

2.1 Sol



L'urbanisation augmente plus rapidement que la population et les emplois. Près de 6% du territoire sont recouverts par des constructions ou des matériaux imperméables. En maints endroits, les atteintes dues aux substances chimiques menacent la fertilité à long terme du sol. Les principaux polluants présents dans le sol sont le plomb, le cadmium, le cuivre et les hydrocarbures aromatiques polycycliques.

- ⊖ L'occupation du sol augmente au rythme constant de 0,86 m² de construction à la seconde.
- ⊖ Les concentrations de polluants dans le sol dépassent les valeurs indicatives dans 42% des sites d'observation du Réseau national d'observation du sol.

2.1.1 GÉNÉRALITÉS

Le sol est la couche de terre meuble de l'écorce terrestre où peuvent pousser les plantes.¹ Il est donc essentiel à la vie. Il fait la transition entre la surface de la terre et la roche dure ou le sédiment meuble. Le sol est composé en moyenne de 50% d'éléments solides (pierres, terres fines minérales, humus) et de 50% d'espaces creux (pores remplis d'air et d'eau). Le poids total de tous les organismes vivants (bactéries, champignons et algues, vers de terre, nématodes et insectes, protozoaires et amibes) contenus dans le sol peut atteindre jusqu'à 30 t à l'hectare. Le poids des organismes vivant dans le sol pourrait être dix fois supérieur à celui des organismes vivant en surface.

Les sols ont été formés en des milliers d'années par la dégradation de la roche-mère. Cette évolution s'explique par les conditions climatiques, par l'apparition de la végétation ainsi que par l'activité des organismes vivant dans le sol et à sa surface (humains compris). Les sols se sont formés très lentement, à raison d'un centimètre par siècle en moyenne. Comme il est impossible de «reconstituer» rapide-

ment un sol détruit ou endommagé, sa protection préventive et son exploitation durable constituent une tâche permanente. La diversité des sols est grande: les principales types sont les rendzines du Jura, les sols bruns du Plateau et les podsols des Alpes (fig. 2.1.1a). Les sols à gley apparaissent dans des endroits où la teneur en eau est excessive.

2.1.2 L'UTILISATION DU SOL ET LES ATTEINTES QU'IL SUBIT

L'homme a besoin du sol pour satisfaire ses besoins vitaux, donc pour s'alimenter et se loger. Or un sol qui n'est pas utilisé avec ménagement se dégrade, souvent imperceptiblement. Cette dégradation peut être quantitative ou qualitative. Parmi les dommages quantitatifs figure en particulier la perte de terres ouvertes due aux bâtiments et autres installations, à l'érosion et à la réduction de l'épaisseur du sol. Les atteintes qualitatives peuvent être chimiques (polluants déposés par l'intermédiaire de l'air, des eaux et des déchets, engrais chimiques et

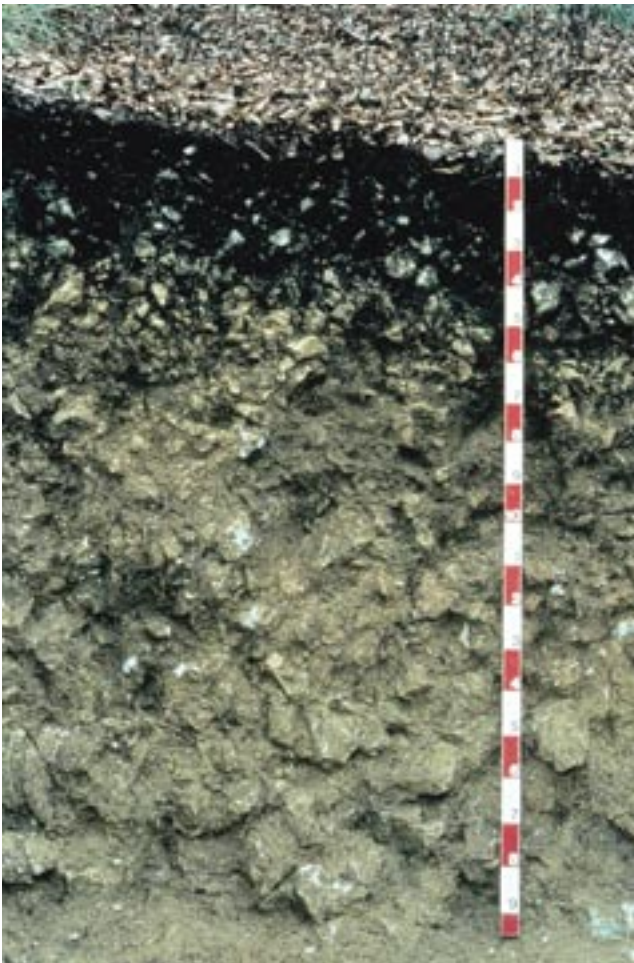


Photo: WSL

Les rendzines se sont formées sur des substrats carbonatés. La couche d'humus est d'épaisseur moyenne et l'aération bonne, mais la pénétrabilité du sous-sol par les racines n'est que faible à moyenne. La capacité de rétention de l'eau est faible. L'élément le plus visible ici est le contraste entre la couleur sombre de l'humus et celle, très claire, de la roche-mère calcaire.



Photo: FAL Zürich

Les sols bruns se sont développés principalement sur les couches de moraine et de cailloutis du Plateau. Les racines peuvent y pénétrer profondément et ils sont bien aérés. Leur capacité de rétention de l'eau et des substances nutritives est moyenne à bonne, leur activité biologique intense et ils accueillent une flore très diversifiée. La photo montre la couche supérieure sombre du sol, qui contient de l'humus, et en dessous, la couche inférieure, de couleur légèrement brun rouille en raison de l'oxydation du fer.



produits phytosanitaires) ou mécaniques. Les principaux responsables de la pollution et de la destruction des sols sont l'urbanisation et l'extension des infrastructures de transport, l'agriculture intensive, les émissions de l'industrie, de l'artisanat et du trafic, et enfin les activités de loisir.

Urbanisation et trafic

En dix-neuf ans, la Suisse a vu son nombre d'habitants progresser de plus de 13%, passant de 6'335'200 personnes en 1980 à 7'206'100 en 2000. Plus la population est nombreuse, plus il faut de surface pour satisfaire ses besoins. La consommation de terrains a cependant progressé plus que proportionnellement.

Cette évolution est due entre autres à l'extension de la surface habitée, qui est passée de 34 m² par personne en 1980 à 39 m² en 1990.² De même, la surface par emploi dans l'industrie a augmenté de 67 m² en 1985 à 82 m² en 1997.³ Les constructions industrielles situées sur d'anciens terrains agricoles, et donc moins coûteuses, se sont multipliées alors que d'anciennes zones industrielles étaient aban-

données. Les infrastructures de transport se développent elles aussi en raison des besoins croissants de mobilité: entre 1970 et 2000, le réseau de routes nationales à lui seul s'est allongé de 651 à 1638 km.⁴ Les surfaces de transport, qui totalisent 89'381 ha, représentent près d'un tiers des surfaces d'habitat et d'infrastructure, qui en comptent 279'095.⁵

- 1 Voir également la loi fédérale du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement, art. 7, al. 4 bis.
- 2 Office fédéral de la statistique 1984 et 1993, p. 140 et 72.
- 3 Office fédéral de l'aménagement du territoire 2000, p. 51.
- 4 Office fédéral de la statistique 2000, p. 67, et Office fédéral des routes 2001, p. 27.
- 5 Office fédéral de la statistique 2001, p. 12.



Photo: FAL Zürich

Les sols à gley se forment dans des endroits où le niveau des eaux souterraines est élevé (anciennes zones d'inondations situées dans des dépressions) ou sous l'influence des eaux de ruissellement. En raison de leur teneur excessive en eau, ils sont mal aérés, et leur activité biologique est réduite. Le couvert végétal mort ne s'y décompose que lentement. On reconnaît aisément les traces bleu gris dues à la réduction dans un milieu anaérobie.



Photo: WSL

Les podsoles se forment dans des zones froides et à forte pluviosité sur des substrats exempts autant que possible de calcaire (donc acides). Dans ces conditions, les oxydes de fer pénètrent lentement dans le sol. Le quartz qui subsiste confère à la couche supérieure du sol un aspect cendré. Les podsoles sont bien aérés, mais leur capacité de rétention de l'eau et des substances nutritives est faible. On remarquera la faible épaisseur utile du sol.

Agriculture et sylviculture

Le sol est un facteur de production indispensable pour l'agriculture. Or les méthodes employées exercent une grande influence sur les atteintes qu'il subit: les produits chimiques ainsi que les engrais artificiels et de ferme qui y pénètrent influencent son métabolisme et sa faune. Les sols sur lesquels sont cultivés du maïs, des pommes de terre ou des betteraves sucrières sont menacés par l'érosion en maints endroits. On parle d'érosion de talweg lorsqu'un important ruissellement d'eaux de surface entraîne de la terre fine riche en substances nutritives et surcharge les eaux de surface et les biotopes.

De plus en plus lourds et présentant des coefficients de compactage élevés, les engins agricoles et de chantier peuvent compacter les sols (fig. 2.1.2a), autrement dit en diminuer la porosité et dégrader de ce fait les échanges d'eau et d'air.

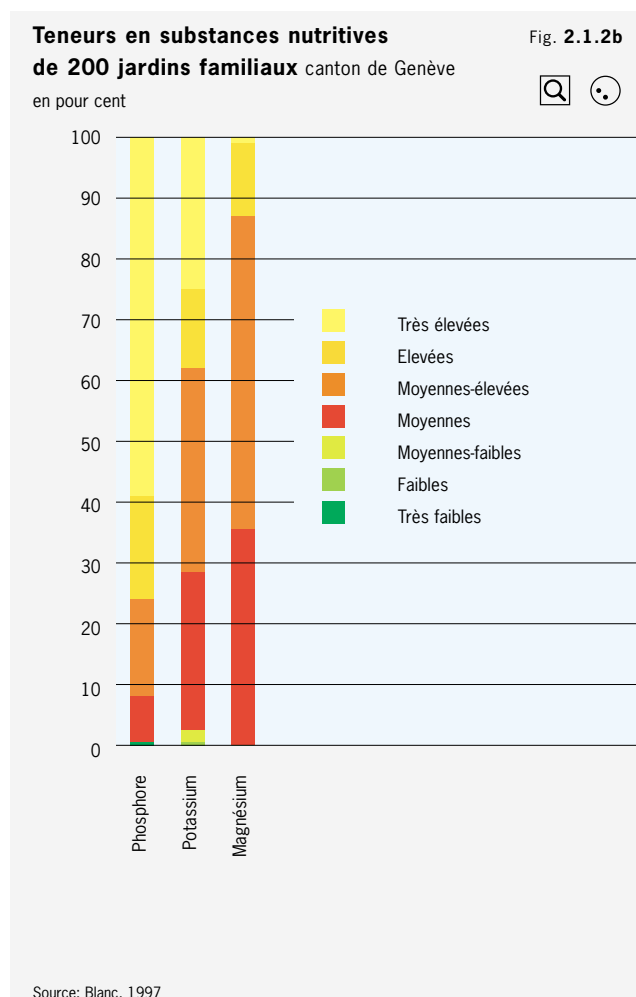
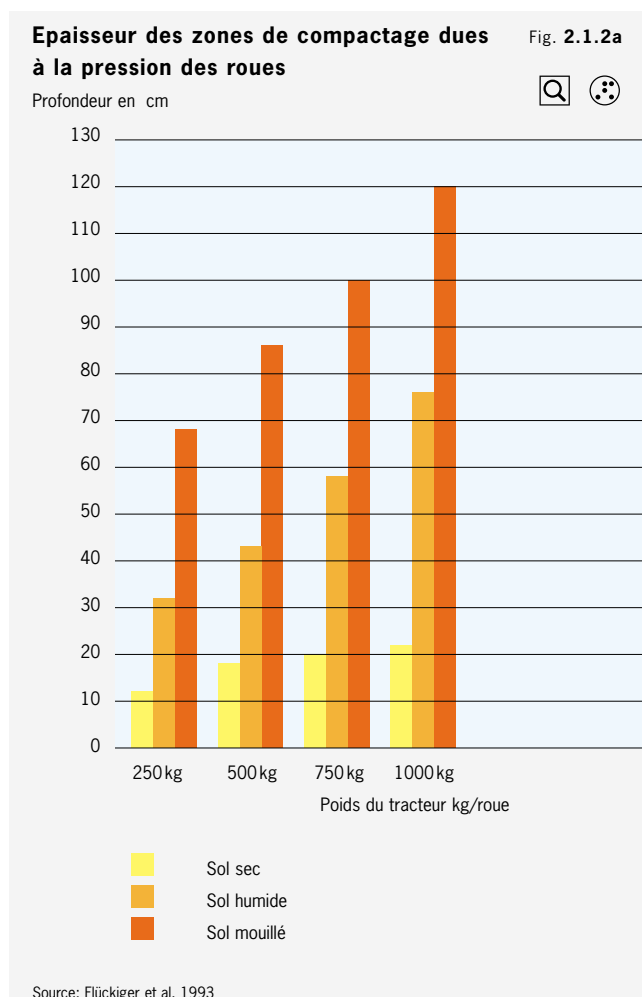
En forêt, l'utilisation de substances nuisibles à l'environnement est interdite. Les exceptions sont strictement réglementées par la loi. Les engins lourds y sont également employés, mais la récolte du bois est si possible effectuée à partir d'installations de desserte adéquates.

Jardinage

Le jardinage apporte aux sols des éléments fertilisants organiques et inorganiques. Cependant, les jardins privés sont souvent surfertilisés: dans 200 jardins familiaux du canton de Genève par exemple, 92% des sols présentent une concentration moyenne à très élevée de phosphore directement assimilable par les plantes (fig. 2.1.2b). Les réserves de phosphore sont particulièrement excédentaires: leur concentration est 6 à 36 fois plus élevée que nécessaire.⁶ On mesure une teneur moyenne à forte de potassium dans 72% des jardins et de magnésium dans 65% d'entre eux.

Il y a plus problématique encore: les fortes teneurs en métaux lourds de bon nombre de jardins privés et familiaux. En ville de St-Gall et à la périphérie, on a par exemple constaté dans 18 zones de parcs publics et de jardins privés que les valeurs indicatives étaient dépassées dans un peu plus de 65% des cas pour le plomb et le zinc, dans 55% des cas pour le cuivre et dans près de 10% des cas pour le cadmium (fig. 2.1.2c), menaçant ainsi la fertilité à long terme du sol.⁷

6 Blanc 1997, p. 54 et ss.
7 Umweltschutzamt der Stadt St. Gallen 1996, p. 10 s.

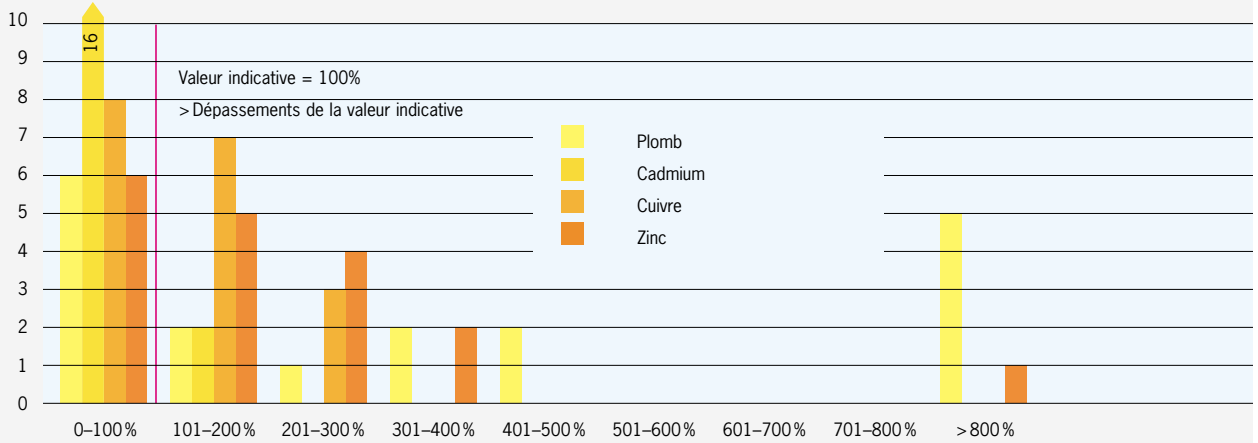


Dépassements des valeurs indicatives pour les métaux lourds dans les sols de jardins¹

Fig. 2.1.2c

Ville de St-Gall

Nombre



¹ Les valeurs indicatives sont données dans l'annexe 1 de l'ordonnance du 1^{er} juillet 1998 sur les atteintes portées aux sols. Elles sont de 50 kg de matière sèche (MS) pour le plomb, de 0.8 mg/kg de MS pour le cadmium, de 40 mg/kg de MS pour le cuivre et de 150 mg/kg de MS pour le zinc.

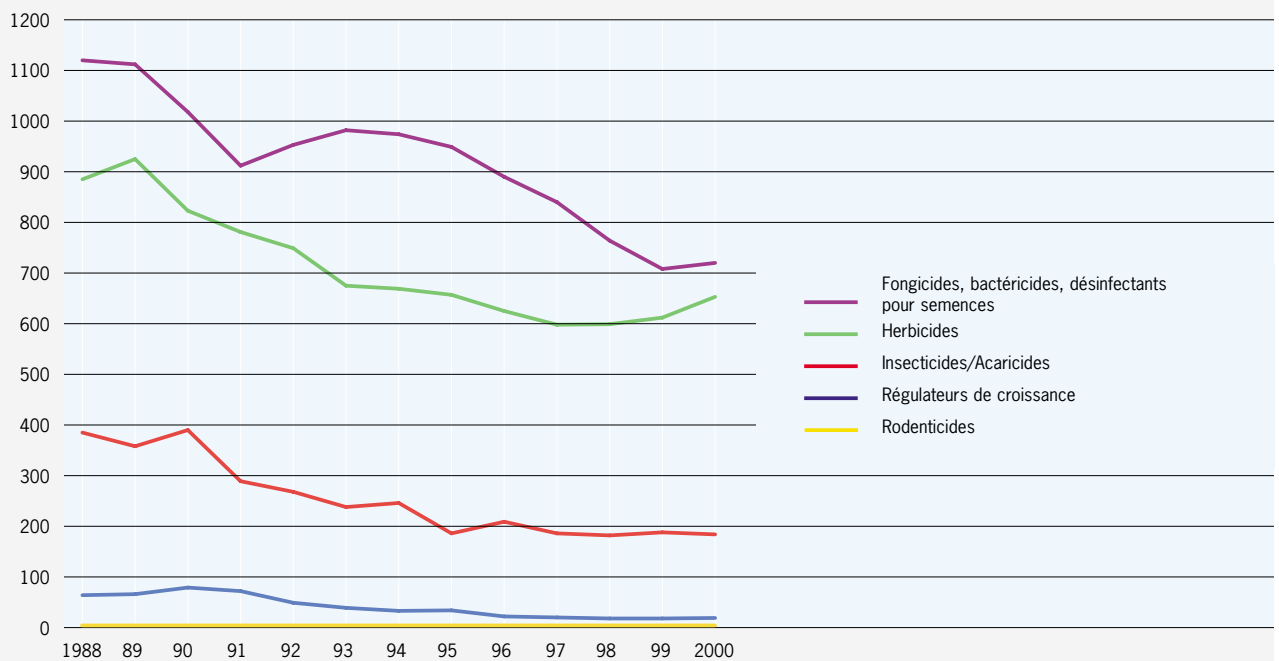
Source: Umweltschutzamt der Stadt St. Gallen 1996

Moins de chimie dans l'agriculture?¹

De 1988 à 2000, les ventes de produits phytosanitaires¹ ont diminué de près de 40%. Ce recul, particulièrement important en ce qui concerne les insecticides et les herbicides, n'autorise cependant

pas à conclure à une réduction notable des risques pour l'environnement, la toxicité et la nocivité des principes actifs exerçant une influence décisive sur diverses espèces animales (oiseaux, abeilles, vers de terre, amphibiens, poissons).

Tonnes de substance active par année



¹ Le sondage porte sur les entreprises membres Bayer (Suisse), Leu&Gygax, Sygenta Agro (autrefois Novartis Agro), Omya (autrefois Pluess-Stauffer) et Siegfried Agro. Les chiffres reflètent de manière approximative 90% du volume du marché global.

Source: Société suisse des industries chimiques 2001



Artisanat et industrie

Durant leurs processus de fabrication, les entreprises industrielles et artisanales génèrent des polluants qui pénètrent dans le sol par l'intermédiaire de l'air (sous forme de poussière ou dans les précipitations), par infiltration ou par déposition directe (voir chapitre 2.5 Substances et déchets).

2.1.3 ETAT ET DISPONIBILITÉ

Disponibilité des surfaces non construites

En Suisse, les surfaces agricoles utiles ont diminué de 3,1% entre 1985 et 1997⁸, année où elles totalisaient 1'525'119 ha, soit 36,9% du territoire. Les surfaces d'habitat et d'infrastructure occupaient 279'095 ha en 1997, soit 6,8% du territoire. Entre 1985 et 1997, elles ont progressé de 32'686 ha ou de 13,3% (fig. 2.1.3a). Extrapolé à l'ensemble du territoire, cela signifie qu'à chaque seconde, 0,86 m² de sol est construit pour satisfaire aux besoins de l'urbanisation.⁹ Près de 6% du territoire sont recouverts de constructions ou de matériaux imperméables comme le béton ou le goudron. Ils ne peuvent plus servir de station pour les plantes et les organismes, d'alimentation et de filtre des eaux souterraines étant donné qu'ils forment barrière aux échanges d'eau et de gaz.

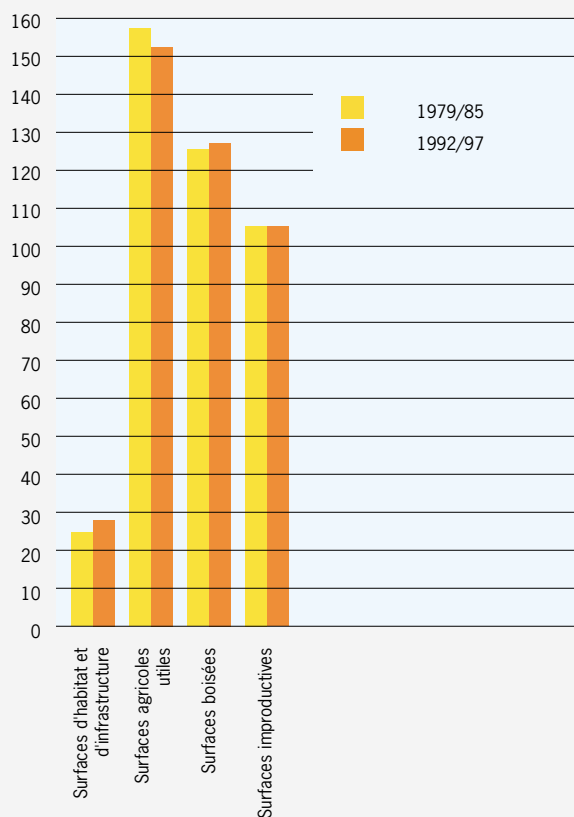
Contamination par les polluants inorganiques

Depuis 1985, le Réseau national d'observation du sol (NABO) mesure l'évolution des substances polluantes dans les sols de 105 sites représentatifs de Suisse (fig. 2.1.3b).¹⁰ Les principales conclusions sont les suivantes.

Utilisation du sol selon les quatre domaines principaux en 1979/85 et 1992/97

Fig. 2.1.3a

en milliers de km²



Source: Office fédéral de la statistique 2001

Contamination de sites représentatifs par des polluants inorganiques 1992-1996 et dépassements des valeurs indicatives

Fig. 2.1.3b



Elément	Teneurs fréquentes		Valeur indicative Osol ¹ mg/kg de sol matière sèche	Part des échantillons présentant des dépassements des valeurs indicatives	
	Couche supérieure (0-20 cm) mg/kg de matière sèche	Sous-sol mg/kg mg/kg de matière sèche		Couche supérieure (0 – 20 cm)	Sous-sol
Plomb	16 – 44	10 – 22	50	6 %	0 %
Cuivre	7 – 39	6 – 28	40	9 %	5 %
Cadmium	0,12 – 0,56	0,05 – 0,29	0,8	7 %	2 %
Zinc	35 – 96	21 – 67	150	0 %	0 %
Nickel	6 – 43	8 – 49	50	5 %	10 %
Chrome	14 – 43	10 – 41	50	5 %	6 %
Cobalt	3 – 11	3 – 10	25	1 %	1 %
Mercure	0,06 – 0,22	0,01 – 0,14	0,5	0 %	3 %
Fluor	239 – 765	248 – 755	700	14 %	14 %

¹ Osol: Ordonnance du 1er juillet 1998 sur les atteints portées aux sols
Les mesures ont été effectuées sur 105 échantillons prélevés dans l'ensemble de la Suisse. Les «Hot Spots», autrement dit les sites particulièrement contaminés, ne sont pas pris en compte.

Source: Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage 2000, p. 110s

⁸ Office fédéral de la statistique 2001, p. 16.

⁹ Office fédéral de la statistique 2001, p. 16.

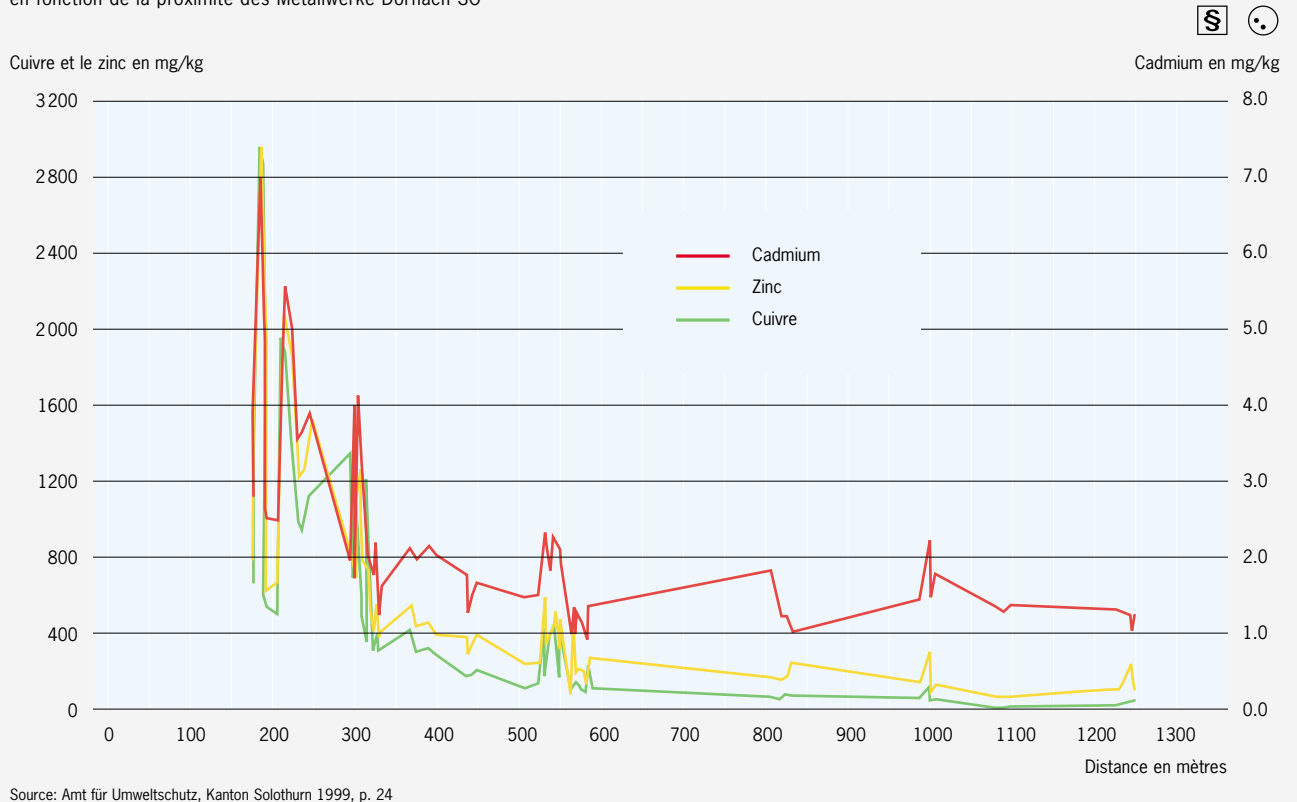
¹⁰ Les sites particulièrement pollués («Hot Spots») sont exclus du réseau de points d'échantillonnage.



Pollution par le cuivre, le zinc et le cadmium

en fonction de la proximité des Metallwerke Dornach SO

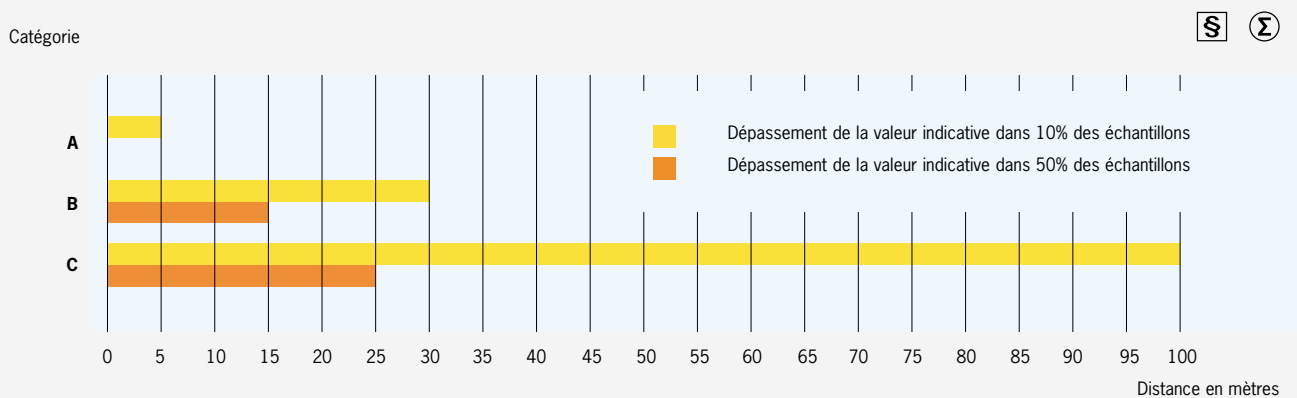
Fig. 2.1.3c



Source: Amt für Umweltschutz, Kanton Solothurn 1999, p. 24

Dépassements prévisibles de la valeur indicative pour les PAH le long des routes canton de Zurich

Fig. 2.1.3d



Catégorie A: trafic journalier moyen inférieur à 2000 véhicules
 Catégorie B: trafic journalier moyen entre 2001 et 15 000 véhicules, déclivité inférieure à 3 %
 Catégorie C: trafic journalier moyen supérieur à 15 000 véhicules, déclivité supérieure à 3 %

Source: Fachstelle Bodenschutz, canton de Zurich 2000 p. 15

- Il n'existe plus de sols non contaminés en Suisse; les accumulations en polluants observées dans les sols de régions retirées en sont la preuve.
- Parmi les polluants inorganiques, ce sont le plomb, le cuivre et le cadmium qui engendrent les plus fortes contaminations anthropiques. Selon une première estimation sommaire, environ 10% de la surface du pays présentent des dépassements des valeurs indicatives.¹¹

une valeur indicative dans 33 sites et de celle des teneurs solubles de polluants dans 12 sites). C'est dans la couche supérieure du sol que l'on mesure la plupart des dépassements des valeurs indicatives concernant le plomb, le cuivre et le cadmium.

Selon le NABO, les valeurs indicatives fixées pour les polluants inorganiques sont dépassées dans 42% des sites (dépassement d'au moins

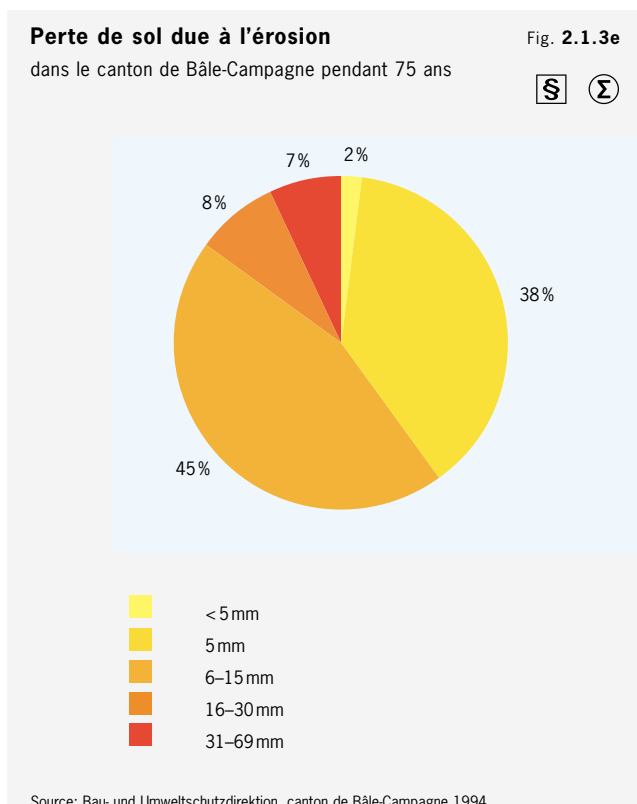
11 Les valeurs indicatives sont des valeurs préventives. Elles indiquent les concentrations au-delà desquelles la fertilité des sols n'est plus garantie à long terme.



Appelés «Hot Spots», les sites où les concentrations locales sont particulièrement élevées ne sont pas analysés par le NABO, mais par les cantons. Il s'agit de bords de routes, de stands de tir, de sols viticoles ainsi que de sols proches d'usines métallurgiques, d'anciennes usines d'incinération d'ordures ménagères ou de crématoires.

a) Stands de tir

Les cartouches de fusil contiennent du plomb qui pénètre en quantités considérables dans les sols des quelque 2000 stands de tir. Les zones les plus contaminées sont les buttes pare-balles. Le canton d'Uri a fait analyser la prairie du Grütli, site historique sur lequel plus de 1000 tireurs se mesurent chaque année sur deux stands temporaires à 50 et à 300 m durant le tir du Grütli et celui de la Saint-Martin. Dans la zone directe de tir au pistolet du stand à 50 m (environ 400 m²), on a mesuré une concentration de plomb 211 fois supérieure à la valeur indicative, soit 10'566 mg/kg de matière sèche. L'exploitation (pâtu-



rage et prairie de fauche) et l'accès (terrain de jeu, aire de pique-nique) ont dû être interdits.¹² Le pâturage des moutons a été proscrit sur 500 m² supplémentaire environ. En revanche, le reste de la zone ne présente pas de danger pour l'homme et les animaux.

b) Usines métallurgiques

Les sols proches d'usines métallurgiques installées de longue date présentent des concentrations de métaux lourds largement supérieures à la moyenne. Dans le cas des «Metallwerke AG» de Dornach (SO), par exemple, la valeur d'assainissement fixée pour le cuivre est dépassée jusqu'à 300 m à l'est de l'usine (où se trouvent des jardins privés et familiaux), et celle du zinc jusqu'à environ 200 m (fig. 2.1.3c). Les concentrations de cuivre et de cadmium atteignent des valeurs critiques pour la culture de plantes fourragères dans une zone d'environ 600 m à l'est de l'usine.¹³

c) Vignes

Tous les sols viticoles, actuels ou anciens, sont contaminés par l'utilisation de produits phytosanitaires cuivrés. Des quantités importantes de cuivre ont été utilisées pour combattre l'oïdium, notamment lors de l'apparition sur le marché des produits chimiques de traitement des plantes. Des extrapolations révèlent que la valeur indicative fixée pour le cuivre à 40 mg/kg, est dépassée – massivement en certains endroits – sur 38'000 à 44'700 ha de vignobles actuels et anciens.¹⁴

Contamination par les polluants organiques

Le NABO devrait bientôt entamer la mesure des pollutions organiques anthropiques, que les cantons ont récemment commencé à étudier. Ainsi, des mesures portant sur les hydrocarbures aromatiques polycycliques (PAH) résultant du trafic révèlent que la valeur indicative n'est dépassée qu'à proximité immédiate de la route (moins de 5 m) lorsque le trafic est faible (fig. 2.1.3d). Lorsque le trafic journalier moyen est inférieur ou égal à 15'000 véhicules, on estime que la bande de terrain contaminée s'étend jusqu'à 15 m et jusqu'à 50 m en cas de trafic dense (25'000 à 70'000 véhicules par jour).¹⁵ Difficilement dégradables, les PAH s'accumulent dans le sol.

Fertilité naturelle du sol

La productivité du sol dépend essentiellement de sa profondeur, de sa structure et de son approvisionnement en substances nutritives. Durant les dernières décennies, l'épaisseur du sol a enregistré une tendance à la baisse. Selon les régions, 10 à 40% des surfaces cultivées du Plateau sont menacées par l'érosion.¹⁶ En général, elle atteint moins de 2 t par année et par hectare sur les sols à couverture végétale permanente du Plateau, mais peut s'élever à 40 t par année et par hectare sur les terres cultivables en cas de fortes précipitations.

Des extrapolations concernant le canton de Bâle-Campagne révèlent qu'en 75 ans, il faut tabler sur une érosion maximale de 5 mm sur 40% des sols et jusqu'à 15 mm sur 45%. Pour 8% des sols, les pertes atteignent jusqu'à 30 mm, et même 70 mm pour les 7% restants (fig. 2.1.3e).

12 Amt für Umweltschutz, canton d'Uri 1999, p. 9 s.

13 Amt für Umweltschutz, canton de Soleure 1999, p. 10.

14 Studer, Gsponer et Desaulles 1995, p. 33. A titre de comparaison: pour l'année 1991, la déclaration obligatoire de la vendange de l'Office fédéral de l'agriculture indique une surface viticole de 14'927 ha.

15 Fachstelle Bodenschutz, canton de Zurich 2000, p. 15 s.

16 Mosimann et al. 1990. Une tonne de perte de sol par hectare équivaut à une réduction de l'épaisseur du sol d'environ 0,1 mm.

17 Weisskopf et al. 1988.

18 Semi-tourbeux: sol imperméable pauvre en oxygène et à gley (voir chapitre 2.1.1).

19 Amt für Umweltschutz, canton de Lucerne 1997, p. 26 s.

20 Forschungsanstalt für biologischen Landbau 1995, p. 509 ss.

21 Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage 1997, p. 67.

22 Le terme de pH désigne l'acidité du sol: plus le pH est bas, plus le sol est acide; plus il est élevé, plus le sol est basique.

En Suisse, pratiquement toutes les régions agricoles présentant des sols profonds et riches en substances nutritives sont menacées de compactage.¹⁷ Au lieu d'une structure meuble, elles présentent souvent un sol déjà compacté et peu perméable. Les plus menacées sont celles où la nappe phréatique affleure la surface (anciennes zones inondées) ainsi que les sols à faible teneur en squelette ou semi-tourbeux¹⁸ et plats de surcroît.¹⁹

2.1.4 CONSÉQUENCES

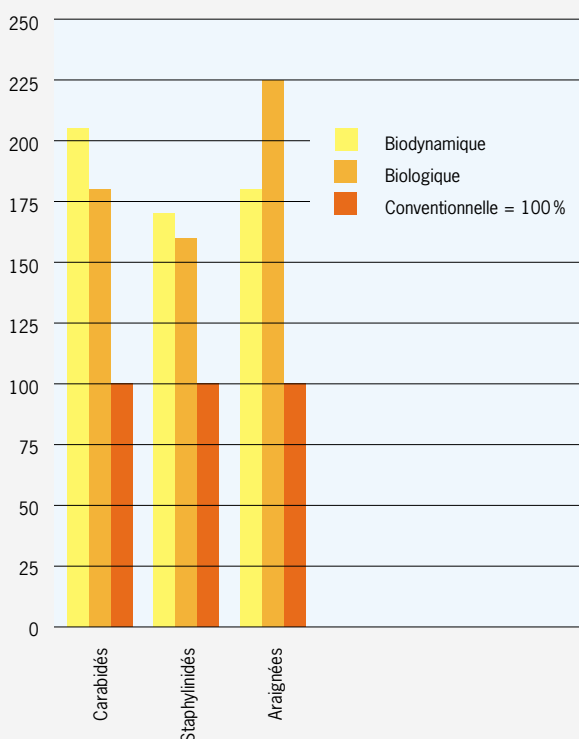
Faune du sol

Les méthodes de culture influencent la teneur en substances nutritives et la composition de la faune du sol. Une étude effectuée de 1978 à 1991 compare les méthodes conventionnelles avec celles de la production intégrée et biologique.²⁰ Les analyses microbiologiques ont révélé une biomasse microbienne supérieure de 20 à 30% et une activité enzymatique supérieure de 30 à 130% dans les sols cultivés selon des méthodes biologiques et biodynamiques. De même, l'exploitation biologique fait augmenter la quantité et la diversité des organismes du sol (fig. 2.1.4a). On a constaté parallèlement que les teneurs en phosphore soluble et en potassium sont inférieures de 40% à celles des sols cultivés conventionnellement. Entre-temps, 96,8% des surfaces agricoles utiles sont exploitées soit sur la base de prestations écologiques requises (qui ont remplacé la production intégrée), soit selon les directives de l'agriculture biologique (qui occupaient 8,0% des surfaces agricoles en 2000).

Densité d'activité des carabidés, des staphylinidés et des araignées selon les méthodes de culture 1990-1992

Fig. 2.1.4a

en pour cent



Source: Institut de recherches sur l'agriculture biologique 1995

La population de vers de terre dépend de la méthode d'exploitation

Le sol est un organisme vivant dont la fertilité dépend d'une faune et d'une flore diversifiée et biologiquement active. Les vers de terre contribuent considérablement à son amélioration. Une étude a constaté dans les populations de vers de terre de 91 prairies et pâturages non perturbés et non contaminés du Plateau des biomasses totales de 131 à 515 g/m², la médiane se situant à environ 300 g/m².²¹ Elle révèle également que la population totale de vers de terre dépend principalement de la méthode d'exploitation (fertilisation, labour et pâturage).



Photo: P. Flury

Santé

Le cadmium peut parvenir dans le sol par l'intermédiaire d'engrais phosphatés au cadmium ou des émissions produites par l'élimination d'objets qui en contiennent (électrodes, PVC, pigments, etc.). Il devient problématique lorsqu'il passe dans la chaîne alimentaire par accumulation dans les plantes. A son contact, les plantes réagissent notamment en produisant des peptides qui le lient. L'absorption de cadmium diffère selon l'espèce végétale, le pH²², la teneur en argile et en humus. Le chou, la laitue pommée et l'épinard en accumulent de grandes quantités dans la pousse, les graminées surtout dans les racines. Les céréales sont normalement peu contaminées. Pourtant, la valeur de tolérance²³ était dépassée dans 41 des 60 échantillons de blé prélevés sur le territoire de la commune de Nenzlingen (BL) (fig. 2.1.4b).

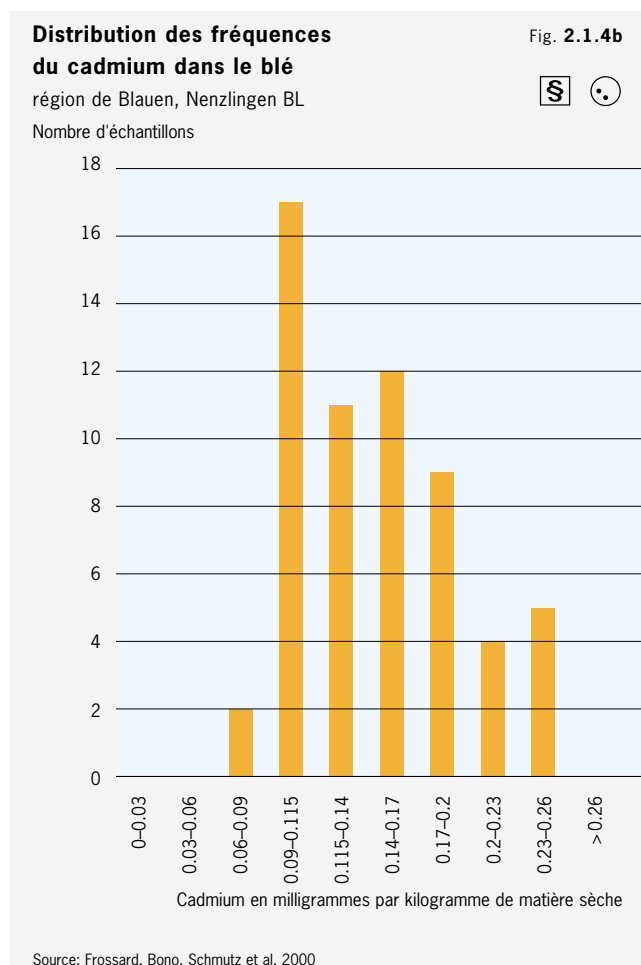
23 Lorsqu'une valeur de tolérance selon l'ordonnance du 26 juin 1995 sur les substances étrangères et les composants dans les denrées alimentaires est dépassée, la denrée alimentaire est considérée comme souillée et lorsqu'une valeur limite est dépassée, comme impropre à l'alimentation humaine. La valeur de tolérance pour le cadmium s'élève à 0,1 mg/kg de matière fraîche (ou à 0,115 mg/kg de matière sèche) et la valeur limite à 0,3 mg/kg de matière fraîche (ou à 0,345 mg/kg de matière sèche).



Domaine d'application	Disposition	
Utilisation économique du sol	Coordination	Obligation faite à la Confédération, aux cantons et aux communes de coordonner les activités qui ont des effets sur l'organisation du territoire (LAT, art. 1)
	Zones à bâtir	Autorisation de construire hors de la zone à bâtir uniquement si l'implantation est imposée par la destination (LAT, art. 24) Autorisation de construire uniquement pour les terrains équipés (LAT, art. 22)
	Terres cultivables	Délimitation de surfaces d'assolement par les cantons (OAT, art. 26 – 30) Interdiction de morceler et lutte contre les prix surfaits des terrains agricoles (LDFR, art. 1) Contributions à la culture, à la garde d'animaux de rente, à la compensation écologique, à l'estivage, aux remembrements et aux améliorations foncières (OCCC, OPD, OCest, OAS)
Dispositions générales visant à la conservation de la fertilité du sol	Conservation à long terme de la fertilité du sol (LPE, art. 1 et 33-35, Osol, art. 1)	
	Encouragement de l'agriculture biologique (OPD, art. 7 – 11, O du DFE sur l'agriculture biologique)	
	Encouragement d'une exploitation agricole plus respectueuse de l'environnement en liant les paiements directs et des prestations écologiques requises (OPD)	
Protection contre les atteintes par les substances	Surfertilisation	Equilibre du bilan des engrais dans les exploitations pratiquant la garde d'animaux de rente (LEaux, art. 14)
	Polluants et des organismes	Protection du sol contre les atteintes nuisibles provenant des substances dangereuses et des organismes (LEaux, art. 9 et 1, ODE, art. 1 et 2, Osubst, art. 1, OPair, art. 1, OTD, art. 1) Homologation obligatoire et dispositions d'exécution pour les produits phytosanitaires utilisés dans l'agriculture (Osubst, art. 1, annexe 4.3, ordonnance sur les produits phytosanitaires, art. 2, 4 et 19) Valeurs indicatives, seuils d'investigation et valeurs d'assainissement pour les polluants inorganiques et organiques (OPair, art. 1 et 3, OPair, annexes 1 et 7, OPAM, art. 1, OTD, art. 1, ordonnance sur les produits phytosanitaires, LPE, art. 35, Osol, annexes 1 et 2)
Protection contre les atteintes mécaniques	Erosion	Valeurs indicatives pour l'érosion sur les terres assolées (Osol, art. 6 et annexe 3)
	Compactage	Limitation de la pression exercée sur le sol par les engins de chantier (Osol, art. 6)
	Traitement des matériaux d'excavation	Interdiction de mélanger des matériaux d'excavation (Osol, art. 7). Instruction concernant l'entreposage séparé d'humus et de terre cultivable (Instruction pratique «Evaluation et utilisation des matériaux terreux»)
LAT:	Loi fédérale du 22 juin 1979 sur l'aménagement du territoire	
OAT:	Ordonnance du 28 juin 2000 sur l'aménagement du territoire	
LDFR:	Loi fédérale du 4 octobre 1991 sur le droit foncier rural	
OCCC:	Ordonnance du 7 décembre 1998 sur les contributions à la surface et à la transformation dans la culture des champs	
OPD:	Ordonnance du 7 décembre 1998 sur les paiements directs versés dans l'agriculture	
OCest:	Ordonnance du 29 mars 2000 sur les contributions d'estivage	
OAS:	Ordonnance du 7 décembre 1998 sur les améliorations structurelles dans l'agriculture	
LPE:	Loi fédérale du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement	
Osol:	Ordonnance du 1er juillet 1998 sur les atteintes portées aux sols	
O du DFE	du 22 septembre 1997 sur l'agriculture biologique	
LEaux:	Loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux	
ODE:	Ordonnance du 25 août 1999 sur l'utilisation d'organismes dans l'environnement (Ordonnance sur la dissémination dans l'environnement)	
Osubst:	Ordonnance du 9 juin 1986 sur les substances dangereuses pour l'environnement	
OPair:	Ordonnance du 16 décembre 1985 sur la protection de l'air	
OTD:	Ordonnance du 10 décembre 1990 sur le traitement des déchets	
O sur les produits phytosanitaires:	Ordonnance du 23 juin 1999 sur l'homologation de produits phytosanitaires	
OPAM:	Ordonnance du 27 février 1991 sur la protection contre les accidents majeurs	

La valeur limite n'a en revanche jamais été atteinte. Sur ces sols du Jura, l'accumulation notable de cadmium n'est probablement pas anthropique, mais provient de l'altération de la roche-mère et de la libération consécutive du métal qui s'y trouve.

Le cadmium s'accumule dans l'organisme humain, où il peut provoquer à long terme des lésions rénales. En Suisse, 20% de la dose hebdomadaire tolérable recommandée par l'OMS²⁴ (60 microgrammes par personne et par jour) est atteinte en moyenne, avec des pics à 42%.²⁵



2.1.5 MESURES EN VIGUEUR

Législation

La protection de la fertilité du sol est mentionnée expressément dans l'article qui énonce les buts de la loi sur la protection de l'environnement.²⁶ Elle est concrétisée par l'ordonnance sur les atteintes portées au sol (fig. 2.1.5), qui fixe des valeurs indicatives, des seuils d'investigation et des valeurs d'assainissement permettant d'évaluer les atteintes portées au sol. Les valeurs indicatives sont des valeurs préventives qui garantissent la protection à long terme de l'écosystème sol. Les seuils d'investigation et les valeurs d'assainissement permettent de juger si les atteintes portées au sol menacent la santé de l'homme, des animaux de rente et des plantes utiles. L'ordonnance indique également les mesures à prendre en cas de dépassement. La protection des sols contre les atteintes biologiques, chimiques ou mécaniques n'est cependant possible qu'à la source, donc moyennant des dispositions qui limitent les émissions de polluants atmosphériques, les orga-

nismes, les substances dangereuses pour l'environnement, les déchets, les pollutions des eaux et l'infiltration. Dans le cas des atteintes mécaniques (érosion, compactage), les mesures préventives sont elles aussi prioritaires.

L'utilisation parcimonieuse du sol, notamment la protection contre la construction désordonnée, est réglementée par la loi sur l'aménagement du territoire, qui stipule que de nouvelles constructions ne peuvent être édifiées hors des zones à bâtir qu'à certaines conditions, entre autres lorsque leur implantation hors zone à bâtir est imposée par leur destination et qu'aucun intérêt prépondérant ne s'y oppose. Depuis septembre 2000, la création d'une activité accessoire non agricole proche de l'exploitation dans des constructions ou installations agricoles peut être autorisée.²⁷ Par ailleurs, les cantons sont habilités à autoriser dans la zone agricole des constructions et installations dépassant le cadre de ce qui peut être admis au titre du développement interne (par exemple pour la culture hors-sol et les exploitations d'engraissement).²⁸ Ces nouvelles dispositions, qui ont étendu les possibilités de construire hors de la zone à bâtir, pourraient donc aboutir, localement et à des degrés divers, à une augmentation des bâtiments et des installations dans ces zones.²⁹

Accords européens

Souvent locaux ou régionaux, les problèmes liés au sol font rarement l'objet de conventions internationales. La Charte européenne des sols, qui date de 1972, souligne que le sol est un bien vulnérable et limité. Elle dresse la liste des mesures de protection nécessaires contre l'érosion, les pollutions et l'urbanisation désordonnée. Ses souhaits ont été concrétisés à l'intention des pays-membres dans une recommandation du Conseil de l'Europe sur la protection des sols.³⁰

Dans le cadre de la Convention alpine, l'Allemagne, l'Autriche, la France, l'Italie, le Liechtenstein, Monaco, la Suisse, la Slovénie et l'UE ont élaboré un protocole destiné à préserver les fonctions naturelles des sols et à garantir ses utilisations dans les Alpes.³¹ Vers le milieu de 2001, il avait été signé par l'Autriche, l'Allemagne, la Suisse, la France, le Liechtenstein, l'Italie, Monaco et la Slovénie.

24 OMS = Organisation mondiale de la santé
25 Office fédéral de la santé publique 1998, p. 142 et 150 s.
26 Loi fédérale du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement, art. 1.
27 Ordonnance du 28 juin 2000 sur l'aménagement du territoire, art. 40.
28 Ordonnance du 28 juin 2000 sur l'aménagement du territoire, art. 16.
29 Réponse du Conseil fédéral du 15 novembre 2000 à l'interpellation Erika Forster-Vannini du 6 octobre 2000
30 Recommandation R (92) 8 du 18 mai 1992 sur la protection des sols.
31 Protocole d'application du 26 février 1998 de la Convention alpine de 1991 dans le domaine de la protection des sols.



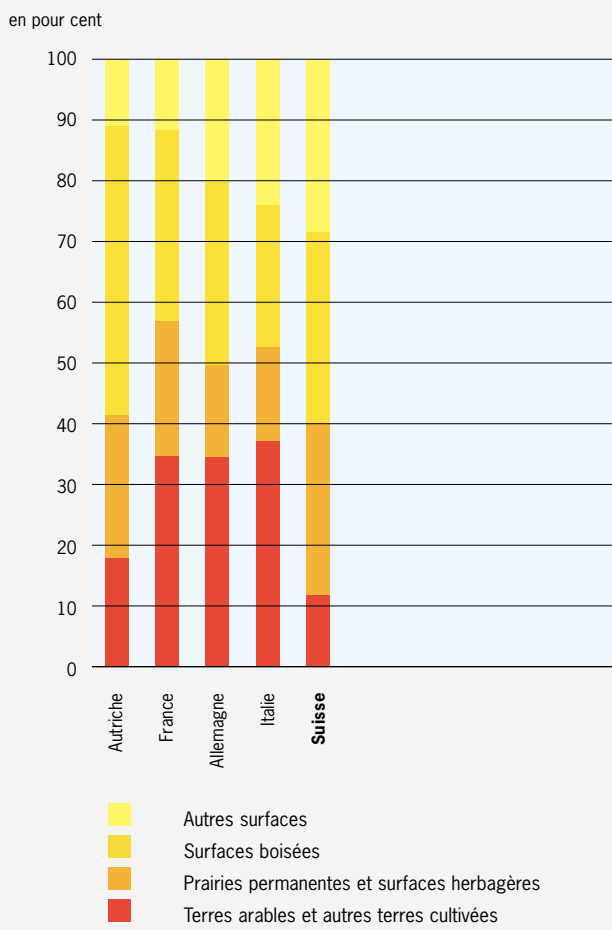
2.1.6 COMPARAISONS INTERNATIONALES

Les pays voisins de la Suisse présentent tous une part plus importante de surfaces agricoles, notamment ceux plus plats comme l'Allemagne et la France (fig. 2.1.6). La Suisse, pays traditionnellement d'élevage et d'estivage, présente un pourcentage très élevé de prairies permanentes et d'herbages. En ce qui concerne la forêt, l'Autriche l'emporte de loin avec 47,6% de son territoire, suivie par la Suisse avec 31,6% et la France avec 31,3%. Située dans l'espace alpin, la Suisse comporte une proportion élevée (28,4%) d'«autres surfaces», qui englobent également les surfaces improductives.³²

En Europe, quelque 115 millions d'hectares sont menacés par l'érosion hydrique et 42 millions d'hectares par l'érosion éolienne; pris ensemble, ils représentent 16% de tous les sols européens.³³ La zone la plus touchée est celle qui borde la Méditerranée. Les produits phytosanitaires ont altéré 180 millions d'hectares, les nitrates et les phosphates 170 millions d'hectares, l'acidification 85 millions d'hectares et le compactage 33 millions d'hectares, ce qui représente 13% de la superficie de l'Europe. En comparaison, les principales menaces qui planent sur le sol suisse sont l'urbanisation désordonnée et, dans une moindre mesure, le compactage.

Utilisation du sol dans cinq pays membres de l'OCDE 1997

Fig. 2.1.6



Source: OCDE 1999, p. 111

³² OCDE 1999, p. 111.

³³ Agence européenne pour l'environnement 1998, p. 231 et ss.

Bibliographie

Agence européenne pour l'Environnement: Europe's Environment – The Second Assessment. Luxembourg 1998.

Amt für Umweltschutz, Kanton Luzern: Abschätzung der relativen Verdichtungsgefährdung von Böden im Kanton Luzern. Lucerne 1997.

Amt für Umweltschutz, Kanton Solothurn: Bodendaten und Stofffluss-Analysen im Schwermetallbelastungsgebiet Dornach. Soleure 1999.

Amt für Umweltschutz, Kanton Uri: Rütliwiese – Schadstoffbelastung und Gefährdung durch Schiessanlagen. Altdorf 1999.

Bau- und Umweltschutzdirektion des Kantons Basel-Landschaft: Bodenerosion. Liestal 1994.

Blanc J.-P.: Etude de la fertilité des sites des jardins familiaux genevois. Lullier 1997.

Fachstelle Bodenschutz, Kanton Zürich: Die Belastung mit PAK und Blei an Strassen im Kanton Zürich. Zurich 2000.

Flückiger R. et al.: Bodenkunde. Zollikofen 1993.

Forschungsinstitut für biologischen Landbau: DOK-Versuch: Vergleichende Langzeit-Untersuchungen in den drei Anbausystemen Biologisch-Dynamisch, Organisch-biologisch et Konventionell, Teil III. Boden: Untersuchungen über die Regenwurmpopulationen et Mikrobiologische Untersuchungen, DOK-Vergleich. Oberwil 1995.

Frossard R., Bono R., Schmutz D., Buser A., Simon P. et al.: Cadmium in acht Weizensorten – Ergebnisse eines Anbauversuchs in Nenzlingen, Basel-Landschaft. Mitt. Lebensm. Hyg. 91, p. 473 – 483. 2000.

Mosimann T. et al.: Erosion du sol sur le Plateau suisse – Ampleur et remèdes. Rapport 51 du Programme national de recherche «Utilisation du sol en Suisse». Berne-Liebefeld 1990.

OCDE: Données OCDE sur l'environnement. Compendium 1999. Paris 1999.

Office fédéral de l'aménagement du territoire: La Suisse urbaine – Evolution spatiale et structure actuelle. Berne 2000.

Adresses Internet

Soil.ch (Société suisse de pédologie)

www.soil.ch

La banque de données bibliographiques de ce site comporte plus de 1000 contributions, que l'on peut généralement commander directement par voie électronique. Le site propose aussi des documents sous forme de fichiers PDF, par exemple la clé de répartition des sols en Suisse.

Fachstelle Bodenschutz (FaBo) des Kantons Zürich

www.fabo.zh.ch

On trouvera sur ce site, en sus d'informations sur les sols du canton de Zurich, une introduction à la science du sol. Le site présente aussi des analyses menées par les différents services (chimie du sol, physique du sol, etc.) ainsi qu'une banque de données de liens.

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage 1997: Peuplements lombriciens des prairies permanentes du Plateau suisse. Cahier de l'environnement n° 291, Berne 1997.

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage 2000: Réseau national d'observation des sols – Variations des teneurs en polluants après 5 et 10 ans de suivi. Cahier de l'environnement n° 320. Berne 2000.

Office fédéral de la santé publique: Quatrième rapport sur la nutrition en Suisse. Berne 1998.

Office fédéral de la statistique 1984, Recensement fédéral de la population 1980, Logements Ile partie (vol. 7), Statistiques de la Suisse, fascicule 707. Berne 1984.

Office fédéral de la statistique 1992: L'utilisation du sol en Suisse. Statistique de la superficie 1979/85. Berne 1992.

Office fédéral de la statistique 1993: Recensement fédéral de la population 1990. Conditions de logement. Tableaux thématiques. Berne 1993.

Office fédéral de la statistique 2000: Statistique suisse des transports 1996/2000. Neuchâtel 2000.

Office fédéral de la statistique 2001: L'utilisation du sol en Suisse. Statistique de la superficie 1992/97. Neuchâtel 2001.

Office fédéral des routes 2001: Les routes nationales suisses, Info 2001. Berne 2001.

Studer K., Gsponer R., Desales A.: Erfassung der flächenhaften Kupferbelastung in Rebbergböden der Schweiz. Les cahiers de la FAC n° 20. Berne-Liebefeld 1995.

Umweltschutzamt der Stadt St. Gallen: Schwermetallbelastung von Garten- und Landwirtschaftsböden in der Stadt St. Gallen. St-Gall 1996.

Weisskopf P. et al.: Die Verdichtungsgefahr schweizerischer Ackerböden. Rapport 20 du Programme national de recherche «Utilisation du sol en Suisse». Berne-Liebefeld 1990.

European Topic Centre on Land Cover (European Environment Agency)

http://etc.satellus.se

Une carte agrandissable à l'échelle 1:750'000 montre la couverture du sol de nombreux pays européens (pays membres de l'Agence européenne pour l'environnement ainsi que les pays dits Phare). D'autres données ne sont accessibles qu'aux ayants droit.



