avec les plantes. Les myriades d'organismes vivants du sol – bactéries, champignons et algues, acariens, vers et insectes – qui régissent le métabolisme jouent un rôle essentiel dans ces processus. Un gramme de sol peut abriter à lui seul entre 2000 et 18 000 espèces différentes d'organismes. Le poids de tous les organismes du sol peut représenter plusieurs tonnes par hectare.

Le sol fournit des services précieux pour l'Homme et l'environnement

Du fait de ses propriétés physiques, chimiques et biologiques et des processus qui en découlent, le sol remplit de nombreuses fonctions (chapitre 3). Selon ses propriétés spécifiques à un endroit donné – taille des particules, distribution et taille des pores, teneur en air, éléments nutritifs et humus, diversité et nombre d'organismes, etc. –, le sol remplit ces fonctions simultanément à des degrés divers.

Le sol contribue de manière importante à la santé, au bien-être et à la sécurité des êtres humains, à la prospérité économique et à la biodiversité. Il permet la production agricole et forestière, réduit les risques d'inondation en retenant l'eau et assure une eau potable de qualité grâce à son effet de filtre. De par ces services, le sol crée des valeurs économiques et sociales considérables (chapitre 3).

Perte de sol continue due au développement de l'urbanisation

Si des facteurs naturels ou humains modifient les propriétés du sol à un endroit donné, cela affecte les fonctions et les services que le sol peut fournir sur ce site – la qualité du sol change.



Paysage agricole dans le Klettgau (SH)

Lorsque du sol est enlevé ou imperméabilisé par la construction de bâtiments ou d'infrastructures, en particulier de routes et de voies ferrées, ses fonctions sont généralement détruites (à l'exception de la fonction de support), ou du moins fortement altérées. Selon la statistique suisse de la superficie, les surfaces affectées à l'urbanisation ont augmenté de 584 km², soit 23,4%, entre 1989 et 2009 – donc plus rapidement que la population. Cet accroissement correspond à une consommation de surface de 0,75 m²/s pour l'urbanisation. Plus de 90% ont été utilisés pour des bâtiments et des infrastructures, le reste pour des espaces verts et de loisirs. Là aussi, le sol est susceptible d'être profondément modifié suite au déplacement et à l'apport de substances étrangères et polluantes. Si la perte de sol due au développement de l'urbanisation a légèrement ralenti, elle demeure toutefois considérable. Les derniers recensements de la statistique de la superficie montrent que les surfaces affectées à l'urbanisation dans le tiers occidental de la Suisse ont augmenté de 0,7% entre 2006 et 2015, soit moins que durant la période précédente (1994–2006: 1,1%/an).

Étant donné que le développement de l'urbanisation a lieu principalement dans les vallées, les sols les plus touchés sont parmi les plus précieux et les plus productifs pour l'agriculture. Ce n'est pas le fruit du hasard dans la mesure où les implantations passées se sont pour la plupart réalisées dans les endroits où la fertilité du sol apparaissait la meilleure pour la production agricole.

Toutefois, les fonctionnalités du sol sont aussi altérées par des atteintes chimiques et physiques. Des informations exhaustives à ce sujet font encore défaut. Le rapport de l'Office fédéral de l'environnement sur «l'état et l'évolution des sols suisses» de 2017, d'où proviennent les informations ci-après, s'appuie donc sur des données ponctuelles fournies par la Confédération, les cantons et des projets de recherche. Globalement, le rapport montre que ces atteintes mettent en danger la préservation des fonctions du sol à long terme.

Domages dus à l'apport de polluants et d'éléments nutritifs

Même si les mesures adoptées en matière de politique environnementale et agricole ont permis de freiner la contamination de l'environnement au cours des dernières décennies, des polluants et des éléments nutritifs parviennent en trop grande quantité dans le sol. Les substances polluantes nuisent surtout aux organismes vivants du sol et réduisent ainsi ses fonctions, alors que les éléments nutritifs présents en excès entraînent également une contamination de l'eau et de l'air. Les apports de substances issues de l'air font qu'il n'existe plus de sol non pollué. Chaque année, 16 kg d'azote réactif (ammoniac et oxydes d'azote) d'origine aérienne se déposent en moyenne sur un hectare de sol, soit plusieurs fois l'apport naturel de 0,5 à 2 kg. Sur le Plateau central et en Suisse orientale, les valeurs se situent entre 30 et 50 kg par hectare et par an. Ces apports excessifs d'azote acidifient le sol et modifient la végétation.

Certaines utilisations portent particulièrement atteinte aux sols: les bords des routes très fréquentées sont ainsi contaminés par des métaux lourds tels que le plomb, le cadmium, le zinc et des composés organiques. Dans les sols de prairies exploitées de façon intensive, l'épandage de lisier entraîne une augmentation de la teneur en zinc et en cuivre en raison de leur utilisation dans l'alimentation animale. Dans les sols cultivés, c'est la teneur en

métaux lourds, tels que le cadmium et l'uranium, provenant d'engrais minéraux qui augmente. Le cuivre utilisé, par exemple, en viticulture pollue aussi le sol. Les produits phytosanitaires et leurs métabolites secondaires sont encore décelables dans le sol et les eaux souterraines longtemps après leur utilisation. La fertilisation en partie déséquilibrée pratiquée dans l'agriculture suisse entraîne également de fortes émissions de gaz hilarant, qui influent sur le climat, et la libération d'ammoniaque, qui pollue à son tour les forêts et les zones humides environnantes.

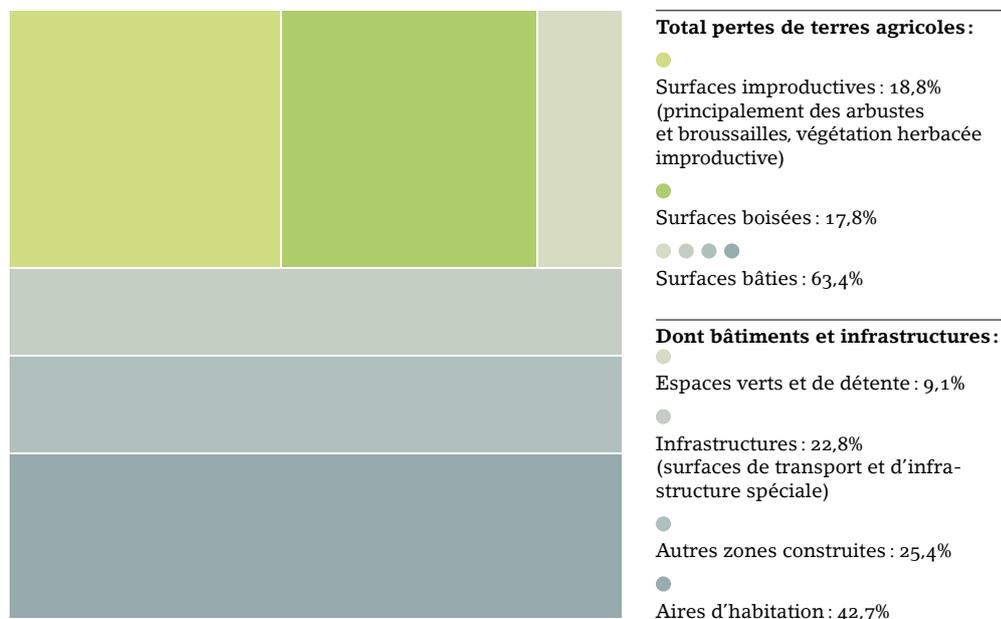
Les sols des potagers et jardins familiaux ne sont pas exempts de pollution. Elle provient de l'apport d'engrais, de produits phytosanitaires, de cendres et autres matières auxiliaires. La pollution y atteint souvent des niveaux supérieurs à ceux des zones agricoles.

Dommages à long terme dus à l'érosion et au tassement

La perte de particules par érosion altère entre autres la capacité du sol à stocker le carbone et les éléments nutritifs et à retenir ou filtrer l'eau. Des éléments nutritifs, des engrais et des produits phytosanitaires étant liés aux particules de sol, les matériaux entraînés par ruissellement nuisent ainsi aux eaux et autres habitats. Plus du tiers des terres arables suisses sont considérées comme potentiellement menacées d'érosion. Les connaissances relatives à l'ampleur de ce phénomène sont toutefois lacunaires.

Illustration 1

Bilan de la perte de terres arables entre 1985 et 2009 selon la Statistique suisse de la superficie. L'augmentation des surfaces bâties représente près de deux tiers de la perte de terres agricoles.



Dans une zone d'étude du canton de Berne, une perte annuelle moyenne de 0,7 t/ha a été déterminée. Des taux d'érosion de une à deux tonnes par hectare et par an réduisent déjà la capacité du sol à remplir ses fonctions.

Ces derniers temps, on s'intéresse de plus en plus au tassement des sols. Il se produit principalement lors de la circulation sur sols humides et de l'utilisation de machines lourdes dans l'agriculture et la sylviculture. Le passage d'engins ou le déplacement inapproprié de sol lors de travaux de construction peut également tasser le sol. Le volume des pores du sol est alors massivement réduit, ce qui nuit à la capacité des racines et des organismes à pénétrer dans le sol. Les échanges de gaz et d'eau sont entravés, de sorte que le sol ne peut plus remplir des fonctions importantes. Comme le montre le projet **TASSEMENT DES SOLS** du PNR 68, les dommages ainsi causés sont persistants, en particulier dans les couches profondes du sol, et liés à des pertes de rendement substantielles. Il n'existe cependant pas de vue d'ensemble à l'échelle du territoire suisse. Une étude réalisée en Suisse centrale suggère que le tassement des sols agricoles est un phénomène répandu. La tendance privilégiant des machines de plus en plus lourdes et la pression économique amenant les exploitants à circuler dans les champs et les forêts même dans des conditions défavorables, à savoir quand les sols sont humides, accentuent le problème.

Perte de matière organique et de biodiversité

La matière organique du sol, soit l'ensemble des composés carbonés d'origine biologique (humus), joue un rôle essentiel : elle influence de façon directe et indirecte la plupart des fonctions du sol. Des quantités considérables de matière organique sont perdues du fait de l'exploitation agricole et notamment du drainage des sols organiques. La majeure partie des émissions de CO₂ de l'agriculture suisse résulte de la perte de matière organique des sols marécageux. Le changement climatique – augmentation des températures et intensification de la sécheresse – devrait encore accentuer les pertes de carbone du sol.

Les organismes du sol et les plantes sont les principaux acteurs des cycles de matière et d'énergie dans le sol. Cependant, on sait encore peu de choses sur la biodiversité, c'est-à-dire la quantité et la diversité des organismes du sol. Il est clair que le mode d'exploitation du sol exerce un impact déterminant sur la biodiversité. Les produits phytosanitaires et les engrais, l'érosion et le tassement du sol, mais aussi les assolements déséquilibrés, le travail intensif, les entrées élevées en azote et en éléments traces influent généralement de façon négative sur la vie du sol. Les systèmes axés sur une protection active (agriculture biologique, agriculture de conservation) favorisent la biomasse microbienne dans le sol grâce à la gestion de la matière organique (fumier, prairies, compost, travail du sol réduit), à la diversité des cultures (engrais verts et prairie dans l'assolement) et à l'abandon ou à la réduction de l'utilisation de substances chimiques.

Absence de vue d'ensemble dans la législation

La Suisse ne dispose actuellement pas d'une politique globale des sols ni d'une loi spécifique sur la protection des sols qui considère le sol dans son ensemble. La protection du

sol est réglementée par la législation afférente à divers domaines politiques et essentiellement par la loi sur l'aménagement du territoire (LAT) et la loi sur la protection de l'environnement (LPE). La loi sur les forêts (LFo) et la loi sur l'agriculture (LAgr), la loi sur la protection de la nature et du paysage (LPN) et la loi sur la chasse (LChP), mais aussi la loi sur la protection des eaux (LEaux) et la législation sur les produits chimiques, contiennent également des dispositions relatives au sol et aux atteintes portées au sol et le protègent contre les immissions.

La loi sur l'aménagement du territoire ne prend pas suffisamment en compte la qualité du sol

La loi sur l'aménagement du territoire (LAT) exige une utilisation mesurée du sol. Bien qu'une telle utilisation implique une protection globale des sols et requiert explicitement la protection des ressources naturelles, la loi et son exécution prennent essentiellement la surface en compte. Il n'existe pas d'obligation explicite imposant de prendre en compte la qualité du sol lors de la définition des zones à bâtir ou de la construction en dehors de celles-ci. La qualité du sol – limitée à la fonction de production – constitue uniquement un critère important pour la protection des surfaces d'assolement.

La séparation entre territoire constructible et territoire non constructible exigée par la Constitution fédérale et la loi sur l'aménagement du territoire a entraîné l'émergence de deux marchés fonciers distincts. Ils diffèrent fondamentalement dans leur mode d'action et le prix des terrains. Le marché foncier en dehors du territoire constructible est en fait exclusivement réservé au milieu agricole. Mais de nombreuses dérogations ont entraîné ici aussi une multiplication des constructions et une consommation importante de surface.

En vigueur depuis 2014, la première étape de la révision de la LAT (LAT 1) a précisé les exigences relatives à la définition des zones à bâtir dans le but d'endiguer la consommation de surface liée aux activités de construction. Aujourd'hui encore, la qualité du sol ne doit toujours pas être obligatoirement prise en compte. La disposition stipulant que les zones à bâtir doivent être définies de manière à répondre aux besoins des quinze prochaines années s'applique toujours. À l'expiration de ce délai, l'extension du territoire constructible et, par conséquent, l'augmentation de la consommation de surface feront donc à nouveau l'objet d'une discussion. Les limites sont fixées par la zone d'habitation définie dans le plan directeur du canton pour les 20 à 25 ans à venir.

La deuxième étape de la révision de la loi sur l'aménagement du territoire (LAT 2) encore à venir se consacrera en particulier à la construction en dehors des zones à bâtir. L'approche de planification et de compensation discutée pourrait aider à améliorer la prise en compte de la qualité du sol dans les zones utilisées essentiellement pour l'agriculture. La synthèse thématique 3 « Un agenda du sol pour l'aménagement du territoire » du PNR 68 présente des propositions quant à la manière dont l'aménagement du territoire pourrait contribuer à endiguer la perte continue de qualité des sols, par exemple en recourant à un indice de qualité pédologique, mais aussi à des compensations prenant en compte la qualité du sol (chapitre 4).

Une protection préventive des sols largement ancrée

La Constitution fédérale suisse exige la préservation des ressources naturelles et la protection du paysage rural (art. 104 et 104a Cst). La loi sur la protection de l'environnement (LPE) traite de la protection du sol contre les atteintes qui lui sont portées. Bien que la préservation des fonctions et de la qualité du sol ne soit pas mentionnée explicitement, elle est toutefois implicitement contenue dans l'objectif de conservation de la fertilité du sol. La notion de « fertilité du sol » introduite dans la loi sur la protection de l'environnement (LPE) et précisée dans l'ordonnance sur les atteintes portées au sol (OSol) repose sur les fonctions du sol dans le cycle de matière et coïncide avec les fonctions de production, d'habitat et de régulation. La protection de la fertilité du sol contre la pollution chimique est recherchée par des mesures ancrées dans d'autres domaines du droit de l'environnement (protection des eaux, accidents majeurs, qualité de l'air, etc.). L'ordonnance sur les atteintes portées au sol, entrée en vigueur en 1998, régleme leur contrôle, leur surveillance et leur évaluation et formule des mesures de précaution afin de prévenir les atteintes physiques (érosion et tassement du sol).

La loi sur l'agriculture exige d'environ 90% de tous les exploitants demandant des paiements agricoles directs de fournir les prestations écologiques requises. Outre les exigences en matière de couverture du sol et de protection contre l'érosion (« protection appropriée du sol »), ces prestations comprennent un assolement régulier, un bilan de fumure équilibré, des analyses de sol, une utilisation ciblée des produits phytosanitaires et une part équitable de surfaces de promotion de la biodiversité. Globalement, les prestations écologiques requises exigent à différents égards une exploitation respectueuse du sol, ce qui montre que la protection des sols est bien ancrée. Toutefois, leur impact concret est limité et les contrôles sont rares. La matière organique du sol et le tassement, qui doivent être définis comme des indicateurs de la qualité du sol du point de vue du PNR 68, ne sont pas encore pris en compte dans les prestations écologiques requises.

Plus de cohérence grâce à la collaboration

La dispersion de la politique des sols entre plusieurs domaines politiques répond à une logique sectorielle. En conséquence, les perspectives et les intérêts divers des acteurs relevant de ces domaines politiques ont été poursuivis d'une manière relativement indépendante et donc non cohérente. Les efforts conjugués de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), de l'Office fédéral du développement territorial (ARE) et de l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) en vue de développer une stratégie sol ainsi que la révision et le renforcement conjoints du plan sectoriel des surfaces d'assolement représentent un pas vers une cohérence accrue de la politique des sols. La synthèse thématique 5 du PNR 68 « Vers une politique durable des sols » présente d'autres éléments à ce sujet (chapitre 8).

Un facteur de succès décisif pour une utilisation plus durable de la ressource sol en Suisse sera l'engagement des différents acteurs sur une voie commune. C'est ce qu'indique également l'analyse effectuée dans le cadre de la « Malik Syntegration® » (chapitre 1). Elle explique pourquoi la politique des sols n'a que peu progressé au fil des années. Les acteurs et les processus qui composent le système global « utilisation durable de la ressource

sol» à l'étude sont interconnectés par de longues boucles de régulation, qui rendent difficiles ou empêchent les actions concrètes. La lutte contre la perte continue de sol s'avère donc très lente. Pour activer ce système, c'est-à-dire amorcer une utilisation réellement durable, différents leviers doivent être actionnés simultanément et de façon coordonnée. D'après l'analyse susmentionnée, les plus efficaces sont un engagement politique fort, la sensibilisation, une approche interdisciplinaire, des innovations qui transforment le système, des incitations efficaces et la coordination des parties prenantes.

Sources

- . Sol et production alimentaire. Synthèse thématique 1 du PNR 68. Berne.
- . Sol et environnement. Matière organique du sol, émissions de gaz à effet de serre et atteintes physiques aux sols suisses. Synthèse thématique 2 du PNR 68. Berne.
- . Un agenda du sol pour l'aménagement du territoire. Synthèse thématique 3 du PNR 68. Berne.
- . Plateforme d'informations des sols Suisse (PIS-CH). Synthèse thématique 4 du PNR 68. Berne.
- . Vers une politique durable des sols. Synthèse thématique 5 du PNR 68. Berne.
- . Jenny H. (1941): Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology. McGraw-Hill, New York.
- . Häberli R., Lüscher C., Praplan Chastonay B., Wyss C. (1991): L'affaire sol – Pour une politique raisonnée de l'utilisation du sol. Georg, Genève.
- . Office fédéral de la statistique (ofs) (2009): Statistique de la superficie 2004/09. Neuchâtel.
- . Office fédéral de la statistique (ofs) (2016): Nouveaux résultats pour la région Suisse occidentale. Communiqué de presse du 24.11.2016. Neuchâtel.
- . Office fédéral de l'environnement et Office fédéral de l'agriculture (2016): Objectifs environnementaux pour l'agriculture. Rapport d'état 2016. Office fédéral de l'environnement, Berne. Connaissance de l'environnement 1633. Berne.
- . Office fédéral de l'environnement (OFEV, Éd.) (2017): Sols suisses: état et évolution 2017, OFEV État de l'environnement 1721. Berne.
- . Presler J., Carizzoni M., Widmer D. (2013): Gemeinsame Bodenüberwachung der Zentralschweizer Kantone
- . Pfiffner M., Schibli A., Sourlas M. (2017): Fonds national suisse. Programme national de recherche «Ressource sol» (PNR 68). Start zur Gesamtsynthese mit Malik Syntegration®. Brunnen, 1.-3. November 2017 – Résumé analytique. Saint-Gall.

Le sol recèle de nombreuses qualités dont la société ne peut se passer. Si l'on veut atteindre les objectifs de développement durable, la ressource sol doit être considérée dans sa globalité. Le PNR 68 entend aider à mieux comprendre les fonctions du sol et les services écosystémiques qui en découlent. Le concept de services écosystémiques concentre l'attention sur les fonctions naturelles du sol qui devraient être prises en compte dans les différentes formes d'utilisation des terres et protégées à long terme.

Le sol est un « coffre » rempli d'une variété de trésors impressionnants. Les agriculteurs apprécient avant tout les propriétés qui permettent aux grandes cultures et aux prairies de prospérer. La sylviculture profite également des sols forestiers fertiles : la réserve de bois des forêts suisses augmente chaque année de 10 millions de mètres cubes. Près de la moitié de cet accroissement est utilisé comme bois de construction ou bois-énergie. Selon l'Office fédéral de la statistique, les recettes s'élèvent à plus d'un demi-milliard de francs suisses. Selon le Rapport agricole de la Confédération 2016, l'agriculture et la sylviculture ont généré conjointement une valeur ajoutée brute totale de 4,3 milliards de francs, qui est en grande partie basée sur les services de production du sol. En Suisse, l'approvisionnement en eau exploite aussi les trésors du sol : c'est un filtre efficace dans le cycle de l'eau. Selon la statistique suisse de l'environnement, 700 milliards de litres d'eau potable sont extraits chaque année de la nappe phréatique. Si les sols ne sont pas pollués, le coût et le travail de traitement sont minimes. Que ce soit pour l'agriculture et la sylviculture ou l'approvisionnement en eau potable, le sol remplit des fonctions dont l'utilité est évidente. En outre, il fournit de précieux services de prévention en matière de pollution et de risques naturels : en cas d'intempérie par exemple, il ralentit l'écoulement de l'eau. Et il joue un rôle important dans le système climatique : il stocke d'énormes quantités de carbone – en Suisse, au moins sept fois la quantité contenue dans l'atmosphère.

De nombreuses autres fonctions du sol sont difficilement quantifiables, bien qu'elles contribuent à des services d'une grande importance pour la société. Il suffit de penser aux prestations récréatives des sols non imperméabilisés : les espaces verts non bâtis améliorent le cadre de vie et le microclimat. La diversité, dans et sur le sol, est aussi fortement influencée par l'état du sol. Les diverses fonctions du sol et sa contribution aux services rendus à la société sont indispensables.

Le PNR 68 fait appel au concept de services écosystémiques, qui englobe toutes les prestations que la nature fournit à l'Homme, et le concrétise dans le contexte du sol. Il vise ainsi à mieux mettre en lumière l'importante utilité que les diverses fonctions du sol revêtent pour la société. Seul un sol intact du point de vue physique, chimique et biologique peut contribuer aux précieux services écosystémiques – de la sécurité alimentaire à la biodiversité, en passant par la régulation du cycle de l'eau et du climat.

Les services écosystémiques permettent également de concrétiser les contributions que le sol et l'utilisation des terres peuvent apporter au développement durable. Plusieurs projets du PNR 68 consacrés aux services écosystémiques du sol parviennent à la conclusion suivante : pour souligner l'importance politique et sociale des sols, il convient d'accorder davantage d'attention aux services écosystémiques basés sur les fonctions du sol dans les décisions générales et les questions d'application concrètes.



Sélection de sols forestiers suisses

à partir de la gauche :

En haut : gley, Ermatingen (TG) – pararendzine, Parc national (GR) – stagnogley, Roggwil (BE)

En bas : tangel rendzine – podzo – pararendzine, Birmensdorf (ZH)

Sols et services écosystémiques ne sont que partiellement renouvelables

L'écosystème sol a nécessité des milliers d'années pour se former. C'est pourquoi sa capacité naturelle de régénération peut rapidement être dépassée. Les sols dégradés ne peuvent guère être restaurés même sur plusieurs générations. Pour les rendre à nouveau fonctionnels à long terme, il est nécessaire de recourir à des mesures techniques de remplacement ou de réparation dont le coût est élevé, comme l'expose la synthèse thématique 4 du PNR 68. Le « remplacement » de l'effet filtre du sol par des installations spéciales d'infiltration, qui assainissent les eaux de chaussée de manière analogue aux couches organiques du sol, en constitue un exemple. Les coûts peuvent atteindre trois millions de francs par hectare de surface de drainage. Les processus techniques de restauration des sols ont un certain potentiel. Toutefois, ils impliquent également des dépenses très élevées et ne sont envisageables que sur de petites surfaces. Il est nécessaire d'approfondir les recherches sur les méthodes naturelles de régénération et les projets de recherche SYSTÈMES DE CULTURE AMÉLIORANT LE SOL ET MYCORHIZES du PNR 68 ont apporté une contribution en ce sens.

Dans la plupart des cas cependant, les travaux de construction et les atteintes par tassement, les entrées de polluants ou l'érosion causent des dommages irréversibles au sol. Le « coffre au trésor sol » peut donc uniquement être considéré comme faisant partie du capital naturel renouvelable si la société fait un usage durable des services écosystémiques et des fonctions du sol dont ils sont dérivés. Dans le passé récent, ce principe a souvent été négligé. La valeur des services écosystémiques n'est souvent reconnue que lorsque leur base – le sol dans ce cas précis – a déjà irrémédiablement été endommagée.

Il est urgent d'utiliser le sol en respectant ces précieux services écosystémiques : pour que les générations futures puissent bénéficier des services écosystémiques dérivés des fonctions du sol, celles-ci doivent être préservées. Un changement de perspective est également nécessaire : le sol n'est pas un bien unilatéralement lié à un seul intérêt, mais une ressource multifonctionnelle. Beaucoup de prestations reposant sur le sol servent non seulement le propriétaire du terrain, mais aussi la société tout entière. Le sol ne saurait donc être considéré uniquement comme une surface constructible ou une base d'alimentation. Au contraire, tout l'éventail de ses fonctions et des services écosystémiques qui en résultent doit être apprécié.

Un bon sol – une ressource multifonctionnelle

Un bon sol se mesure traditionnellement à l'aune des exigences de l'agriculture. Ainsi, le « plan sectoriel surfaces d'assolement (SDA) » de la Confédération évalue le sol uniquement en fonction de ses aptitudes culturales, c'est-à-dire de sa capacité à accueillir de grandes cultures. Les sols destinés à assurer dans la mesure du possible l'autosuffisance alimentaire de la population suisse en temps de crise sont donc classés en surfaces d'assolement et protégés et il appartient aux cantons de faire l'inventaire des meilleurs sols agricoles. Le plan sectoriel SDA est en cours de révision. La Confédération et les cantons discutent d'une actualisation et d'une harmonisation du concept de recensement. Il s'avère nécessaire d'agir non seulement parce que l'expansion du milieu bâti menace les contingents

cantonaux de sDA (chapitre 4), mais aussi parce que les bases de données existantes manquent d'homogénéité.

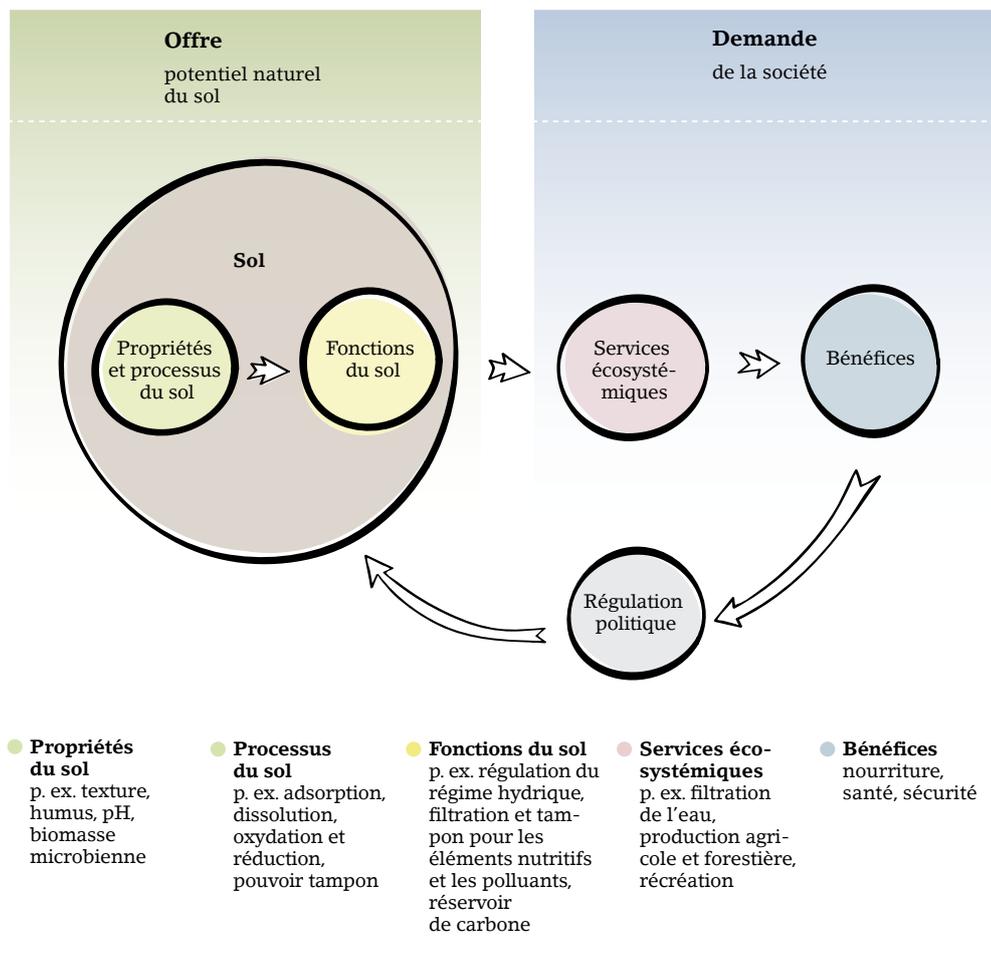
Mais la valeur de la ressource sol se mesure-t-elle uniquement au rendement des récoltes ? Afin que l'évaluation de la qualité ne se limite pas à des aspects ou des intérêts particuliers,

Illustration 2

Relations entre propriétés du sol, fonctions du sol et services écosystémiques

Les propriétés du sol comprennent les caractéristiques chimiques, physiques et biologiques d'un sol. Leur interaction permet au sol de remplir ses fonctions. La société en retire de multiples bénéfices sous la forme de services écosystémiques. L'utilisation, par exemple sous forme d'exploitation agricole et sa régulation par des décisions politiques, agit à son tour sur les propriétés du sol.

Source : A. Grêt-Regamey, ETHZ/A. Keller, Agroscope



le PNR 68 propose une amélioration conceptuelle pour la révision du plan sectoriel sur surfaces d'assolement : le sol constitue à la fois une ressource et un écosystème. La qualité doit donc être appréhendée de manière exhaustive et globale. Les systèmes d'évaluation doivent être complétés par des critères qualitatifs allant au-delà de l'aptitude culturale et intégrant les services écosystémiques pertinents pour la société. Une évaluation globale de la qualité doit par conséquent être dissociée des critères « fertilité du sol » et « meilleurs sols agricoles » et étendue à l'ensemble des capacités fonctionnelles du sol. Le PNR 68 présente à cet effet une grille élargie pour la saisie et l'évaluation de la qualité, qui se concentre sur les diverses propriétés et fonctions du sol. Si les services systémiques sont les richesses du sol demandées par la société, les fonctions du sol reflètent l'offre naturelle de la ressource sol (Ill. 2).

On distingue six catégories de fonctions : la fonction d'habitat, qui est importante pour les organismes présents dans et sur le sol ; la fonction de régulation, que le sol assure en tant qu'interface entre les cycles de matière et d'énergie ; la fonction de production, qui permet la croissance des plantes ; la fonction de support, que le sol offre en tant que terrain utilisable pour les bâtiments et les infrastructures ; la fonction de fournisseur de matières premières (sable, argile pour la construction) et la fonction d'archivage (stockage d'informations sur l'histoire naturelle et culturelle). L'utilisation des fonctions de support et de fournisseur de matières premières recèle le plus fort risque de destruction des sols. Les fonctions écologiques s'influencent mutuellement et sont étroitement liées à différents processus et propriétés du sol.

La matière organique du sol – un paramètre clé de qualité du sol

La matière organique du sol – l'humus – est à la base de différentes fonctions du sol (chapitre 2) et constitue un paramètre clé pour évaluer la qualité d'un sol. Elle est donc en principe un bon indicateur de la qualité du sol. Des recherches appliquées sont toutefois nécessaires pour pouvoir l'utiliser de façon ciblée. Par exemple, il faudrait savoir à partir de quel seuil la matière organique du sol se révèle optimale pour sa structure ou pour une autre propriété du sol. Disposer d'informations exhaustives sur le carbone stocké dans le sol permet en outre de déterminer où se trouvent les sites et les formes d'utilisation sensibles.

Des données détaillées sur la teneur en matière organique des sols contribuent ainsi à la gestion durable des terres cultivées. Les informations nécessaires ne sont cependant pas encore disponibles pour l'ensemble du territoire suisse. Elles permettraient pourtant d'identifier spatialement les fonctions du sol et d'évaluer les meilleures pratiques d'utilisation des terres.

Évaluation des fonctions du sol

Le PNR 68 entend contribuer à une meilleure prise en compte des fonctions du sol dans la pratique et l'application des lois et à leur intégration dans les processus de décision. De nombreux acteurs des domaines de l'aménagement du territoire, de la sécurité alimentaire, de la prévention des risques naturels, de la protection du climat et de la gestion de

l'eau ont besoin d'informations en la matière. Il s'agit d'évaluer les fonctions du sol et d'en faire un critère d'utilisation durable des terres. Dans le cadre du PNR 68, des méthodes d'évaluation des fonctions du sol basées sur des données mesurées des propriétés chimiques, physiques et biologiques et des processus du sol ont été développées pour la première fois. Le projet CARTES DES SOLS du PNR 68 a élaboré des cartes des fonctions du sol différenciées dans l'espace pour deux régions pilotes, dans lesquelles des informations complètes sur le sol étaient déjà disponibles. La sélection de critères de performance pertinents et le développement d'une méthode d'évaluation des fonctions du sol restent importants pour les travaux pédologiques, même après l'achèvement du PNR 68. Le principe de précaution doit également instamment être amélioré : l'accent mis jusqu'à présent par la législation sur l'aptitude culturale doit être remplacé par la prise en compte des fonctions du sol.

La qualité du sol résulte toujours des interactions entre les différentes fonctions du sol. Un sol agricole n'est durablement productif que si ses fonctions de production, d'habitat et de régulation sont préservées et peuvent interagir. Pour connaître une croissance harmonieuse, les plantes cultivées ont non seulement besoin d'éléments nutritifs, mais aussi de nombreux microorganismes ou champignons, qui en agissant en étroite symbiose améliorent l'approvisionnement en éléments nutritifs ou combattent les ravageurs. Le sol est d'autant plus dépendant des interactions entre les différentes fonctions que les conditions environnementales changent en raison du réchauffement de la planète. Selon les prévisions, l'agriculture suisse doit se préparer à des périodes de sécheresse plus longues. À l'avenir, les sols productifs, qui sont aussi importants en tant que réservoirs d'eau, vont donc voir leur valeur augmenter.

Le sol est important pour le climat principalement du fait de ses fonctions de régulation et de production. Il peut en effet exercer un effet modérateur sur le bilan des gaz à effet de serre en tant que réservoir de carbone. A l'inverse, l'utilisation agricole peut augmen-

L'indice de qualité des sols SQUID

L'indice de qualité des sols SQUID (Soil Quality Index) développé dans le cadre de l'étude focalisée INDICATEURS DU SOL du PNR 68 utilise le concept de services écosystémiques pour représenter la valeur du sol pour l'homme (prestations de récréation, de production, etc.). L'indice SQUID a été établi en pondérant les cartes des fonctions du sol du projet CARTES DES SOLS sur la base d'une consultation d'experts et en tenant compte des services écosystémiques.

L'indice SQUID s'appuie sur les « Indicateurs pour les biens et services écosystémiques » publiés par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) en 2011. Ceux-ci peuvent être regroupés en une série d'indicateurs spécifiques – axés sur les services écosystémiques liés aux activités de loisirs ou d'approvisionnement alimentaire, etc. – ou en un seul indice général de qualité des sols.

ter les émissions de gaz hilarant et de dioxyde de carbone et alourdir le bilan des gaz à effet de serre.

L'indice de qualité des sols – un instrument de représentation des services écosystémiques

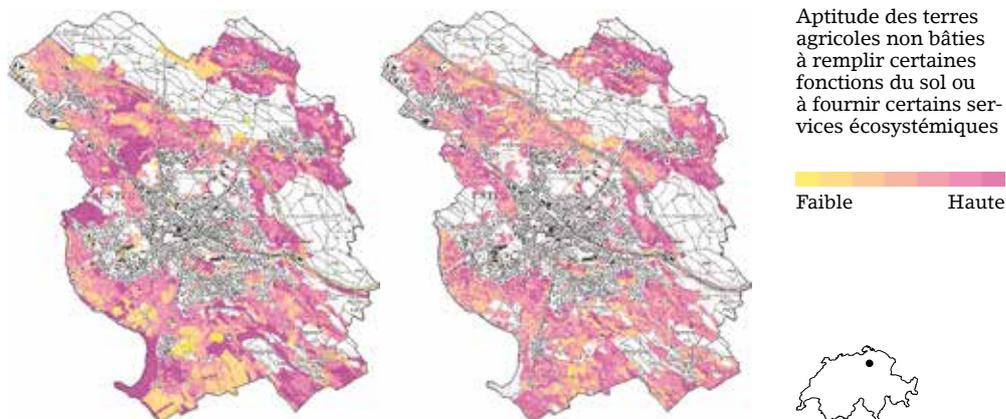
L'utilisation des terres et les changements d'utilisation montrent combien le lien entre fonctions du sol et services écosystémiques est étroit. Les évolutions intervenant dans l'utilisation des terres et des sols ou les exigences de la société exercent un impact direct sur l'ensemble du système. Il est donc urgent de pouvoir identifier plus facilement les bénéficiaires et les risques potentiels en matière d'utilisation des terres. Concrètement, il faut donner plus de poids aux services écosystémiques reposant sur les fonctions du sol, en particulier lors de la pesée des intérêts dans l'aménagement du territoire.

Dans le cadre de l'étude focalisée INDICATEURS DU SOL du PNR 68, les cartes des fonctions du sol du projet CARTES DES SOLS ont été combinées à la demande de services écosystémiques à l'aide de l'indice de qualité des sols SQUID (Soil Quality Index), dans le but d'intégrer la qualité des sols en tant que paramètre opérationnel dans l'aménagement du territoire. Les services écosystémiques des sols, par exemple les prestations récréatives des espaces verts et ouverts et les prestations de production des terres arables, ont pu être représentés avec précision dans l'espace à l'aide de l'indice SQUID. Il permet ainsi d'améliorer la transparence des processus de décision dans l'aménagement du territoire, mais aussi dans d'autres domaines. L'indice SQUID représente dans le détail les différents services écosystémiques auxquels le sol contribue. Il fournit ainsi des infor-

Illustration 3

Comparaison d'une carte d'une fonction du sol (aptitude culturale : à gauche) et d'une carte d'un service écosystémique (prestation récréative grâce à des espaces verts urbains ainsi qu'à des espaces de détente de proximité ou plus éloignés) d'après l'exemple de la commune d'Uster (ZH).

Projet CARTES DU SOL du PNR 68, étude focalisée INDICATEURS DU SOL du PNR 68



mations très différenciées à haute résolution spatiale et présente l'avantage de permettre la prise en compte de la qualité du sol dans les décisions d'implantation à l'échelle locale et régionale.

Des modèles d'indices basés sur les fonctions du sol sont déjà utilisés pour la planification quotidienne dans certains Länder allemands. Contrairement à la Suisse, l'Allemagne dispose d'informations homogènes sur les fonctions et la qualité des sols. Des méthodes analogues sont également appliquées en Autriche. Le PNR 68 recommande l'utilisation d'indices de qualité des sols en Suisse. L'utilisation de tels modèles d'indices de qualité des sols, notamment le recours généralisé à l'indice SQUID, exige encore des travaux de recherche et de développement : il faut continuer à développer les bases élaborées dans le cadre du projet CARTES DES SOLS du PNR 68 afin de permettre une évaluation des fonctions du sol harmonisée au plan national. En outre, les acteurs de la politique des sols doivent initier une campagne générale de collecte d'informations axée sur le thème de la qualité multidimensionnelle des sols (chapitre 6). Les révisions en cours et à venir des lois relatives aux sols, des plans sectoriels et des instruments d'exécution pertinents offrent l'opportunité de promouvoir une vision globale de la qualité des sols et une utilisation durable du sol en tant que ressource multifonctionnelle.

Source

. Un agenda du sol pour l'aménagement du territoire. Synthèse thématique 3 du PNR 68. Berne.

4 Sol et aménagement du territoire : la qualité du sol est déterminante

La perte de terres arables détruit la ressource naturelle sol. Pour éviter de perdre encore davantage de fonctions et de services écosystémiques liés au sol, l'aménagement du territoire doit mieux contrôler le développement de l'urbanisation. Plusieurs projets du PNR 68 montrent comment rendre l'aménagement du territoire plus durable. Pour cela, la qualité du sol doit devenir un facteur de décision important.

La réglementation étatique en matière d'utilisation des terres est en retard par rapport à la menace réelle. Depuis 1969, la Constitution fédérale exige certes une « utilisation mesurée » du sol, mais si l'on étudie la statistique suisse de la superficie, les effets apparaissent peu probants. Entre 1985 et 2009, les surfaces affectées à l'urbanisation ont augmenté de près de 25%. Des terres arables représentant la superficie du Lac de Constance ont été construites. Ni la loi sur l'aménagement du territoire (LAT) ni l'ordonnance sur les atteintes portées au sol (OSol) n'ont pu enrayer cette tendance (chapitre 2). Le Programme national de recherche PNR 22, « Utilisation du sol en Suisse » (1983–1991) proposait déjà des mesures en faveur d'une utilisation mesurée du sol. Pourtant, les principaux facteurs responsables de la perte continue de surfaces agissent toujours : deux tiers des pertes de terres arables sont à imputer à l'expansion du milieu bâti, un quart est dû aux infrastructures routières et ferroviaires. En outre, l'agriculture a elle-même continué à ériger des bâtiments en dehors des zones à bâtir, causant environ un dixième des pertes de terres arables.

L'une des principales raisons de la consommation de sol est l'accaparement des surfaces par la population. En 2009, la surface bâtie par habitant s'élevait à 407 m² en Suisse, soit près de 10% de plus qu'en 1985. Compte tenu de la consommation continue de sol, le temps presse. La société et le monde politique s'accordent de plus en plus pour reconnaître que la perte de surfaces et de sols doit être stoppée efficacement. Au moyen de scénarios quantitatifs, la synthèse thématique 5 du PNR 68 fournit une estimation des interactions entre l'utilisation des terres, les fonctions du sol et la politique des sols. L'analyse confirme l'urgence d'agir et montre que des moyens efficaces de lutte contre la perte de qualité des sols seraient disponibles.

Intégrer la qualité du sol dans l'aménagement du territoire

Le conflit entre expansion du milieu bâti et protection des terres arables s'aggrave, surtout sur le Plateau qui couvre un tiers de la superficie de la Suisse et abrite les sols les plus fertiles et les plus productifs du pays. Parallèlement, les surfaces urbaines s'étendent fortement dans cette région. Ainsi, il y a conflit entre des exigences en matière de surfaces qui sont en partie incompatibles. Les sols à forte productivité sont particulièrement menacés, mais aussi ceux qui possèdent d'autres qualités, le plus souvent négligées par l'aménagement du territoire (chapitre 3). Afin de donner plus de poids à la multifonctionnalité de la ressource sol dans les décisions d'utilisation des terres, les règles d'affectation des utilisations et la pondération des intérêts doivent être améliorées. Tant la perte de terres que la perte de qualité du sol doivent être jugées comme une menace. C'est pourquoi la règle suivante doit s'appliquer à l'évaluation des sites d'installation et à la définition de méthodes de gestion spécifiques au site dans les décisions d'aménagement du territoire : les aspects qualitatifs du sol doivent être systématiquement intégrés. Compte tenu de la perte incontrôlée de surface, le temps presse. Plusieurs Projets du PNR 68 (entre autres PLATE-FORME DE DÉCISION, POINTS D'INDICE DE QUALITÉ DU SOL, COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES



Sélection de sols agricoles

à partir de la gauche :

En haut : sol brun calcaire sur terrain alluvial, Selzach (SO) – sol brun sur moraine, Grafenried (BE) – sol brun sur calcaire, Laupersdorf (SO)

Au milieu : sol brun lessivé, Weiach (ZH) – sol brun, Zurich (ZH) – pseudogley sur dépôts limoneux, Selzach (SO)

En bas : régosol, Radelfingen (BE) – gley, Walchwil (ZG) – sol alluvial, Brugg (AG)

FONCIÈRES, INDICATEURS DU SOL, INSTRUMENTS POLITIQUES) ont étudié si et comment la qualité du sol pouvait être systématiquement prise en compte dans l'aménagement du territoire. Les résultats ne livrent pas encore de méthodes complètes, mais ils présentent des pistes encourageantes sur la manière dont les informations sur la qualité du sol peuvent être intégrées dans les décisions d'aménagement du territoire. Les équipes de recherche ont développé des idées pour un instrument de planification visant à réduire la perte de qualité du sol à l'aide de l'aménagement du territoire. Il appartient aux autorités compétentes de développer ces propositions pour en faire un instrument utilisable.

Le PNR 68 propose des adaptations conceptuelles pour les instruments d'exécution. La protection des fonctions du sol doit être prise en considération au niveau législatif. Les décisions relatives à l'utilisation des sols devraient être étendues au critère « qualité du sol », afin que l'aptitude culturale des sols ne soit pas la seule déterminante. Au lieu de sacrifier un sol de haute qualité pour ériger une construction, il conviendrait de se rabattre sur une surface de moindre valeur. Pour ce faire, il est nécessaire de disposer d'informations précises sur la qualité et les fonctions du sol à l'échelle de la parcelle. De telles informations ne sont pas disponibles à l'heure actuelle. Pour les obtenir, il s'avère indispensable de procéder à un large recensement, aussi bien en termes de thématiques que de territoires (chapitre 6).

Les projets PLATE-FORME DE DÉCISION, SYSTÈME D'ALERTE PRÉCOCE et CARTES DES SOLS du PNR 68 ont élaboré des informations pédologiques pour des régions tests spécifiques. Des caractéristiques qualitatives des terres arables non imperméabilisées allant au-delà de l'aptitude culturale ont ainsi pour la première fois pu être prises en compte dans des décisions d'utilisation des terres.

La qualité du sol doit susciter un intérêt plus fort tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des surfaces affectées à l'urbanisation. Les surfaces non bâties des zones urbanisées ou des zones à bâtir fournissent des services écosystémiques, par exemple de rétention d'eau ou de récréation. Les impacts négatifs exercés par le développement de l'urbanisation sur la qualité du sol doivent donc être limités de façon générale.

Points d'indice de qualité des sols : une clé pour la gestion de la qualité des sols

Dans le canton de Zurich, un mètre carré de terrain à bâtir coûte en moyenne entre 200 et plus de 2500 francs. La fourchette enregistrée par l'Office cantonal de la statistique illustre l'importante influence de la situation géographique, par exemple la proximité d'un centre, sur le prix du terrain. Les différences de prix sont encore plus impressionnantes si l'on compare terrains constructibles et terres arables. Sur le marché foncier rural fortement réglementé, le prix d'un mètre carré de terrain hors zone à bâtir s'élève à moins de 20 francs. L'incitation économique à multiplier la valeur foncière par cent dans le cadre d'un classement (légal) est d'autant plus considérable. Le bénéfice monétaire d'un seul individu représente cependant une perte pour la société toute entière, qui ne devient généralement visible que lorsque les pelleteuses passent à l'action.

Le PNR 68 estime donc qu'une correction est nécessaire et propose une méthode de quantification de la qualité du sol permettant d'appréhender les fonctions du sol à l'aide de points

d'indice. L'évaluation des différentes fonctionnalités suit une méthode testée dans le cadre des projets CARTES DES SOLS, INDICATEURS DU SOL et INSTRUMENTS POLITIQUES du PNR 68: l'indice de qualité des sols. Il combine la superficie et la qualité du sol en un indicateur unique. Lors d'une comparaison entre sites ou d'un projet d'expansion urbain, cet indice permet de contrôler les pertes de qualité acceptables. Ainsi un hectare de sol de qualité supérieure « coûte » plus de points d'indice qu'un sol de moindre qualité. Inversement, des points d'indice peuvent être crédités pour la remise en culture de sols dégradés. Un tel système permet de gérer la consommation de sol en fonction de sa qualité de manière plus souple qu'en recourant uniquement à une limitation quantitative des surfaces constructibles. Ce mécanisme d'indexation introduit automatiquement le point de vue qualitatif dans la décision de planification: les acteurs ont une raison suffisante de viser une baisse aussi faible que possible du nombre total de points d'indice et la perte de qualité de sol peut ainsi être diminuée efficacement.

Le spectre d'utilisation de ce système d'indices s'étend de l'identification de surfaces constructibles appropriées à la protection des surfaces d'assolement en passant par la compensation des zones à bâtir surdimensionnées. Les autres tâches de planification pouvant être simplifiées grâce aux points d'indice de qualité des sols sont l'évaluation des sites pour les projets de construction et d'infrastructures ou la comparaison spatiale des options de développement tenant compte de la qualité du sol. Il existe toutefois un risque qu'une vision trop réductrice s'établisse: une délimitation de nouvelles zones à bâtir qui serait établie uniquement sur la base d'un indice de qualité des sols pourrait favoriser le mitage. En effet, les sols de qualité élevée sont souvent situés en bordure des agglomérations. En combinant un indice de qualité des sols et un indicateur du mitage, les projets COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES et INSTRUMENTS POLITIQUES du PNR 68 ont aussi testé des modèles de développement permettant de contourner ces conflits d'objectifs, car un développement urbain durable doit tenir compte autant du mitage que de la qualité du sol. Du point de vue du PNR 68, il convient d'intégrer le système d'indices de qualité des sols dans les instruments d'aménagement du territoire existants et – comme dans le cas du mitage – de le compléter, si besoin est, par des objectifs d'aménagement du territoire.

Une des raisons principales de la perte continue de sol est l'exécution inadéquate des lois et directives. C'est pourquoi le projet INSTRUMENTS POLITIQUES du PNR 68 a étudié l'impact de mesures d'exécution complémentaires. Il donne la préférence à des moyens de contrôle souples sur les mesures de protection rigides ou les règles d'utilisation restrictives. Des règles plus strictes ne constitueraient pas à elles seules la bonne stratégie, parce qu'elles seraient difficilement acceptables par le monde politique et la société. Les instruments de contrôle tels que le système d'indices décrit ci-dessus, qui inclue les fonctions du sol comme paramètre opérationnel, sont bien plus prometteurs.

Points d'indice de qualité des sols en tant qu'éléments d'un système de contrôle durable

Il est décidé dès aujourd'hui de la superficie qui sera couverte par l'espace urbain en 2035, car les plans directeurs cantonaux couvrent une période de 15 à 20 ans. Les réflexions des cantons s'appuient sur les scénarios démographiques de l'Office fédéral de la statistique. La

marge d'interprétation quant à l'influence de l'évolution démographique sur les besoins en surface futurs est néanmoins importante. Par conséquent, les conflits d'objectifs existant entre l'accroissement des surfaces constructibles axé sur les besoins et l'utilisation mesurée du sol subsistent. La définition d'objectifs de surface concrets pour l'extension urbaine ou une limitation spatiale commence seulement à être envisagée – par exemple au niveau cantonal dans le plan directeur ou à l'échelle communale dans les plans d'affectation et de zonage, mais aussi comme une solution transitoire pour les cantons qui n'ont pas encore adapté leur plan directeur à la loi sur l'aménagement du territoire révisée (LAT 1). La « Stratégie pour le développement durable 2016-2019 » de la Suisse ne formule pas non plus de recommandations quantitatives et se contente de faire des propositions qualitatives. Un renversement tendanciel de la consommation de sol en Suisse doit cependant impérativement être amorcé. Le système d'indices, qui permet de contrôler la perte de qualité du sol de manière flexible, constitue une option en ce sens. Établir un contingentement des points d'indice de qualité des sols permettrait par exemple de déterminer la perte maximale de qualité du sol (perte de surface ou de fonctions) acceptable sur une période de planification. La ville de Stuttgart utilise un système analogue pour contrôler la consommation de sol dans le cadre d'un concept de protection des sols. Le contingent de points mis à disposition pour une période donnée oriente le développement spatial dans la direction souhaitée, de sorte que le développement urbain se fasse en premier lieu sur les sols de moindre qualité.

Outre les points d'indice de qualité des sols, le projet INSTRUMENTS POLITIQUES du PNR 68 a analysé d'autres concepts de régulation, dont une taxe compensatoire et incitative relative à l'appropriation de qualité du sol et une garantie d'existence – analogue à l'obligation de conservation des forêts – pour les sols de valeur élevée. Les résultats de la comparaison montrent que la combinaison d'un indice et d'un contingentement constitue l'instrument le plus efficace pour protéger la qualité du sol sur la base des hypothèses retenues, parce qu'elle a un effet régulateur et impose des limites contraignantes à la consommation. Un ajustement du contingent peut le cas échéant même conduire à une amélioration de la qualité du sol.

Les points d'indice de qualité des sols sont dérivés des fonctions du sol et des services écosystémiques qui en découlent. Ils s'avèrent un instrument polyvalent. Ils permettent de fixer une valeur cible pour la consommation de qualité du sol et donc pour l'utilisation du sol. Leur emploi peut améliorer l'exécution de la législation de l'aménagement du territoire et ils stimulent un débat général sur la question de savoir si et comment la consommation de sol peut être limitée de manière contraignante. Dans les milieux scientifiques et administratifs, des efforts sont entrepris pour développer la méthode d'évaluation des fonctions du sol et des services écosystémiques et le calcul des points d'indice de qualité des sols après la clôture du PNR 68, jusqu'à ce qu'ils soient utilisables dans la pratique.

La qualité du sol dans la pesée des intérêts de l'aménagement du territoire

En Suisse, l'aménagement du territoire requiert des processus de négociation globaux. Lors de la définition des variantes d'utilisation à incidence spatiale, il convient de peser les

différents intérêts : Quelles sont les formes d'utilisation autorisées par la loi ? Quelles sont celles qui favorisent le développement durable ? Quelles sont les surfaces qui bénéficient d'une protection particulière ? Toutes les décisions relatives à l'utilisation des terres doivent tenir compte de ces questions, et d'autres encore, de façon appropriée. Mais, jusqu'à présent, la qualité du sol n'a guère été abordée dans l'aménagement du territoire. Même si elle bénéficiait, comme le préconise le PNR 68, d'une pondération plus forte, elle ne serait que l'un des nombreux critères de décision. Il convient donc de déterminer comment une telle procédure de pondération peut être conçue de manière simple et compréhensible, et coordonnée aux autres critères, afin d'assurer une utilisation durable du sol.

Plusieurs projets du PNR 68 (dont *PLATE-FORME DE DÉCISION* et *MITAGE*) ont étudié l'aménagement du territoire au niveau communal et régional et élaboré des modèles de décision et des outils de visualisation spécifiques. Pour une variante d'utilisation donnée, ceux-ci peuvent être utilisés pour simuler et visualiser à l'échelle locale et régionale l'impact exercé sur la qualité du sol par des projets de construction et d'infrastructures concrets, par l'application spatiale des directives légales ou par la définition d'une stratégie territoriale globale. De cette manière, les acteurs concernés obtiennent une vision précoce et claire des conséquences de certaines décisions et des conflits d'objectifs inhérents aux mesures planifiées.

La planification intercommunale – une nécessité

Deux constats semblent particulièrement frappants. Il convient d'une part d'encourager la collaboration entre les communes lors de la planification. Si plusieurs communes travaillent ensemble, le choix de sites s'élargit. La perte de qualité de sol peut ainsi être minimisée lors de l'affectation des surfaces constructibles. D'autre part, la collaboration permet aussi d'évaluer plus clairement les conséquences pour l'agriculture et de déplacer l'expansion du milieu bâti vers des sols de moindre qualité.

Il n'existe guère de domaine politique qui soit plus fortement influencé par le système fédéral suisse que l'aménagement du territoire. Les mesures essentielles à une politique des sols durable – telles que l'utilisation mesurée du sol et le développement urbain vers l'intérieur – sont du ressort des communes. Les défis à relever à l'échelle locale sont considérables. Certaines communes et villes subissent des pressions économiques et politiques extérieures. Mais elles stimulent aussi elles-mêmes la demande locale de terrains à bâtir, par exemple par leur politique en matière de localisation, de fiscalité et d'infrastructures. Le projet de recherche *MITAGE* du PNR 68 a identifié d'importants moteurs de croissance au niveau communal : une bonne accessibilité, une forte proportion de pendulaires et un niveau de prospérité élevé de la population constituent les principaux facteurs induisant une expansion des zones urbanisées supérieure à la moyenne.

Toutefois, c'est aussi aux communes elles-mêmes qu'il appartient d'agir et de promouvoir une utilisation durable du sol, par exemple en tenant davantage compte de la qualité du sol dans les plans d'affectation communaux et en renforçant la coopération avec les autorités de planification compétentes. Le PNR 22 « Utilisation du sol en Suisse » et le PNR 54

« Développement durable de l'environnement construit » ont tous deux recommandé de mettre un terme à la consommation de sol par des efforts au niveau régional. Le projet de recherche **COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES** du PNR 68 met en exergue les effets de synergie que la collaboration interrégionale et transversale peut déclencher. Un remaniement parcellaire supracommunal pouvant être coordonné de manière plus souple, il s'avère alors plus facile d'optimiser les exigences en termes de surface. Les fonctions du sol sont davantage liées au site que les conditions économiques locales. Une extension du périmètre de planification accroît le choix des emplacements, donc les options de sites et la marge de décision. Le projet **INSTRUMENTS POLITIQUES** du PNR 68 est parvenu au même constat après avoir étudié des scénarios de développement supracommunaux dans l'Oberland zurichois. Il a montré que la perte de qualité de sol est moins élevée quand les communes coordonnent l'échange de zones à bâtir. Sans restreindre le développement socioéconomique ni limiter les besoins en espace, des sols précieux sont effectivement épargnés par la construction.

Introduire des mécanismes de compensation

Les zones forestières et marécageuses bénéficient d'une protection particulière dans l'aménagement du territoire en Suisse. Par contre, l'accès aux terres arables – voire aux surfaces d'assolement protégées – n'est en principe pas interdit même aux intérêts non agricoles. L'aménagement du territoire offre ici une certaine marge de manœuvre qui exige de trouver un équilibre entre les intérêts économiques, sociaux et écologiques. Une utilisation durable du sol doit donc souvent viser un cadre plus large, c'est-à-dire s'inscrire dans l'interaction des mécanismes de compensation spécifiques au site. Cette condition est, par exemple, remplie dans les plans d'affectation lorsque l'extension des

Perte de sol et mitage

Le projet **MITAGE** du PNR 68 a étudié l'influence réciproque de la perte de sol et de l'urbanisation dans différents scénarios. Si le développement se poursuivait comme dans la première décennie de ce siècle, les surfaces affectées à l'urbanisation augmenteraient de 25% d'ici 2035. Parallèlement, les terres arables utilisées intensivement diminueraient de 15%, ce qui triplerait le taux de perte actuel. En revanche, si l'intervention politique était renforcée (par exemple, au moyen d'instruments d'exécution axés sur les incitations ou à travers la première révision de la loi sur l'aménagement du territoire qui n'a pas encore été prise en compte dans les scénarios), la surface urbaine continuerait d'augmenter, mais la croissance de l'urbanisation pourrait être réduite à 3%. La perte de qualité du sol serait atténuée, mais non empêchée. En outre, les sols de meilleure qualité seraient les plus fortement menacés. Par mesure de précaution, il convient donc de conseiller aux autorités de planification des cantons et des communes d'intégrer les fonctions du sol dans la pondération des intérêts lors de l'élaboration des plans directeurs ou d'affectation. Cela peut permettre d'améliorer directement la protection de la qualité des sols.

zones à bâtir peut être compensée par le déclassement de surfaces équivalentes. Comme le montre le projet COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES du PNR 68, un développement urbain régional présente des avantages stratégiques dans la mesure où un cadre spatial flexible de mise en œuvre des objectifs supracommunaux peut être défini en matière de tassement ou de conservation des qualités du sol.

Sources

- . Un agenda du sol pour l'aménagement du territoire. Synthèse thématique 3 du PNR 68. Berne.
- . Plateforme d'information des sols Suisse (PIS-CH). Synthèse thématique 4 du PNR 68. Berne.
- . Vers une politique durable des sols. Synthèse thématique 5 du PNR 68. Berne.

5 **Approches pour une agriculture respectueuse du sol**

Ces vingt dernières années, la politique agricole suisse a accordé une attention de plus en plus prononcée aux préoccupations écologiques. Toutefois, ce sont justement les efforts entrepris en faveur d'une exploitation respectueuse du sol – base même de la production agricole et forestière – qui s'avèrent le souvent insuffisants. Le PNR 68 a élaboré des propositions visant à assurer la préservation future des multiples fonctions du sol.

Comme l'attestent les statistiques, l'agriculture suisse peut s'enorgueillir d'un bilan respectable. Depuis le début des années 1980, elle produit environ 60% des aliments consommés dans notre pays – et ce, bien que la population ait augmenté d'environ 30% sur la même période. Cette hausse constante de la production a notamment été rendue possible par la spécialisation continue des exploitations. Les progrès réalisés dans les domaines de la sélection végétale et animale et de l'élevage ainsi que les nouvelles méthodes de fertilisation et de lutte contre les ravageurs, les maladies et les adventices ont également apporté une contribution importante à cette évolution. Dans le même temps, ils ont néanmoins généré de nouveaux problèmes qui affectent particulièrement les sols.

Le PNR 22 parvenait déjà à la conclusion que le cadre économique, notamment le retard accusé par les revenus des agriculteurs, encourageait des modes d'utilisation du sol « compromettant le maintien à long terme de sa fertilité et de ses fonctions, et favorisant sa lente destruction ». Une autre conclusion du PNR 22 apparaît toujours valable aujourd'hui : « la politique agricole ne soutient pas suffisamment l'utilisation durable du sol. »

La politique agricole sur la voie d'un développement plus durable

Depuis la clôture du PNR 22, quelques modifications sont néanmoins intervenues. En 1993, l'introduction de la production intégrée a signé la naissance d'un programme écologique pour l'agriculture suisse auquel neuf exploitations agricoles sur dix participaient en 1999. En 1994, le système des paiements directs a été étendu dans le cadre de la politique agricole suisse et lié aux prestations écologiques requises. Cette réorientation de la politique agricole, approuvée dans les urnes la même année, a révolutionné l'agriculture suisse, car les revenus agricoles ne sont depuis plus uniquement générés par les biens produits. Les paiements directs rétribuent des prestations bénéfiques pour l'environnement : bilan de fumure équilibré, assolement régulier ou utilisation la plus économique possible de produits phytosanitaires. D'autres contributions et programmes indemnisent les agriculteurs pour les efforts entrepris en faveur d'un mode d'exploitation plus écologique.

La réorientation de la politique agricole suisse a permis d'inverser la tendance qui privilégiait une production alimentaire toujours plus industrielle. Aujourd'hui, la Suisse connaît principalement deux systèmes agricoles. Selon l'Office fédéral de la statistique, les règles de la production intégrée (prestations écologiques requises) sont respectées sur plus de 98% des 1,05 million d'hectares de surface agricole utile. 142 000 hectares (environ 14% de la surface agricole utile) sont cultivés dans le respect des standards de l'agriculture biologique.

La spécialisation menace l'équilibre

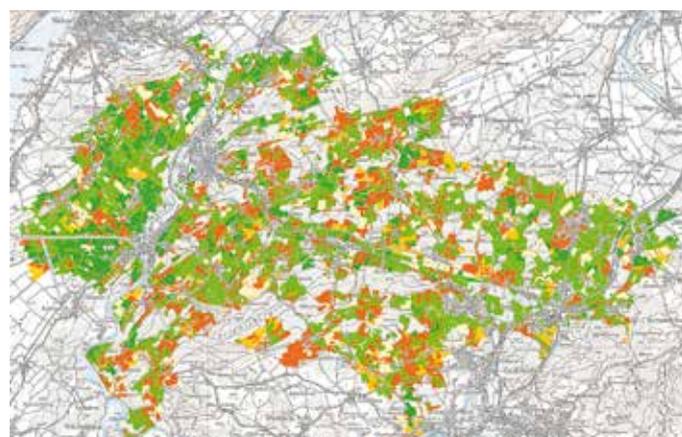
D'un point de vue international, l'agriculture suisse est fortement orientée vers les produits d'origine animale. Par rapport aux pays voisins, elle présente de loin la plus grande densité d'élevage avec 1,7 unité de gros bétail (UGB) par hectare, l'Allemagne occupant la deuxième place avec 1,07 unité de gros bétail par hectare. En Suisse, les deux labels IP-Suisse (production intégrée) et Bio Suisse (agriculture biologique) laissent la place à des formes d'agriculture très variées, ce qui permet aussi une spécialisation axée sur des produits spécifiques.

L'orientation régionale vers certains modèles de production est en partie liée aux conditions naturelles et se reflète aussi bien dans le paysage, que dans l'impact environnemental. Ainsi près d'un tiers du cheptel porcin suisse est concentré dans le canton de Lucerne, qui ne représente qu'environ 7% de la surface agricole utile de la Suisse. En conséquence, le sol et de nombreux affluents des lacs de Sempach et de Baldegg présentent des concentrations excessives en phosphore. En revanche, les grandes cultures dominent dans le canton de Vaud qui est le premier producteur de céréales panifiables, de maïs, de pommes de terre, de betteraves sucrières, de colza et d'autres cultures de plein champ en Suisse. De nombreuses exploitations agricoles ne pratiquent absolument pas l'élevage animal, de sorte que le sol manque d'engrais de ferme. A l'échelle de la Suisse, 86 % des exploitations sans bétail exportent leur paille et seulement un tiers d'entre elles compensent cette perte en reprenant le fumier, ce qui aggrave à la fois leur bilan de fumure et leur bilan carbone.

Illustration 4

Bilan des apports annuels moyens de phosphore et de la capacité d'assimilation des sols sur la période 2010 à 2014 dans les régions étudiées du Seeland bernois.

Projet SYSTÈME D'ALERTE PRÉCOCE du PNR 68



Bilan du phosphore en kilogrammes par hectare et par an:

- - 20
- - 20 à - 5
- - 5 à 5
- 5 à 20
- > 20
- Aucun bilan réalisé

Entre les trois lacs situés au pied du Jura, le Grand Marais – est à l'inverse considéré comme le « jardin potager national ». Dans cette zone marécageuse améliorée, quelque 500 fermes cultivent des légumes sur environ 2600 hectares. Environ un quart des légumes de plein champ consommés en Suisse est ainsi produit dans le Seeland bernois et fribourgeois. L'exploitation de ces sols organiques entraîne des pertes de carbone très élevées et contribue dans une large mesure aux émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture suisse.

Mais il existe aussi des régions où les productions végétale et animale sont équilibrées. Dans le canton de Zurich, par exemple, la plupart des exploitations combinent élevage et grandes cultures, et les surfaces agricoles utiles sont exploitées conformément aux prestations écologiques requises. Ce rapport équilibré exerce aussi un effet positif sur la qualité de l'assolement.

Du fait de sa spécialisation, l'agriculture se retire de plus en plus des zones d'altitude. Le programme de monitoring « Observation du paysage suisse » (ops) montre que les pâturages d'estivage ont accusé un recul de 5,4% sur les 24 dernières années. La forêt s'installe sur de nombreux alpages qui ne sont plus pâturés. Sur l'ensemble du territoire suisse, la croissance forestière est responsable d'un tiers de la perte de terres arables. À la différence de ce qu'induit l'imperméabilisation, les fonctions du sol ne sont pas perdues, elles sont cependant modifiées et leurs performances augmentent même à certains égards. Les sols forestiers suisses présentent, par exemple, une teneur en carbone significativement supérieure à celle des sols agricoles et sont donc importants pour la protection du climat.

Promouvoir l'intensification écologique

L'approche de la production intégrée s'est majoritairement imposée dans l'agriculture suisse. Elle met l'accent sur la protection des végétaux. Au vu des menaces qui pèsent sur les sols, il convient toutefois de placer la qualité du sol au centre des préoccupations. Le potentiel de production de l'exploitation doit ainsi être davantage pris en compte. L'article 13 de l'ordonnance sur les paiements directs exige certes expressément un bilan de fumure équilibré, dans lequel « les apports autorisés en phosphore et en azote sont calculés en fonction des besoins des plantes et du potentiel de production de l'exploitation ». Cependant, la pratique ne tient pas compte de ce potentiel, car les réserves en éléments nutritifs du sol ne sont pas considérées dans le « Suisse-Bilanz », l'instrument permettant d'établir le bilan de fumure. D'autre part, l'agriculture doit être mieux adaptée aux conditions locales. Le concept d'« agriculture adaptée au site » prend entre autres en compte le risque local de pollution des eaux et l'impact des pratiques agricoles sur la biodiversité.

Enfin, les résultats de la recherche scientifique et agricole doivent être davantage intégrés dans les pratiques d'exploitation. Le concept d'« intensification écologique » repose sur une agriculture fortement basée sur la connaissance, qui vise une utilisation optimale des fonctions et des ressources écologiques. Les résultats des recherches du PNR 68 mettent en évidence qu'il existe tout un éventail de possibilités qui permettent d'obtenir des rendements très proches de ceux de la production intégrée conventionnelle en recourant à des modes d'exploitation adaptés au site et respectueux du sol.



Sol organique sur dépôts limoneux dans le Seeland bernois

Conflit entre protection des cultures et travail ménageant le sol

La charrue constitue depuis toujours l'outil le plus emblématique de l'agriculture. Elle sert à lutter efficacement contre les adventices et à incorporer les engrais de ferme dans le sol. Toutefois, beaucoup d'agriculteurs optent maintenant pour un travail réduit du sol ou renoncent même complètement au labour avec le semis direct. S'ils ménagent ainsi le sol, ils se passent cependant d'un moyen efficace de gestion des adventices et acceptent de devoir utiliser plus de produits phytosanitaires. Des mesures de précaution telles qu'un assolement approprié, intégrant en particulier des engrais verts, contribuent à remédier à ce conflit.

Des séries d'observations à long terme ont montré que quelques années après la conversion, les rendements obtenus avec un travail réduit du sol étaient similaires à ceux obtenus avec le labour. Puisque le travail réduit du sol nécessite moins d'interventions au champ, la charge de travail et le risque de devoir circuler dans les champs à un moment défavorable diminuent. Le travail réduit du sol est également bénéfique pour la protection du climat: un essai de terrain a ainsi montré que, sur une période de treize ans, un travail réduit avait permis l'accumulation de huit tonnes de carbone supplémentaires par hectare par rapport aux surfaces cultivées de manière conventionnelle. Un autre avantage du travail réduit est que la matière organique du sol n'est pas transportée en profondeur, mais reste dans les couches superficielles du sol, où elle contribue à prévenir l'érosion, à encourager la biodiversité et à améliorer l'infiltration de l'eau.

Un sol sous pression

En Suisse, de plus en plus de machines agricoles lourdes sont utilisées. Entre 1990 et 2015, la part de tracteurs agricoles de plus de 5 tonnes a été quasiment multipliée par soixante – passant de 0,6 à 34,8% du parc de véhicules agricoles. Si les machines lourdes sont utilisées au mauvais moment, surtout sur des terrains humides ou mouillés, elles tassent le sol. Sous l'effet de la charge importante, la structure du sol se déforme jusque dans les couches profondes: sa perméabilité à l'eau et à l'air diminue et sa fonction d'habitat est altérée.

Il n'existe pas de chiffres sur le tassement des sols à l'échelle de la Suisse. On estime qu'un tiers des sols de Suisse centrale sont fortement tassés et on sait en outre que les surfaces de cultures maraîchères sont fortement menacées par le tassement. Les cultures sarclées et les assolements sans prairie artificielle sont particulièrement menacés. Les sols des forêts sont également tassés suite à l'utilisation d'engins lourds dans l'exploitation forestière.

Il est extrêmement difficile de régénérer les sols une fois qu'ils ont été tassés. Les macropores artificiels constituent une approche prometteuse, car ils améliorent l'aération du sol. Ils améliorent en même temps la productivité des végétaux en permettant aux racines de pousser. Les engrais verts dont les espèces ont des racines de gros diamètre ou un système racinaire dense, telles que le radis chinois, la luzerne ou le tournesol, conviennent particulièrement bien pour ameublir les sols légèrement tassés.



Cultures maraîchères dans le Seeland bernois

Les sols tassés produisent moins et ne se restaurent que lentement. Leurs fonctions restent limitées parfois pendant des décennies. Une première régénération rapide se produit dans le sol superficiel au cours des deux à quatre premières années. Elle se ralentit ensuite, de sorte que l'on estime le temps de régénération à environ dix ans. Même au bout de dix ans, une baisse de rendement d'environ 1,5% peut être anticipée. La régénération du sous-sol tassé est plus lente. Elle entraîne également une baisse durable de la production.

Compte tenu de ces dommages à long terme, il faut absolument éviter le tassement du sol. Le modèle de simulation «Terranimo» permet d'identifier en amont les risques de tassement et de prévenir les dommages par des mesures telles que l'ajustement de la pression des pneus et une optimisation du moment de passage.

Les sols nus sont vulnérables

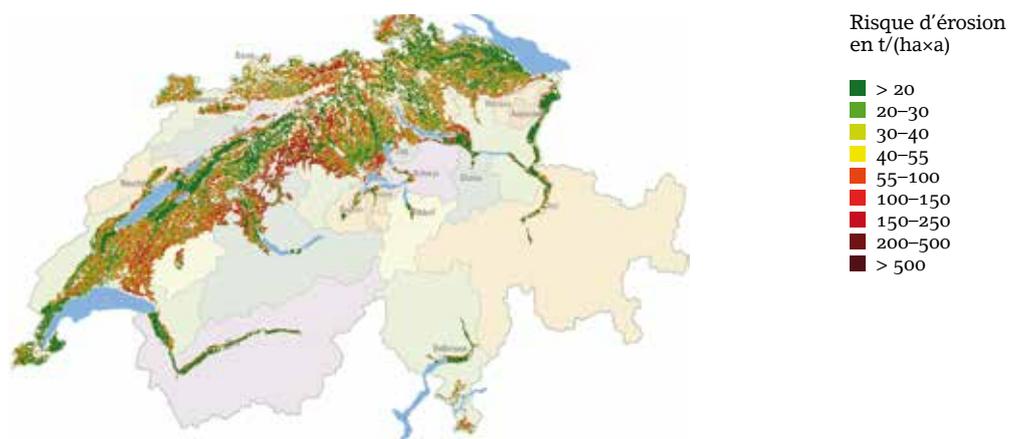
L'érosion constitue un autre risque majeur: là où les sols sont labourés de manière conventionnelle et mis ensuite en jachère, quatre tonnes de terre par hectare, voire plus, sont perdues par érosion chaque année sur près d'un sixième des terres agricoles suisses. Les engrais verts protègent le sol des intempéries et lui fournissent des éléments nutritifs précieux. Pour que les engrais verts développent leur effet protecteur, les cultures dérobées doivent couvrir au minimum 30% du sol. Toutes les espèces habituellement utilisées testées dans le cadre du PNR 68 satisfont à ces critères en peu de temps.

Les racines des engrais verts stabilisent le sol. Comme ils ne sont pas récoltés et que le feuillage et les racines restent sur le champ, ils enrichissent le sol en carbone organique. Par ailleurs,

Illustration 3

La carte du risque d'érosion des surfaces agricoles en Suisse.

Projet CARTES DES SOLS du PNR 68, étude focalisée INDICATEURS DU SOL du PNR 68



ils aident à contenir la flore adventice indésirable qui s'installe sinon rapidement sur les sols nus. Selon les résultats du PNR 68, combinés à un travail réduit du sol, les engrais verts sont capables de contrôler les adventices aussi efficacement que le labour.

Un assolement diversifié comporte des avantages

Un assolement équilibré se révèle extrêmement avantageux pour lutter contre les adventices et les ravageurs et pour optimiser l'utilisation des ressources en eau et en éléments nutritifs. Dans l'essai à long terme lancé par Agroscope en 1967 à Changins près de Nyon, les deux tiers des fluctuations de rendement ont pu être attribués à l'assolement. Selon les chercheurs, ces variations sont principalement imputables aux organismes du sol, qui profitent des résidus de récolte variés d'un assolement diversifié, lequel réduit parallèlement les besoins en engrais azotés chimiques et les émissions de gaz à effet de serre. Une méta-analyse globale a montré qu'un assolement diversifié combiné à une fertilisation azotée organique permettait de réduire de 15% les émissions de gaz hilarant du sol. Si le rapport entre production animale et végétale est équilibré, la culture de prairies artificielles et de légumineuses fourragères pluriannuelles à racines profondes dans l'assolement se révèle particulièrement avantageuse pour le sol, car elle compense la consommation d'humus des cultures commerciales annuelles.

Par ailleurs, divers essais menés dans le cadre du PNR 68 soulignent que les organismes du sol sont bénéfiques pour la nutrition des plantes cultivées. Le choix de l'assolement est déterminant pour le développement des champignons mycorhiziens arbusculaires utiles. Si des plantes qui ne forment pas de symbiose avec les champignons mycorhiziens, comme le colza, sont cultivées plus fréquemment, la diversité et la qualité de la communauté fongique diminuent. En outre, l'impact des champignons mycorhiziens arbusculaires sur la productivité des cultures dépend fortement des conditions locales. Ils s'avèrent particulièrement importants pour la restauration des fonctions du sol dans les sols fortement dégradés.

Méthodes prometteuses de lutte naturelle contre les ravageurs

Les produits phytosanitaires polluent autant le sol que les eaux. On pourrait réduire leur application en utilisant davantage de méthodes de contrôle biologique. Ainsi les nématodes parasitent un certain nombre d'insectes nuisibles du sol et libèrent à l'intérieur de leur hôte des bactéries productrices de toxines qui tuent les insectes nuisibles. Dans les conditions actuelles, cette méthode s'avère encore trop onéreuse pour être mise en œuvre efficacement en Suisse. Cependant, si des ravageurs comme la chrysome des racines du maïs se répandaient davantage, les nématodes pourraient faire leurs preuves dans la protection des récoltes de maïs indigène, comme le constate le projet NÉMATODES du PNR 68. Des spécimens de ce coléoptère nuisible ont été localisés dans presque toute la Suisse, mais grâce à l'assolement obligatoire dans le cadre des prestations écologiques requises, il n'a pas (encore) pu s'établir complètement.

Le projet BACTÉRIES DU SOL du PNR 68 a montré que certaines bactéries du sol (*Pseudomonas*) sont capables de contrer la propagation de maladies fongiques transmises par le sol

qui attaquent les racines des plantes. En conditions adéquates, ces bactéries colonisent abondamment les racines des végétaux et produisent une substance active contre les champignons nuisibles, ce qui déclenche les mécanismes de défense des plantes. Les recherches doivent être poursuivies afin de déterminer si et comment ces fongicides naturels peuvent être utilisés à grande échelle. Le projet LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES PARASITES du PNR 68 a développé une première forme d'utilisation permettant d'épandre des nématodes et certaines espèces de *Pseudomonas* enrobés dans des billes d'alginate avec les grains de maïs.

Nécessité urgente d'une action politique

La libéralisation actuelle des marchés agricoles accroît la pression sur le sol – notamment parce qu'elle encourage une poursuite de la rationalisation et de la spécialisation de l'agriculture. Il est donc plus difficile de maintenir un assolement équilibré, indispensable à l'équilibre entre cultures productives et régénératives, et d'éviter une concentration régionale des exploitations orientées exclusivement vers la production animale ou végétale.

Les agriculteurs qui ménagent le sol à l'aide d'engrais verts ont une rentabilité économique plus faible. C'est pourquoi il faut développer des instruments permettant de compenser les écarts de prix entre cultures dérobées rentables et cultures régénératives. Ce faisant, il faut veiller à ce que ces formes de soutien agricole soient compatibles avec les réglementations internationales, telles que la « Green Box » prévue par l'Organisation mondiale du commerce (OMC), notamment en ce qui concerne les mesures de protection de l'environnement et de développement régional.

Afin de pouvoir exploiter les parcelles de façon ciblée, l'agriculture a besoin d'informations pertinentes sur le sol. A cette fin, des cartes des sols détaillées – qui donnent également des indications sur les sites particulièrement sensibles et en danger de tassement – sont requises (chapitre 6).

Les critères des prestations écologiques requises doivent être revus et complétés en ce qui concerne le maintien et la promotion de la qualité du sol (p. ex. la teneur en matière organique ou l'utilisation de machines lourdes). Le poids des tractrices et autres machines utilisées doit aussi être pris en compte lors de l'octroi de paiements directs. De plus, l'introduction d'un essai de type et d'homologation pour les machines agricoles est recommandée. Il faut enfin prendre en considération le conseil, les groupes d'experts et les contrôles, tels qu'ils sont déjà utilisés avec succès sur les chantiers de construction sous la forme d'un suivi pédologique.

Sources

- . Sol et production alimentaire.
Synthèse thématique 1 du PNR 68. Berne.
- . Sol et environnement. Matière organique
du sol, émissions de gaz à effet de serre
et atteintes physiques aux sols suisses.
Synthèse thématique 2 du PNR 68. Berne.
- . Rey L., Hunziker M., Stremlow M., Arn D.,
Rudaz G., Kienast F. (2017) : Mutation du pay-
sage: Résultats du programme de monitoring
Observation du paysage suisse (ops), L'état
de l'environnement 1641, OFEV, Institut fédéral
de recherches sur la forêt, la neige et le pay-
sage (WSL). Berne et Birmensdorf.

Le sol est utilisé de manière intensive, mais il constitue encore souvent une « terre inconnue ». Afin d'améliorer les connaissances sur les sols suisses et leurs capacités, le PNR 68 recommande d'effectuer une cartographie complète des sols à l'aide de méthodes de relevé numériques innovantes. La plateforme d'information des sols suisse (PIS-CH) doit à l'avenir servir de plaque tournante pour les données pédologiques afin de répondre de manière interactive aux divers besoins d'information des parties prenantes et d'évaluer les menaces et les fonctions du sol. Elle doit encourager la collaboration entre la recherche sur le sol et les différents domaines politiques et disciplines d'utilisation.

La Suisse a un grand retard à combler en matière de recensement des propriétés et de la qualité des sols. Le service national de cartographie des sols agricoles, qui avait été mis en place il y a plus de 60 ans, a été supprimé en 1996. Les efforts consécutifs des cantons en faveur de la cartographie des sols n'ont pas permis de combler les lacunes existantes: moins d'un tiers des terres arables suisses a fait l'objet d'un relevé pédologique. Seuls les cantons de Zurich, de Bâle-Campagne et de Zoug disposent de cartes des sols exhaustives, sur lesquelles les surfaces agricoles sont au moins représentées. D'autres cantons ont partiellement cartographié leurs sols. À ces taches aveugles s'ajoutent des lacunes dans le contenu des relevés précédents. Beaucoup de données sont donc difficilement comparables.

En Suisse, l'histoire de la cartographie des sols est relativement ancienne. Une première carte nationale des types de sols avait été établie à l'échelle 1:600 000 en 1925. Toutefois, des données étendues sur la qualité et les fonctions des sols suisses font toujours défaut tant sur le plan spatial que thématique. Pour pallier cette carence dans un avenir proche, la Suisse a besoin d'élaborer une stratégie coordonnée afin de recenser les propriétés du sol de façon systématique à l'échelle de la parcelle. C'est la raison pour laquelle la synthèse thématique 4 du PNR 68 recommande de commencer une première cartographie générale des sols. Les informations correspondantes sur la structure, les propriétés et les fonctions du sol, de même que des cartes d'utilisateur, doivent être mises à disposition des différentes disciplines, parties prenantes et domaines d'exécution auxquels ces connaissances fondamentales sont nécessaires. Une base solide sera ainsi établie afin de s'assurer que la qualité du sol soit mieux prise en compte dans l'aménagement du territoire comme dans d'autres disciplines (chapitre 3).

Le fait de dépasser les frontières nationales a fourni des enseignements précieux à l'étude focalisée SYSTÈMES D'INFORMATION DU SOL du PNR 68. Par rapport à la Suisse, l'Allemagne, le Danemark, les Pays-Bas et l'Autriche sont bien mieux informés sur les propriétés de leurs sols et leur répartition spatiale.

Besoins en informations sur les sols

Pour que la Suisse puisse bénéficier de bases comparables à celles de ses voisins, il convient tout d'abord de définir le spectre des informations pédologiques nécessaires. À cet effet, il faut déterminer les besoins des différentes disciplines. Quelles informations s'avèrent nécessaires pour évaluer les performances d'un sol et les services écosystémiques qui en découlent? Quelles sont les données nécessitées par les différents groupes d'utilisateurs?

Afin de pouvoir adapter localement l'utilisation d'engrais ou de véhicules et l'assolement, l'agriculture s'intéresse en premier lieu à la teneur en éléments nutritifs et en humus, à la profondeur, au régime hydrique et à la texture du sol. La capacité d'un sol à stocker l'eau est importante pour la prévention des risques naturels, car elle exerce une influence cruciale sur le ruissellement superficiel lors des pluies intenses. La gestion de la biodiversité exige également de disposer d'informations précises, par exemple sur la diversité des espèces abritées par le sol. Et des informations sur la matière organique et la structure du sol sont indispensables dans tous les endroits où le sol doit faire office de filtre naturel des eaux souterraines et de l'eau potable, car celles-ci permettent de déduire l'aptitude du sol à fixer les métaux lourds ou d'autres substances indésirables.

Le mode d'utilisation du sol et les demandes des acteurs peuvent évoluer rapidement. Les projets CARTES DES SOLS, MODÈLES D'EXPLOITATION DU SOL et SYSTÈME D'ALERTE PRÉCOCE du PNR 68 ont révélé une forte dynamique difficile à saisir. Il est aussi apparu clairement qu'une utilisation du sol ne saurait s'avérer durable et équitable sur le plan générationnel sans que les acteurs de l'exécution comme de la pratique se préoccupent de l'impact des différentes utilisations sur la qualité du sol – ce dont l'on est encore loin en Suisse. Malgré une forte pression d'utilisation, la qualité du sol demeure en de nombreux endroits une variante inconnue, quand elle n'est pas tout bonnement ignorée. De nombreuses décisions de planification et d'exploitation sont adoptées alors que la qualité du sol n'est pas suffisamment connue (chapitre 3). La cartographie des sols proposée sur l'ensemble du territoire vise à combler ces lacunes et à fournir des informations essentielles aux parties prenantes et aux secteurs chargés de l'exécution, données qui constituent le cœur de la plateforme d'information des sols suisse (PIS-CH).

Qu'est-ce qu'une plateforme d'information des sols ?

En tant que plateforme d'information et de services pédologiques, la plateforme d'information des sols suisse (PIS-CH) doit regrouper les résultats de la cartographie nationale et ceux des campagnes de mesure précédentes. La saisie et la gestion des données sont définies du point de vue des sciences du sol – de la standardisation des méthodes de mesure techniques ou numériques à l'harmonisation du programme de relevés et de la méthode de cartographie. La plateforme doit permettre des consultations interactives spatiales et thématiques ainsi que des analyses des informations pédologiques et mettre à disposition des produits tels que des cartes d'utilisateurs et des fonctions du sol. Une offre de prestations indépendante et étendue, qui vise aussi à renforcer le transfert de connaissances interdisciplinaire et la coordination intersectorielle, permettra d'élargir la plateforme afin d'en faire un centre de compétence pour les informations relatives aux sols. La PIS-CH doit ainsi promouvoir l'échange de données et d'informations et la collaboration entre les sciences du sol, l'administration et la pratique et jouer le rôle d'instrument de coordination central de la politique des sols nationale.

La PIS-CH ne doit pas être développée sur une base entièrement nouvelle, que ce soit en termes de contenu ou d'organisation. Les travaux préliminaires effectués jusqu'à présent pourront être mis à profit. Les auteurs de la synthèse thématique 4 « Plateforme d'information des sols suisse (PIS-CH) » recommandent de développer le réseau existant

«Système national d'information pédologique» (NABODAT) afin d'en faire une plaque tournante harmonisée dédiée aux informations pédologiques. Le système NABODAT est exploité sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement et divers groupes administratifs et scientifiques spécialisés y ont d'ores et déjà accès.

Sur le plan stratégique, il convient de chercher à établir des réseaux avec les différents domaines d'application. La PIS-CH pourra ainsi s'appuyer sur les travaux préparatoires visant à améliorer la conservation des sols, par exemple sur la Stratégie nationale des sols que l'Office fédéral de l'environnement élabore en collaboration avec d'autres offices fédéraux dans le but de «préserver les diverses fonctions du sol». La création d'un centre de compétences sur les sols, qui fournira des informations pédologiques et d'autres services destinés à l'exécution et à la politique en matière de protection du sol, à la prévention des risques naturels et à l'agriculture, est également en préparation. Il s'agit là d'une initiative prise en 2015 par le Parlement, qui a chargé le Conseil fédéral de créer un centre national de compétences sur le sol.

Extension numérique des méthodes de cartographie

Afin d'établir une cartographie des sols harmonisée au niveau national, le développement des méthodes de relevé éprouvées doit être poursuivi. De nouvelles exigences se posent en termes de qualité et d'objectivité, notamment en ce qui concerne l'homogénéité et la comparabilité des données pédologiques devant être collectées sur une plus longue période dans les grandes régions. À travers des études pilotes, le projet CARTES DES SOLS du PNR 68 a mis en évidence comment les méthodes numériques de cartographie, de modélisation et d'évaluation (Digital Soil Mapping, DSM) peuvent être utilisées. Elles facilitent l'harmonisation et la standardisation de la cartographie des sols et promettent un gain d'efficacité capital en ce qui concerne la saisie d'informations sur de vastes zones. L'harmonisation des normes de collecte apparaît également pertinente au plan juridique dans la mesure où la transparence des décisions d'utilisation suscite un fort intérêt.

L'éventail des méthodes numériques de cartographie des sols comprend des méthodes de télédétection (photos aériennes et par satellite), des procédures d'échantillonnage intelligentes, des infrastructures modernes pour le travail sur le terrain et en laboratoire, ainsi que des modèles d'interpolation et de prévision. Elles complètent le travail de terrain établi effectué par les sciences du sol en facilitant l'évaluation spatiale et fonctionnelle. Le projet CARTES DES SOLS du PNR 68 a démontré que même des bases de données datant de plusieurs dizaines d'années pouvaient être utiles aux futurs projets de cartographie des sols et permettaient, une fois combinées aux données actuelles, une densification continue et à grande échelle des informations sur les sols.

Pour que la cartographie nationale permette de créer des ensembles de données et des bases d'information comparables, une harmonisation du contenu est également nécessaire. Le projet CARTES DES SOLS a identifié les paramètres tant physiques que biologiques nécessitant d'être mis à disposition – par exemple la saisie systématique du volume des pores et de la teneur en eau – afin que les fonctions de régulation et de stockage du sol puissent être évaluées.



Sol brun, Zurich (ZH)

Par rapport à la pratique de cartographie précédente, la collecte de données pédologiques doit davantage être axée sur les fonctions du sol et les services écosystémiques, mais aussi mieux prendre en considération les besoins en informations des différentes parties prenantes. Le programme de recensement doit parallèlement s'orienter sur le long terme afin que la cartographie nationale des sols puisse également répondre aux besoins des générations futures. L'exemple de la protection du climat illustre la rapidité avec laquelle ces besoins peuvent évoluer : bien que le sol constitue le principal réservoir de CO₂ terrestre, la capacité de stockage des sols ne peut être prise en compte avec précision dans les prévisions climatiques régionales par manque de données locales précises.

Coûts et avantages de la cartographie nationale

La cartographie des sols suisses devrait couvrir toutes les surfaces non construites pouvant être utilisées à des fins très diverses, y compris au sein des zones urbaines : non seulement les terres arables, mais aussi les forêts, les marais et les surfaces résiduelles. Une telle cartographie des sols pourrait être réalisée par étapes en l'espace de deux décennies. Les coûts correspondants s'inscrivent dans une fourchette de 200 à 500 millions de francs et varient en fonction des innovations techniques, des économies d'échelle, des méthodes de collecte numériques utilisées et de la coopération entre les cantons. Pour mettre en place un programme de recensement coordonné et harmonisé au niveau national, les pouvoirs publics devraient donc investir de 10 à 25 millions de francs par an, selon l'échelonnement et l'horizon temporel retenus. Un tel investissement limité dans le temps équivaut annuellement au coût de construction de 40 à 100 m de route nationale. Même sur la base d'hypothèses très prudentes, des informations complètes sur les sols contribueraient – grâce à un gain d'efficacité et à l'évitement des coûts liés aux dommages environnementaux – à économiser environ 130 millions de francs par an, soit plusieurs fois les coûts totaux d'une telle cartographie. À condition toutefois que les informations disponibles soient effectivement utilisées à des fins de prévention.

L'exemple de la protection des réserves d'eau potable illustre les économies qui en résulteraient : la filtration naturelle des eaux souterraines par le sol permet d'économiser plus de 100 francs par hectare et par an par rapport à leur traitement technique. Seules des informations suffisantes sur les sols permettront de préserver les fonctions du sol et les services écosystémiques indispensables à la société.

Sources

. Plateforme d'informations des sols Suisse (PIS-CH). Synthèse thématique 4 du PNR 68. Berne.



Pâturages dans la zone sur moraine d'Hirzel (ZH)

7 **La Suisse – un petit pays qui consomme beaucoup de sol à l'étranger**

La Suisse, qui importe une grande quantité de denrées alimentaires et de biens de consommation, délocalise une part considérable de sa consommation de sol. La surface de sol utilisé à l'étranger pour couvrir la consommation suisse représente ainsi plusieurs fois la superficie de la Suisse. Pour les populations des régions concernées, les conséquences peuvent être considérables.

Le PNR 22 avait déjà souligné que la Suisse accaparait des surfaces importantes à l'étranger. Les deux projets ACCAPAREMENT DES TERRES et DÉCISIONS QUANT À L'EXPLOITATION DES SOLS du PNR 68 se sont intéressés aux grandes acquisitions foncières, un des aspects de l'utilisation globale des sols. Du fait de son importance, la synthèse générale approfondit ce sujet. Dans ce contexte, il s'agit de prendre en considération aussi bien l'importation de denrées alimentaires, de biens de consommation, de matières premières et de services que les investissements fonciers réalisés dans le monde entier.

La moitié de nos aliments sont produits à l'étranger

L'agriculture suisse est en mesure de satisfaire 80% de la demande intérieure de viande grâce à sa propre production. Il convient toutefois de prendre également en compte les aliments pour animaux, dont seule une moitié est produite en Suisse. Alors que les fourrages grossiers destinés aux bovins sont cultivés en Suisse, les aliments distribués aux porcs et à la volaille proviennent en majeure partie de l'étranger. Les importations d'aliments pour animaux ont augmenté régulièrement ces dernières années: passant de 270 000 tonnes de matière sèche à 1,1 million de tonnes, elles ont quadruplé entre 1990 et 2015. Si l'on tient compte de ces aliments importés, le taux d'autosuffisance en produits d'origine animale n'atteint en moyenne que 70%.

La population d'animaux étant trop élevée, de nombreuses régions produisent des quantités d'engrais de ferme supérieures à celles pouvant être utilisées par une production adaptée au site. Une partie des excréments produits sont épandus dans des régions de Suisse où l'élevage est rare et où les cultures céréalières et maraîchères sont prépondérantes. Une faible part est exportée. En 2015, 600 tonnes de fumier de poules ont été exportées du canton de Saint-Gall vers l'Allemagne.

En ce qui concerne la production végétale, la Suisse est encore plus dépendante des importations. Dans ce domaine, le taux d'autosuffisance est inférieur à 50%. Même des produits alimentaires et d'agrément réputés comme typiquement suisses dépendent d'ingrédients importés. Le chocolat ne peut, par exemple, pas être fabriqué sans les fèves et le beurre de cacao issus des pays du Sud.

Tous les biens consomment du sol

L'agriculture n'est cependant pas la seule à dépendre du sol pour sa production. Les entrepôts, les usines, les infrastructures de services et de transport de marchandises ainsi que l'extraction de matières premières requièrent également des surfaces suffisantes. La population suisse et les sociétés nationales achètent beaucoup de biens ou de matières

Exemple d'Addax Bioenergy : dépendance du marché mondial

Le projet ACCAPAREMENT DES TERRES du PNR 68 a examiné un projet de l'entreprise Addax Bioenergy. Il s'agit d'une transaction foncière à grande échelle réalisée depuis la Suisse avec l'État ouest-africain de Sierra Leone. En 2008, Addax Bioenergy a loué plus de 23 000 hectares de terres près de la ville de Makeni pour une durée de 50 ans, avec la possibilité de prolonger le contrat de 25 ans. L'entreprise a cultivé quelque 10 000 hectares de canne à sucre en monoculture afin de produire du bioéthanol pour le marché européen. Il était prévu d'utiliser les résidus végétaux pour alimenter un générateur électrique qui devait théoriquement couvrir 20% de la consommation d'électricité de la Sierra Leone. Le projet satisfaisait aux directives de la « Roundtable on Sustainable Biofuels » (RSB Table ronde sur les biocarburants durables) et était donc largement conforme aux critères de l'UE pour les biocarburants. Il a été soutenu financièrement par de nombreux pays européens et africains. Des fonds sont également venus de Suisse.

La société – exonérée d'impôts pendant plusieurs années en Sierra Leone – a conclu des contrats avec les propriétaires fonciers et les pouvoirs publics. En ce faisant, elle a oublié que seule la moitié de la population possédait réellement des terres. L'autre moitié cultivait des champs que leur avaient cédés les propriétaires à des conditions reposant encore en partie sur les bases juridiques établies par l'administration coloniale anglaise dans les années 1920. La conversion de l'agriculture traditionnelle à la culture de canne à sucre pour l'exportation a obligé une grande partie des habitants de cette région à passer d'une économie de subsistance autosuffisante à un travail salarié.

L'étude du projet du PNR 68 a révélé que les familles de la zone de culture d'Addax Bioenergy exploitaient des surfaces jusqu'à 73% plus réduites que celles exploitées par les ménages de la région voisine non concernée par ce projet. Grâce au travail salarié et au fermage, les revenus totaux ont certes augmenté de 18% dans la région du projet, mais ces revenus supplémentaires ont été presque entièrement absorbés par les dépenses supplémentaires résultant de l'achat de nourriture.

Les avantages initiaux apportés à la population par le projet Addax Bioenergy sous forme d'emplois et de revenus ont été perdus en raison de l'épidémie d'Ebola qui s'est déclarée à l'automne 2014 : l'entreprise s'est vue contrainte d'interrompre temporairement la production de bioéthanol, puis les prix bas du pétrole ont provoqué l'arrêt total de la production de biocarburant en juin 2015. Les champs de canne à sucre n'ont plus été irrigués et se sont asséchés, ce qui a entraîné de grands incendies. Les agriculteurs, devenus dépendants du travail salarié, ont été durement touchés. Un nouvel investisseur, Sunbird Bioenergy, consortium sino-britannique, a été trouvé en 2016 pour redémarrer l'exploitation.

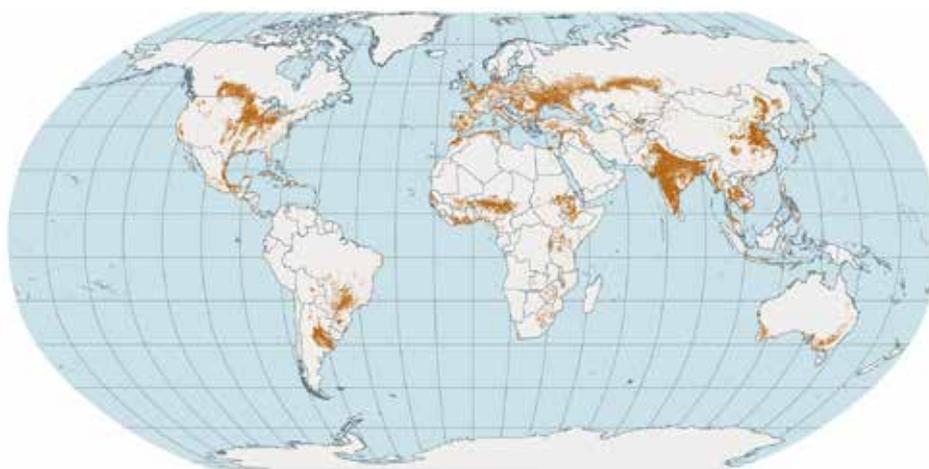
premières produits à l'étranger. Les entreprises utilisent aussi des terres à l'étranger lorsqu'elles délocalisent leur production.

Une étude menée pour le compte de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) sur l'impact environnemental de la consommation suisse a montré qu'en 2011, près des trois quarts de la pollution totale imputable à la Suisse étaient générés à l'étranger. D'autres recensements chiffrent les besoins de terrain totaux de la Suisse à 110 000 km², ceux-ci sont couverts à plus de 80% par des sols étrangers situés en majeure partie dans l'espace européen. Au sein de l'UE, seul le Japon consomme des superficies plus importantes que la Suisse. Pour satisfaire ses besoins en denrées alimentaires et en biens de consommation sur son propre territoire, la Suisse devrait – selon le modèle retenu – être de deux à sept fois plus étendue. Par ailleurs, les sols agricoles fertiles constituent une ressource de plus en plus rare, et d'autant plus précieuse, au niveau mondial que peu de pays disposent de sols aussi fertiles que la Suisse (Ill. 6).

Des sols étrangers entre des mains suisses

Certaines entreprises domiciliées en Suisse achètent ou louent des terrains à l'étranger non pour la production agricole, mais à des fins d'investissement. Depuis 2008, on observe une forte augmentation du commerce foncier transnational à grande échelle. La banque de données « Land Matrix » répertorie à ce jour plus de 1400 transactions foncières internationales qui couvrent au total un peu plus de 50 millions d'hectares, soit une bonne douzaine de fois la superficie de la Suisse. 17 des transactions foncières recensées dans

Illustration 6
Représentation des terres arables disponibles à l'échelle mondiale
Global Land Cover Share, préparation par M. Nussbaum



la banque de données, représentant une surface totale de 150 000 hectares, soit 1500 km², sont à imputer à des sociétés domiciliées en Suisse. La grande majorité de ces transactions foncières – 11 pour une superficie totale de 43 000 hectares – a été réalisée avec des pays d'Amérique du Sud. L'Afrique de l'Ouest vient en deuxième position en termes de surface: une seule entreprise suisse, la société Addax Bioenergy (voir encadré), a effectué un investissement dans cette région, mais sur une superficie importante (plus de 23 000 hectares).

Évaluation de l'accaparement des terres

L'exemple d'Addax Bioenergy en Sierra Leone illustre parfaitement comment les communautés locales deviennent dépendantes d'acteurs économiques très éloignés à cause de projets initiés par des groupes internationaux. Le projet ACCAPAREMENT DES TERRES du PNR 68 a développé une méthodologie à plusieurs niveaux pour analyser les mécanismes socio-économiques complexes qui conduisent à une telle perte d'autonomie de la population locale. Il examine la vulnérabilité de la société touchée du point de vue économique, politique, social et écologique, le cadre réglementaire à divers niveaux et la dynamique de développement (moteur) du projet concerné.

De tels instruments d'analyse devraient prendre de l'importance à l'avenir, car le poids des « flex crops » – c'est-à-dire des plantes pouvant faire l'objet d'utilisations diverses – ne cesse de croître, ce qui stimule la demande de terres agricoles dans les pays du Sud. Parmi les cultures principalement concernées se trouvent le soja, la canne à sucre et l'huile de palme, qui servent de matière première pour les biocarburants, les additifs industriels ou les aliments pour animaux et les denrées alimentaires. La demande croissante augmente l'influence des investisseurs externes sur les communautés locales, qui sont soumises à la pression du comportement de consommation mondial.

Plus de risques que d'opportunités pour la population locale

Une méta-analyse du projet DÉCISIONS QUANT À L'EXPLOITATION DES SOLS du PNR 68 a évalué 66 études de cas dans 21 pays et identifié les schémas auxquels répond le développement des achats de terres à grande échelle. Ces derniers permettent d'estimer en amont les conséquences que les décisions quant à l'exploitation des sols exercent au niveau local sur l'Homme et sur l'environnement.

Les schémas à effets négatifs les plus fréquents sont la perte des moyens d'existence de la population locale, le népotisme des élites locales et étatiques, la marginalisation des couches sociales vulnérables et les évaluations divergentes du développement à mettre en œuvre dans la région concernée. Les avantages des grandes acquisitions de terres peuvent être la création d'emplois et le transfert de savoir-faire (par exemple, de nouvelles technologies et processus de production).

Des bénéfices à long terme et généralisés pour les populations locales ne sont obtenus que dans des conditions spécifiques. La perte de sol utilisé par les autochtones doit être minimale. Le modèle commercial de l'entreprise qui investit doit être générateur d'em-

ploi. De plus, les groupes marginalisés doivent également être inclus de manière crédible dans la négociation et la mise en œuvre du modèle commercial. Enfin, la population doit pouvoir constater une amélioration durable par rapport au statu quo. Ce n'est que si ces conditions sont largement remplies que l'accaparement international des terres apportera de réels avantages aux populations concernées.

Les 66 études de cas de la méta-analyse du PNR 68 documentent principalement des conséquences négatives pour les populations locales. Leur accès à la terre est très souvent fortement restreint. Les effets négatifs sont essentiellement dus au fait que celles-ci se voient refuser l'accès à leurs anciens moyens de production. De plus, les acquisitions internationales de terres ont tendance à accentuer les inégalités au sein de la population locale – par exemple, entre les propriétaires fonciers établis et les fermiers sans terre ou entre les hommes et les femmes, ces dernières étant moins susceptibles de trouver un emploi. À cause de la dépendance nouvelle au travail salarié, les communautés locales perdent souvent leur capacité d'adaptation aux changements. Le projet d'Addax Bio-energy a entre autres confirmé cette analyse lorsque l'épidémie d'Ebola a paralysé l'entreprise et que les employés ont perdu leur source de revenus sans solution de remplacement. Du fait que les projets d'accaparement de terres remettent en question l'accès au sol et aux ressources naturelles telles que l'eau, ils engendrent souvent de nouveaux conflits dans des sociétés déjà fragiles.

La Suisse est responsable

En mettant à disposition ces schémas de base, le PNR 68 fournit des éléments importants pour sensibiliser en temps utile la communauté internationale, les décideurs nationaux et locaux et les autres acteurs concernés par l'accaparement des terres à l'étranger aux problèmes qui se posent fréquemment et qui ont des conséquences sociales négatives. Dans le même temps, le projet du PNR 68 identifie un ensemble d'opportunités dont la Suisse peut se saisir en tant que place financière et siège de nombreuses multinationales afin de rendre l'utilisation du sol plus durable sur le plan mondial et dans les États qui sont la cible de l'accaparement international des terres. En tant que pays prospère, il incombe à la Suisse de veiller à ce que les acquisitions de terres dans les pays en développement tiennent dûment compte des impacts écologiques et sociaux et que les investissements soient durables.

La Suisse serait avisée de s'investir pour que les rapports de propriété et de pouvoir locaux soient de prime abord mieux pris en compte lors l'élaboration de normes relatives au financement durable de projets internationaux dans les pays du Sud. Il est également important que les acteurs concernés développent une approche interculturelle (langue, coutumes, etc.) permettant d'éviter les malentendus et les fausses attentes.

L'utilisation du sol suisse doit toujours être considérée sous un angle global. Le fait de renoncer à utiliser un sol en Suisse signifie-t-il vraiment une protection ou encourage-t-il seulement une délocalisation à l'étranger? Quelle qualité de sol est utilisée, et où? Au regard de la qualité élevée des sols suisses et de leur aptitude à la production agricole, la responsabilité de les exploiter de manière durable et respectueuse de l'environnement s'accroît dans le contexte mondial.

Sources

- . Projet ACCAPAREMENT DES TERRES du PNR 68, Résumé analytique à l'intention des groupes cibles
- . Projet DÉCISIONS QUANT À L'EXPLOITATION DES SOLS du PNR 68, Résumé analytique à l'intention des groupes cibles
- . Office fédéral de l'environnement (Éd.) (2016) : Agriculture et alimentation. Magazine Environnement 3/2016. OFEV. Berne.
- . Frischknecht R., Nathani C., Büsser Knöpfel S., Itten R., Wyss F., Hellmüller P. (2014) : Evolution de l'impact environnemental de la Suisse dans le monde. Impact environnemental de la consommation et de la production de 1996 à 2011. Connaissance de l'environnement 1413. Office fédéral de l'environnement, Berne.
- . Lugschitz B., Bruckner M., Giljum S. (2011) : Europe's Global Land Demand. A study on the actual land embodied in European imports and exports of agricultural and forestry products. Sustainable Europe Research Institute, Wien.
- . Yu Y., Kuishang F., Hubacek K. (2013) : Teleconnecting local consumption to global land use. In: Global Environmental Change 23, 1178–1186.
- . <https://landmatrix.org>

Sur la voie d'une utilisation durable du sol en Suisse

Le sol se trouve au centre des intérêts les plus divers de nombreux acteurs. Néanmoins, sa protection a été négligée jusqu'ici et mérite donc la plus haute priorité. Une utilisation durable de la ressource sol ne pourra être fructueuse que si les parties prenantes collaborent étroitement et si le monde politique s'engage davantage. Il demeure essentiel que le sol ne soit pas uniquement protégé en tant que surface, mais soit aussi préservé en fonction de sa qualité.

La politique des sols de la Suisse est fragmentée en de nombreuses réglementations sectorielles. De ce fait, elle manque de cohérence et d'efficacité (chapitre 2). La politique climatique poursuit par exemple un objectif quantitatif facile à communiquer, sur lequel la communauté internationale s'est mise d'accord dans le cadre du protocole climatique: la température moyenne annuelle ne doit pas augmenter de plus de 2°C à l'échelle mondiale. Une déclaration d'intention aussi forte n'existe pas pour le sol, ni au niveau mondial ni en Suisse.

Mettre l'accent sur la qualité du sol

Dans notre pays, tous s'accordent sur le fait qu'il faut protéger les terres arables fertiles et mettre un terme au mitage du territoire. Mais quand il s'agit de mettre en balance la demande de terrains à bâtir et la protection des terres arables ou la préservation des biotopes, ce sont en général les intérêts économiques de la construction qui l'emportent. Selon le projet MITAGE du PNR 68, les zones urbanisées augmenteraient de près de 25% d'ici 2035 si l'utilisation du sol se poursuivait dans les conditions qui prévalaient avant que la révision de la loi sur l'aménagement du territoire (voir encadré chapitre 4) soit adoptée. Si la révision a fixé des limites à l'expansion des zones à bâtir, ses effets ne peuvent pas encore être évalués.

En instituant la catégorie des surfaces d'assolement, qui regroupe les terres arables particulièrement adaptées à la production agricole, le législateur a créé un instrument de protection des sols possédant des propriétés spécifiques. De manière générale, la politique des sols suisse devrait cependant s'appuyer sur une vision globale qui ne se contenterait pas de considérer le sol en tant que surface, mais tiendrait aussi compte de ses propriétés.

Défis à relever en dehors des zones à bâtir

En Suisse, l'aménagement du territoire fait en principe la distinction entre les parcelles situées à l'intérieur et à l'extérieur des zones à bâtir. Le but de cette différenciation est de garantir les surfaces de terres arables nécessaires à l'agriculture. Cependant, elle génère également des écarts entre les prix des terrains et constitue une incitation économique à construire malgré tout en dehors des zones à bâtir. La séparation fondamentale établie entre zones constructibles et non constructibles ne peut être maintenue qu'en empêchant que des dérogations permettent d'accaparer des surfaces hors zones à bâtir toujours plus importantes à des fins de construction.

C'est l'objectif de la deuxième étape de révision de la loi sur l'aménagement du territoire qui offre l'opportunité de prendre en compte la qualité du sol. Ainsi, les permis de

construire octroyés en dehors des zones à bâtir doivent à l'avenir être invalidés si le but autorisé d'une construction n'existe plus. Les bâtiments concernés devront alors être détruits et l'état naturel devra être restauré. Le projet de loi parle d'une « obligation de démolition ».

En outre, le projet de révision prévoit d'accorder une plus grande marge de manœuvre et d'appréciation aux cantons. Ils pourraient ainsi fixer dans le plan directeur des réglementations dérogeant à la loi sur l'aménagement du territoire pour la construction en dehors des zones à bâtir, à condition qu'elles n'entraînent pas des utilisations plus étendues, plus intenses ou plus incommodes. Il incomberait aux maîtres d'œuvre désirant réaliser de telles utilisations supplémentaires d'apporter la preuve que des mesures de compensation au moins équivalentes ont été mises en place. Sur la base de ces dispositions, le projet de révision offrirait la possibilité d'intégrer plus largement la qualité du sol dans les futures décisions de planification.

Les innovations prévues visent à répondre de manière plus souple aux besoins des zones rurales tout en réduisant globalement – ou, du moins, en n'augmentant pas – la dégradation du paysage et l'utilisation du sol. Les connaissances acquises et les instruments créés par le PNR 68 soutiennent cette mise en œuvre. Il appartiendra aux cantons d'appliquer la réglementation de façon à réellement améliorer la qualité des sols et à ne pas ouvrir de nouvelles brèches permettant une consommation de sol accrue.

Une coopération orchestrée est nécessaire

L'utilisation du sol est influencée par des facteurs difficiles à contrôler. On peut citer dans ce contexte l'évolution de l'économie et du pouvoir d'achat, les mutations démographiques (p. ex. le nombre accru de ménages d'une personne), la croissance démographique, la mobilité croissante et les changements structurels en cours dans l'agriculture.

Dans le cadre de la « Malik Syntegration® » du PNR 68 (chapitre 1), 21 facteurs clés pertinents pour l'utilisation durable de la ressource sol ont été identifiés. Nombre de ces facteurs entretiennent d'étroites interactions. La structure de ces relations tend à empêcher toute dynamique allant vers une utilisation durable de la ressource sol de se développer. C'est pourquoi il est nécessaire de mener à bien un certain nombre d'activités simultanées et bien orchestrées. Une telle démarche implique notamment un engagement politique fort, une sensibilisation, des incitations efficaces et la coordination des acteurs concernés. Nombre d'entre eux – qu'il s'agisse des instances publiques à différents niveaux fédéraux, des groupes d'intérêt économiques (dans l'agriculture en particulier), des services de conseil, des organismes de recherche ou encore des propriétaires fonciers – interviennent dans ce lacis d'effets en lien avec l'utilisation durable de la ressource sol. Afin d'harmoniser leurs intérêts et leurs activités, il convient de veiller à ce qu'ils partagent leurs connaissances et soient sensibilisés aux aspirations et aux problèmes des autres parties prenantes. Des procédures acceptées de tous sont également nécessaires afin de peser les intérêts et de désamorcer les conflits. Les modèles, méthodes et instruments développés par le PNR 68 – comme l'indice de qualité des sols SQUID ou l'outil de monitoring développé dans le cadre du projet SYSTÈME D'ALERTE PRÉCOCE – peuvent contribuer à une meilleure entente.

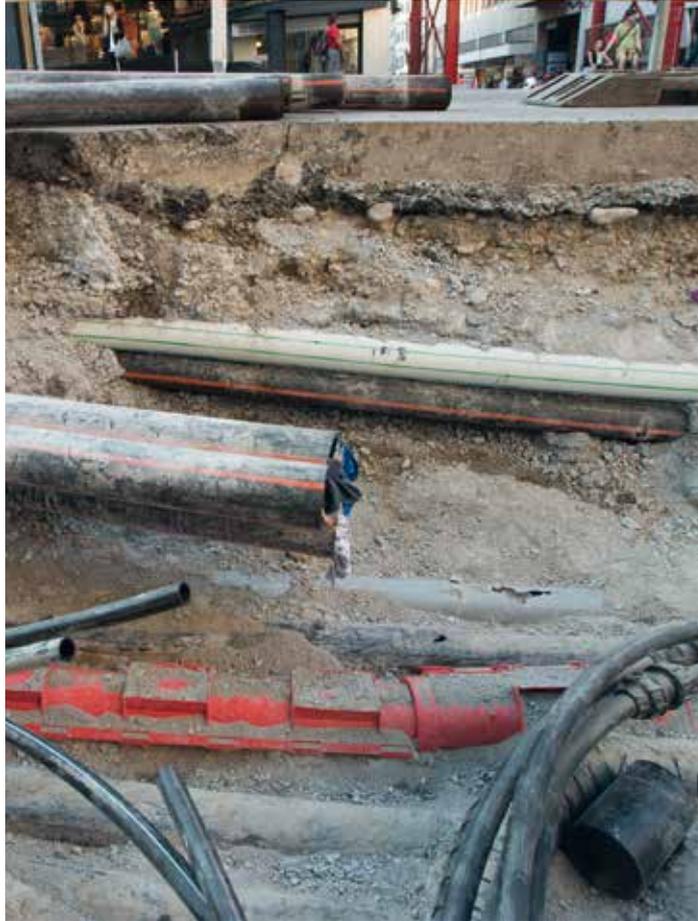
Améliorer la coordination entre les acteurs de l'utilisation du sol est également urgent parce qu'ils peuvent aussi se faire mutuellement obstacle et réagir fortement aux incitations externes. En d'autres termes : si les parties prenantes s'affrontent, le processus de transformation souhaité s'en trouve ralenti, voire bloqué.

Enfin, l'analyse montre également que l'engagement politique constitue le véritable moteur de l'utilisation durable de la ressource sol. Le monde politique dispose du pouvoir d'aplanir la voie vers une conception durable et un contrôle de l'utilisation du sol, mais encore faut-il pour ce faire qu'il s'engage activement dans cette voie.

Guide pour une nouvelle politique des sols

L'équipe des auteurs de la synthèse thématique 5 a examiné en détail différents domaines de la politique des sols et élaboré une «feuille de route pour une politique des sols durable» destinée à être appliquée dans différents champs d'action.

- Une nouvelle politique des sols doit en premier lieu tenir compte du fait que le sol ne doit pas uniquement être protégé en tant que surface et que sa qualité, et donc ses diverses fonctions, doivent aussi être préservées. Il s'agit donc de combiner une approche en deux dimensions à des considérations qualitatives. Une planification s'appuyant sur des indicateurs pédologiques ou des points d'indice de qualité des sols – qui a déjà fait ses preuves dans la pratique à l'étranger – pourrait constituer la voie à emprunter. Les instruments politiques novateurs ne sont pas condamnés à échouer par manque d'acceptation. S'ils sont introduits progressivement et si leur applicabilité, leur efficacité et leurs avantages à long terme peuvent être démontrés, leurs chances de succès sont bonnes.
- Le sol est une ressource limitée. A moyen terme, il n'y existe donc pas d'autre solution que de limiter la consommation de sol. Les points d'indice de qualité des sols constituent un instrument permettant de réglementer la consommation maximale tolérée et les taux de consommation annuels sans restreindre indûment l'autonomie d'action des cantons et des communes. Une compensation financière intercantonale devrait également être envisagée afin de dédommager les communes qui renoncent à étendre leurs surfaces urbanisées ou s'efforcent de les réduire.
- Les atteintes portées au sol par l'urbanisation, l'agriculture et la sylviculture doivent être minimisées. Les mesures précédemment adoptées, notamment la protection des surfaces d'assolement, évaluent exclusivement la fonction de production et ne tiennent pas suffisamment compte d'autres fonctions importantes exercées par le sol, par exemple en tant qu'habitat pour la faune et la flore ou en tant que filtre de l'eau. La perte de matière organique représente une grande menace pour la qualité du sol et, ce, d'autant plus qu'elle risque encore de se renforcer avec le changement climatique. Les sols marécageux drainés qui sont aujourd'hui cultivés sont particulièrement concernés par ce problème. Bien que leur exploitation n'apparaisse pas sensée au regard de l'écologie et surtout de la politique climatique, ils sont actuellement utilisés de façon intensive pour la production de légumes. Comme les installations de drainage devront bientôt être assainies et remplacées, la société devra décider prochainement de l'utilisation de ces sols.



Sol urbain à Zurich.

- La Suisse importe beaucoup de biens de consommation et investit elle-même dans des installations de production à l'étranger. Elle porte donc une part de responsabilité dans l'utilisation et les atteintes subies par les sols étrangers. Elle devrait à ce sujet exercer son devoir de diligence vis-à-vis des nombreuses sociétés internationales basées en Suisse. En tant que siège de nombreuses organisations internationales de protection de l'environnement et du commerce, notre pays est particulièrement amené à s'engager pour la protection de la ressource sol à l'échelle mondiale.
- La plupart des mesures et instruments de protection du sol élaborés par le PNR 68 nécessitent des informations précises sur ses propriétés. Il convient donc de développer une collecte nationale des données correspondantes ainsi que des systèmes de monitoring et d'en assurer le financement à long terme.
- Tous les acteurs impliqués dans l'utilisation du sol doivent être sensibilisés à l'urgence de sa protection et aux défis liés à la gestion de la ressource sol. De plus, il faut assurer une collaboration plus intense entre la Confédération, les cantons, les communes et les associations professionnelles, particulièrement entre les milieux de la protection du sol, de l'aménagement du territoire et de l'agriculture. Ce n'est que si toutes les parties prenantes se rassemblent autour d'une vision commune que le sol pourra être préservé quantitativement et qualitativement sur le long terme.

Sources

- . Vers une politique durable des sols. Synthèse thématique 5 du PNR 68. Berne.
- . Pfiffner M., Schibli A., Sourlas M., (2017) Fonds national suisse. Programme national de recherche «Ressource sol» (PNR 68). Start zur Gesamtsynthese mit Malik Syntegration®. Brunnen, 1.-3. November 2017 – Résumé analytique. Saint. Gall.



Développement rapide de l'agglomération sud de Lucerne.

Les projets de recherche du PNR 68

Phase de recherche 1

- A ACCAPAREMENT DES TERRES : L'accaparement des terres (« land grabbing ») avec une participation suisse (Rist S., Cottier T., Mann S.)

BACTÉRIES DU SOL : Des sols sains grâce aux bactéries du sol (Maurhofer Bringolf M., Keel C.)

- C CARTES DES SOLS : Cartographie des propriétés du sol pour une évaluation des fonctions du sol à l'échelle régionale (Papritz A.J., Baltensweiler A., Keller A., Presler J., Schaepman M.E., Walthert L., Zimmermann S.)

COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET MOINS-VALUES FONCIÈRES : Gestion durable des sols par la compensation des plus-values et moins-values économiques et écologiques (Nahrath S., Gmünder M., Grêt-Regamey A., Joerin F., Pflieger G.)

COMPENSATION MULTICRITÈRE : Prendre en compte la qualité des sols dans les mécanismes de compensation appliqués en aménagement du territoire (Joerin F., Boivin P., Ruegg J.)

COUVERTS VÉGÉTAUX : Préserver l'environnement par les couverts végétaux et l'agriculture de conservation du sol (Streit B., Charles R., Walter A.)

- D DYNAMIQUE DU CARBONE : Influence du changement climatique et de l'utilisation des sols sur le carbone contenu dans les sols suisses (Abiven S., Niklaus P.A.)

- E ENTRÉES DE CARBONE : Entrées de carbone dans le sol par les cultures (Mayer J., Abiven S., Hund A., Leifeld J.)

- G GAZ HILARANT : Influences de l'exploitation du sol sur les micro-organismes du sol qui émettent et décomposent le gaz hilarant (Gattinger A., Mäder P., Thonar C.)

- I INDICATEURS DE VULNÉRABILITÉ : Indicateurs de la vulnérabilité du carbone contenu dans les sols (Eglinton T.)

INSTRUMENTS POLITIQUES : Instruments politiques pour une utilisation durable des sols (Walter F., Grêt-Regamey A., Sager F., Vatter A.)

- M MITAGE : Contrôler le mitage du territoire – Réduire l'utilisation du sol (Kienast F., Hersperger A.M., Schulz T., Seidl I.)

MYCORHIZES : Restauration des fonctions du sol à l'aide de mycorhizes arbusculaires (Van der Heijden M., Oehl F., Wagg C.)

- N NÉMATODES : Utilisation des filaires dans la lutte contre les insectes nuisibles du sol (Turlings T., Mascher F.)
- P PLATE-FORME DE DÉCISION : Plate-forme de décision pour une utilisation durable du sol (Grêt-Regamey A., Diggelmann H., Huber R., Keller A., Kübler D., Siegrist D., Zimmermann S.)
- R RÉSISTANCE AUX ANTIBIOTIQUES : Le rôle de l'utilisation des sols dans les résistances aux antibiotiques (Duffy B., Smits T.)
- S SOLS FORESTIERS : Stocks de carbone dans les sols forestiers suisses (Hagedorn F., Gimmi U., Thürig E., Walthert L.)
- SOLS MARÉCAGEUX : Gestion durable des sols organiques (Leifeld J., Engel S., Müller M.)
- STABILITÉ DES SOLS : Stabilité des sols et risques naturels : de la connaissance à l'action (Graf F., Bebi P., Frei M., Rickli C., Rixen C., Springman S.M.)
- SYSTÈME D'ALERTE PRÉCOCE : Outil régional de monitoring des sols pour des cycles durables des substances dans les sols agricoles (Keller A., Mann S., Schaepman M.E., Schulín R.)
- T TASSEMENT DES SOLS : Restauration naturelle de la structure des sols tassés (Keller T., Or D., Schymanski S., Walter A., Weisskopf P.)

Phase de recherche 2

- D DÉCISIONS QUANT À L'EXPLOITATION DES SOLS : Meilleure gestion des achats transnationaux de terrains (Rist S., Mann S., Messerli P.)
- L LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES PARASITES : Des nématodes et des bactéries contre les organismes nuisibles du sol (Turlings T., Keel C., Maurhofer Bringolf M.)
- M MODÈLE D'EXPLOITATION DU SOL : Modèle d'exploitation du sol sur le Plateau suisse (Keller A., Schaepman M.E., Schulín R.)
- S SYSTÈMES DE CULTURE AMÉLIORANT LE SOL : Pôles d'innovation pour des systèmes de culture améliorant le sol (Charles R., Keller T., Mayer J., Six J., Van der Heijden M.)

FACCE-JPI

Les équipes de projet des initiatives européennes de programmation conjointe «Agriculture, sécurité alimentaire et changement climatique» (FACCE-JPI) et «Une alimentation saine pour une vie saine» (HDHL-JPI) sont composées de scientifiques issus d'au moins trois pays partenaires. Par souci de simplification, seuls les chefs de projet sis en Suisse sont mentionnés.

- A AFGROLAND: Dynamique du système alimentaire en Afrique (Messerli P.)
- B BASIL: Biodiversité dans les systèmes agricoles (Olschewski R., Frey B., Gessler A., Hagedorn F., Seidl I.)
- C CLIMATE-CAFÉ: Adaptabilité des systèmes agricoles au changement climatique en Europe (Six J., Charles R.)

COMET-GLOBAL: Comptabilité des gaz à effet de serre (Six J.)
- D DEVIL: Sécurité alimentaire sur des territoires limités (Buchmann N.)
- E ECO-SERVE: Pérennité des services écosystémiques multiples dans les systèmes agricoles (Mäder P., Gattinger A.)
- G GREEN RICE: Produire du riz en ménageant les ressources (Six J.)
- M MAGNET: Gaz à effet de serre issus de l'agriculture (Leifeld J.)

MODELS4PASTURES: Gaz hilarant d'origine agricole (Merbold L., Buchmann N.)
- P PROMESSING: Maintien des services écosystémiques dans les vignobles d'Europe centrale (Bacher S.)
- S STACCATO: Services écosystémiques dans les paysages agricoles (Zimmermann N., Kienast F.)
- T TALE: Pour des paysages agricoles multifonctionnels en Europe (Holzkämper A., Charles R.)

Synthèses thématiques

Synthèse thématique ST1: Sol et production alimentaire (Charles R., Wendling M., Burgos S.)

Synthèse thématique ST2: Sol et environnement (Hagedorn F., Krause H.-M., Studer M., Schellenberger A., Gattinger A.)

Synthèse thématique ST₃: Un agenda du sol pour l'aménagement du territoire
(Grêt-Regamey A., Kool S., Bühlmann L., Kissling S.)

Synthèse thématique ST₄: Plateforme d'information des sols suisse (PIS-CH) (Keller A.,
Franzen J., Knüsel P., Papritz A.J., Zürcher M.)

Synthèse thématique ST₅: Vers une politique durable des sols (Walter F., Hänni E.)

Études focalisées

- B BILAN GAZ À EFFET DE SERRE : Émissions de gaz à effet de serre des sols agricoles en Suisse (Gattinger A., Bretscher D., Schellenberger A.)
- I INDICATEURS DU SOL : Indicateurs du sol pour un aménagement durable du territoire (Grêt-Regamey A., Bühlmann L.)
- M MARCHÉ DU SOL AGRICOLE : Le marché du sol agricole pris en étau dans les régions en expansion urbaine (Giuliani G., Flury C.)
- S SYSTÈMES D'INFORMATION DU SOL : Systèmes d'information du sol et cartographie (digitale) du sol (Papritz A.J., Burgos S., Carizzoni M., Keller A., Wegmann F.)

Glossaire

Source : Synthèses thématiques 1 à 5 du PNR 68

A **Assolement**

(†) Rotation des cultures

C **Caractéristiques pédologiques**

En général, paramètres dérivés qui servent à décrire les propriétés des sols (par ex., profondeur utilisable par les plantes).

Cartographie des sols

Relevé systématique et étendu (inventaire) des conditions du sol. Le but d'une cartographie des sols est de recenser la répartition spatiale des sols selon leur composition et leurs propriétés. Les directives de cartographie font office de document de référence.

D **Développement intérieur/Développement de l'urbanisation vers l'intérieur**

Stratégie qui vise à protéger les ressources par un développement durable de l'urbanisation et comprend des aspects comme la limitation de l'urbanisation, la densification, le renouvellement urbain et l'urbanisation compacte à l'endroit le plus approprié. La mobilisation conséquente des réserves constructibles situées à l'intérieur de l'environnement construit constitue la principale préoccupation et l'enjeu majeur du développement intérieur. Le développement intérieur évite par principe les nouvelles infrastructures onéreuses. Il inclut non seulement l'urbanisation des terrains non construits mais aussi des mesures de densification qui modifient le patrimoine bâti.

Digital Soil Mapping (DSM)

Domaine de la pédologie appliquant des méthodes mathématiques et statistiques pour analyser la logique de répartition ainsi que la genèse des sols et de leurs propriétés. L'objectif principal est de générer des cartes pédologiques en s'appuyant sur les relations quantitatives entre données pédologiques de terrain ou de laboratoire et données environnementales étendues (relief, géologie, climat et autres facteurs).

Données pédologiques

Propriétés des sols qui peuvent être directement mesurées ou estimées (par ex., teneur en argile). Elles peuvent être utilisées telles quelles afin de décrire des propriétés des sols ou devoir être agrégées en caractéristiques pédologiques dérivées.

Durabilité

L'observation de la durabilité se fait sur la base d'un modèle de ressources, la ressource sol étant considérée comme capital d'où proviennent les services écosystémiques. En raison d'objectifs différents et en partie complémentaires, la durabilité est comprise comme processus et non comme vision.

La ressource sol est utilisée de manière durable si :

- 1) les utilisations du sol par les différents acteurs sont coordonnées de manière optimale et
- 2) les politiques publiques de protection et d'utilisation veillent à ce que la ressource ne soit pas surexploitée.

E Érosion

Exportation de matière du sol par la pluie et le vent.

Exploitation du sol

L'exploitation du sol définit l'ensemble des mesures agricoles qui agissent sur le sol. Elle comprend par exemple les actions de travail mécanique du sol, la fertilisation et la rotation des cultures ou la maîtrise des ravageurs et des adventices.

F Fertilité du sol

Terme désignant tous les processus et propriétés minéralogiques, physiques, chimiques et biologiques du sol ayant une influence sur la croissance des végétaux et la production de biomasse.

En vertu de l'ordonnance sur les atteintes portées au sol (OSol), le sol est considéré comme fertile :

- a. s'il présente, pour sa station, une biocénose biologiquement active, une structure, une succession et une épaisseur typiques et qu'il dispose d'une capacité de décomposition intacte ;*
- b. s'il permet aux plantes et aux associations végétales naturelles ou cultivées de croître et de se développer normalement et ne nuit pas à leurs propriétés ;*
- c. si les fourrages et les denrées végétales qu'il fournit sont de bonne qualité et ne menacent pas la santé de l'homme et des animaux ;*
- d. si son ingestion ou inhalation ne menace pas la santé de l'homme et des animaux.*

Fonctions du sol

Services résultant des propriétés du sol et des processus à l'œuvre dans le sol qui contribuent à l'équilibre naturel et revêtent une importance centrale pour la société humaine. Contrairement aux services écosystémiques (†), les fonctions remplies par un sol n'ont aucune incidence directe sur la valeur du sol pour le bien-être humain. A cet égard, l'on distingue selon la loi fédérale allemande sur la protection du sol :

Fonctions naturelles

- *Base vitale et espace vital pour les êtres humains, les animaux, les plantes et les microorganismes vivant dans le sol*
- *Élément de l'équilibre naturel, en particulier dans les cycles de l'eau et de la matière*
- *Milieu de dégradation, d'ajustement et de développement des substances grâce à ses propriétés tampon et capacités de filtration de transformation, en particulier dans l'optique de la protection des eaux souterraines*

Fonctions d'archivage

- *Conservation de l'histoire naturelle et culturelle*

Fonctions d'utilisation

- *Gisements de ressources naturelles*
- *Surface d'urbanisation et de détente*
- *Espace pour l'exploitation agricole et forestière*
- *Espace pour d'autres utilisations économiques et publiques, notamment le transport, l'approvisionnement, l'élimination*

I Informations du sol

Ensemble des données pédologiques, des paramètres, des cartes et des autres supports d'information qui servent à relever, à évaluer et à interpréter les propriétés spatio-temporelles des sols.

M Matière organique du sol (mos)

Ensemble des composés carbonés d'origine biologique dans le sol, appelée aussi humus. La quantité totale de mos mesure le stock de C et est exprimée par unité de surface (t C/ha).

Mitige

Un phénomène visuel d'étalement urbain résultant du grignotage du paysage dû à l'extension des surfaces urbanisées ou à l'implantation de bâtiments isolés. Plus les surfaces urbanisées sont conséquentes, plus elles sont dispersées, plus leur superficie par habitant est importante et plus le degré de mitage est élevé.

P Prestations écologiques requises

Exigences à satisfaire pour que des contributions agricoles soient versées conformément à l'ordonnance sur les paiements directs (art. 11 SS OPD; RS 910.13).

Production intégrée

Système d'exploitation agricole visant à produire des aliments et des matières premières de haute qualité qui utilise des moyens et des mécanismes naturels afin d'éviter l'emploi d'intrants nocifs pour l'environnement et d'assurer une agriculture durable.

Propriétés du sol

Désignation des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols telles que teneur en humus ou en argile, volume des pores, pH, etc.

Q Qualité du sol

Capacité des sols à remplir leurs fonctions dans les écosystèmes.

R Rotation des cultures

Succession dans le temps de plantes cultivées sur une surface agricole.

S Services écosystémiques (ses)

Services fournis aux hommes par les écosystèmes ou aspects des écosystèmes utilisés – activement ou passivement – pour le bien-être humain. Le concept de ses encourage la reconnaissance de la valeur du sol pour le bien-être humain et la prise en compte du sol dans les processus décisionnels. À l'inverse, les fonctions du sol sont des fonctions que le sol remplit sans qu'il existe de relation directe entre la valeur du sol et le bien-être humain.

Sol

Couche superficielle de l'écorce terrestre qui abrite des êtres vivants, à l'interface entre l'atmosphère, l'hydrosphère, la géosphère et la biosphère. Un échange intensif de substances et d'énergie entre l'air, l'eau et la roche a lieu dans le sol. En tant qu'élément de l'écosystème, le sol occupe une position clé dans les cycles de matières locaux et globaux.

Surfaces affectées à l'urbanisation

Surfaces à inscrire dans le plan directeur cantonal qui s'orientent en fonction des besoins prévisibles pour les 20 à 25 années à venir et qui peuvent inclure – outre les zones à bâtir existantes – les espaces qu'il est prévu de réserver au développement urbain futur. Les surfaces affectées à l'urbanisation constituent un cadre territorial et conceptuel établi sur le long terme pour l'affectation des zones à bâtir. Au sein des surfaces affectées à l'urbanisation, les classements en zone à bâtir doivent répondre aux critères de dimensionnement prévalant à un moment donné. La densification, l'utilisation des friches et le comblement des vides de construction ont ce faisant priorité sur le développement extérieur.

Surface agricole utile (SAU)

Surface affectée à une exploitation et utilisée pour la production végétale, excluant la surface d'estivage qui est à la disposition de l'exploitant tout au long de l'année. La surface agricole utile de la Suisse s'élève à près de 1,05 million d'hectares (2017).

Surfaces d'assolement (SDA)

Terme désignant les terres arables les plus précieuses de Suisse qui doivent figurer dans le plan sectoriel des surfaces d'assolement (PS SDA) afin de garantir des sources d'approvisionnement suffisantes au pays conformément à l'article 1, alinéa 2 de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT) du 22 juin 1979. Les SDA représentent 444 000 hectares qui sont constitués en premier lieu des terres ouvertes et des prairies artificielles intercalaires, de même que des prairies naturelles arables. Les SDA sont principalement situées sur le Plateau suisse.

Surfaces urbanisées

(Surface d'habitat et d'infrastructure selon la Statistique suisse de la superficie)

Toutes les surfaces qui sont principalement affectées au travail, à l'habitat, aux loisirs et aux transports; surface d'habitat et d'infrastructure au sens de la Statistique suisse de la superficie. Les surfaces urbanisées ne correspondent pas aux zones à bâtir et peuvent se situer aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de ces dernières. En cas d'utilisations superposées, les surfaces urbanisées ont priorité. Ceci implique que les surfaces boisées (parcs, allées), les utilisations para-agricoles (fruits, légumes, vignes sur terrains attenants) ou les surfaces improductives (biotopes, étangs) sont comprises dans les surfaces urbanisées, ce qui signifie que les surfaces urbanisées couvrent un périmètre beaucoup plus important que les seules surfaces imperméabilisées et « bétonnées ».

T Terre

Terme désignant la surface terrestre non recouverte d'eau.

Terre agricole

Tous les sols et surfaces exploités et utilisés dans le cadre de l'agriculture. Selon la Statistique suisse de la superficie sont compris les prés et les terres ouvertes, les pâturages, les plantations fruitières, viticoles et horticoles ainsi que les alpages. Les plus précieuses de ces terres agricoles sont les surfaces d'assolement, c'est-à-dire les meilleures terres cultivables. Elles englobent principalement les terres ouvertes, les prairies artificielles

intercalaires et les prairies naturelles arables. Les terres agricoles couvrent un bon tiers du territoire suisse, soit une superficie totale avoisinant 1 500 000 hectares. En leur sein, les surfaces d'assolement représentent environ 444 000 hectares (état : 2017).

Terres arables/Surfaces agricoles selon la Statistique de la superficie suisse

Tous les sols et toutes les surfaces qui sont exploités et utilisés par l'agriculture. Selon la catégorisation de la Statistique suisse de la superficie, sont notamment compris les terres arables, les prairies naturelles, les pâturages locaux, l'arboriculture fruitière, la viticulture, l'horticulture ainsi que les alpages fauchés et pâturés. Les routes, chemins, bâtiments agricoles et terrains attenants, bosquets et surfaces boisées n'en font pas partie. Les terres agricoles couvrent un bon tiers de la superficie totale de la Suisse, soit près de 1 500 000 ha. Dans la présente synthèse, les termes « terres agricoles » et « terres cultivables » sont utilisés comme synonymes de « terres arables » au sens des surfaces agricoles de la Statistique suisse de la superficie.

Travail du sol

Le travail du sol fait partie de l'exploitation du sol et définit les mesures mécaniques qui agissent sur le sol.

U Utilisation du sol

Selon la Statistique suisse de la superficie, utilisation socioéconomique d'une surface et par voie de conséquence utilisation des terres (†).

Utilisation des terres

Série d'activités visant à produire un ou plusieurs biens ou services, en lien direct avec les sols, c'est-à-dire utilisant ses ressources ou ayant un impact sur lui. Une forme donnée d'utilisation ou d'exploitation du sol peut s'effectuer sur une ou plusieurs surfaces et différents modes d'utilisation peuvent se rencontrer sur une même surface.

Il ne faut pas confondre « utilisation des terres » avec les termes « utilisation du sol » ou « ouverture du sol » utilisés par la statistique de la superficie.

Z Zones à bâtir

Zones inscrites en « zones à bâtir » par le plan d'affectation. En fonction de leur affectation principale, elles comprennent les zones d'habitation, les zones d'activité économique, les zones mixtes, les zones centrales, les zones affectées aux besoins publics, les zones à bâtir à constructibilité restreinte, les zones de tourisme et de loisirs, les zones de transport à l'intérieur des zones à bâtir et les autres zones à bâtir.

Impressum

Auteurs

Urs Steiger, Lucerne
Paul Knüsel, Zurich
Lucienne Rey, Berne

Concept et rédaction

Urs Steiger, steiger texte konzepte beratung,
Lucerne

Conçu et publié avec le soutien du Fonds national suisse de la recherche scientifique en tant que synthèse générale du Programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68).

Éditeur

Comité de direction du Programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68).

Groupe de suivi de la synthèse générale

Prof. Emmanuel Frossard, EPF Zurich
Prof. Bernd Hansjürgens,
Centre Helmholtz de recherche environne-
mentale UFZ, Leipzig, Allemagne

Comité de direction du PNR 68

Prof. Emmanuel Frossard, EPF Zurich
(président)
Prof. Claire Chenu, AgroParisTech, France
Prof. Peter de Ruiter,
Université d'Amsterdam, Pays-Bas
D^{re} Annette Freibauer, Institut Bavarois
pour l'Agriculture, Allemagne
Prof. Bernd Hansjürgens, Centre Helmholtz
de recherche environnementale UFZ,
Leipzig, Allemagne
Prof. Lorenz Hurni, EPF Zurich
D^r Michael Obersteiner, Institut international
pour l'analyse appliquée des systèmes, Autriche
Prof. Kurt Roth, Université d'Heidelberg,
Allemagne

Déléguée du Conseil national de la recherche

Prof. Claudia R. Binder, EPF Lausanne

Représentants de la Confédération

Stephan Scheidegger, Office fédéral
du développement territorial (ARE), Berne
D^r Roland von Arx, Office fédéral de
l'environnement (OFEV), Berne
(jusqu'en novembre 2017)
D^{re} Bettina Hitzfeld, Office fédéral de
l'environnement (OFEV), Berne
(à partir de décembre 2017)

Autre participation de l'administration fédérale

D^r Simon Briner, Office fédéral de l'agricul-
ture (OFAG), Berne

Auteurs des synthèses thématiques (ST)

D^r Raphaël Charles, Institut de recherche
de l'agriculture biologique (FiBL), Lausanne,
(ST1)
D^r Frank Hagedorn, Institut fédéral de
recherches sur la forêt, la neige et le paysage
(WSL), Birmensdorf (ST2)
Prof. Adrienne Grêt-Regamey, Institut pour
le développement du territoire et du paysage,
EPF Zurich, Zurich (ST3)
D^r Armin Keller, Agroscope, Observatoire
national des sols (NABO), Zurich (ST4)
Felix Walter, Ecoplan, Berne (ST5)

Chargé du transfert de connaissances

Urs Steiger, steiger texte konzepte beratung,
Lucerne

Manager du programme

D^r Pascal Walther, Fonds national suisse (FNS),
Berne

Mise en page et conception graphique

Kurt Brunner, Palézieux

Photos

L. Chabbey, Haute École du Paysage,
d'Ingénierie et d'Architecture de Genève
(hepia) : p. 15, à gauche et au milieu
G. Brändle, U. Zihlmann, Agroscope/
A. Chervet, Amt für Landwirtschaft & Natur,
Kanton Bern (LANAT) : p. 15, à droite, p. 18,
p. 21, à droite, p. 29, en bas à gauche, en bas
au milieu, p. 46, p. 47, p. 48, p. 49, p. 69
M. Walser, Institut fédéral de recherches
sur la forêt, la neige et le paysage (WSL) :
p. 29, en haut, en bas à droite
S. Braun, Institut de biologie végétale
appliquée (IAP), Witterswil : p. 7 et 9
U. Steiger, Lucerne : p. 71

L'ouvrage, y compris l'ensemble des parties qui le composent, est protégé au titre du droit d'auteur. Toute utilisation en dehors des strictes limites de la loi sur le droit d'auteur est interdite sans l'accord de l'éditeur et est passible de poursuites. Cela vaut en particulier pour les reproductions, les traductions, les microfilmages ainsi que la sauvegarde et le traitement dans des systèmes électroniques.

Traduction

Marie-Pierre Frossard-Quesnée, Madetswil

Corrections

Trad8 Sàrl, Delémont

Impression

Engelberger Druck, Stans

Référence recommandée

Steiger U., Knüsel P. Rey L. (2018) : Utiliser la ressource sol de manière durable. Synthèse générale du Programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68) ; Éd. : Comité de direction du PNR 68, Berne.

ISBN: 978-3-907087-39-8

www.fns.ch

www.pnr68.ch

Disponible auprès du Fonds national suisse,
Berne

© 2018, Fonds national suisse de la recherche
scientifique (FNS), Berne

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

Le Programme national de recherche «Utilisation durable de la ressource sol» (PNR 68) établit les bases pour une exploitation durable des sols en Suisse. À cette fin, il convient de prendre en compte les services tant écologiques qu'économiques fournis par le sol. Le concept des services écosystémiques permet de mettre en valeur les fonctions des sols et leur contribution au bien-être humain. Les recherches ont duré de 2013 à 2017. Les résultats sont rassemblés au sein de cinq synthèses thématiques et d'une synthèse générale.

Synthèse thématique ST1

Sol et production alimentaire

Synthèse thématique ST2

Sol et environnement

Synthèse thématique ST3

Un agenda du sol pour l'aménagement du territoire

Synthèse thématique ST4

Plateforme d'information des sols suisse (PIS-CH)

Synthèse thématique ST5

Vers une politique durable des sols