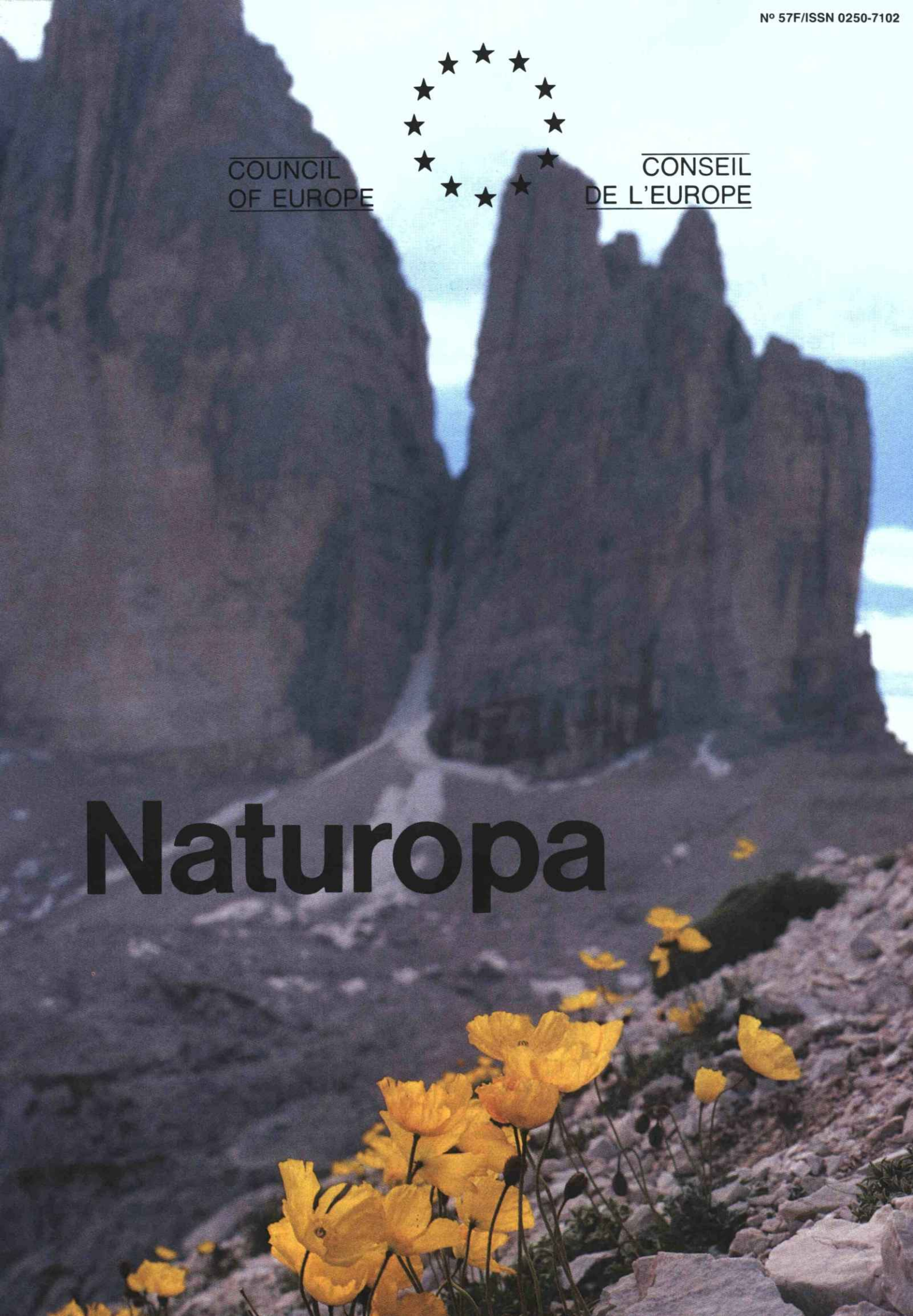




COUNCIL
OF EUROPE

CONSEIL
DE L'EUROPE

Naturopa



centre de
documentation
et
d'information
sur
l'environnement
et la nature



Symbole des activités du Conseil de l'Europe pour l'environnement et la nature.

Naturopa est publié en anglais, en français, en allemand, en italien, en portugais et en espagnol par le Centre de documentation et d'information sur l'environnement et la nature du Conseil de l'Europe, BP 431 R6, F-67006 Strasbourg Cedex.

Editeur responsable: Hayo H. Hoekstra
Conception et rédaction:
Annick Pachod

Conseiller spécial de ce numéro:
Dr R. Häberli, Direction du Programme
«Boden» - Suisse

Photocomposition:
Lithocompo S.A., Liège (Belgique)

Imprimeur: Massoz S.A.,
Liège (Belgique)

Photogravure: Gam Grafic,
Herstal (Belgique)

Les textes peuvent être reproduits librement, à condition que toutes les références soient mentionnées. Le Centre serait heureux de recevoir un exemplaire témoin, le cas échéant. Tous droits de reproduction des photographies sont expressément réservés.

Les opinions exprimées dans cette publication n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues du Conseil de l'Europe.

Couverture: photo Heckel/Rauch

Légende de l'illustration pages 16-17:
Affiche de E. Possin («Unterricht Biologie n° 57»
parue dans la revue «Le sol — un monde vivant»
éditée par la LSPN.



Naturopa

N° 57 - 1987

Editorial	E. Kopp	3
Le sol — un élément naturel	W.E.H. Blum	4
Un milieu vivant, infiniment riche et complexe	T.R.E. Thompson et J.M. Hodgson	8
Un système producteur	N. Fedoroff	11
L'homme et le sol	W.G. Sombroek	13
Phénomènes d'érosion	C. Roquero	18
Les pollutions	I. Johnsen	21
Aménagement du territoire et occupation des sols	S. Losch	22
Quelques exemples de mesures		
— Aux Pays-Bas	J.E.T. Moen	25
— Le programme national suisse	R. Häberli	26
— En Turquie	F. Eke	27
Au Conseil de l'Europe		30

Une bombe à retardement

Le sol. Son existence a été considérée pendant des siècles comme allant de soi, tout comme celle du reste de notre environnement. A présent, on reconnaît qu'il constitue un des fondements de nos moyens d'existence et que nous le détruisons à un point tel que les experts parlent parfois d'une «bombe à retardement».

Dès 1972, le Conseil de l'Europe avait reconnu son irremplaçable valeur en adoptant la Charte Européenne des Sols. Son contenu conserve toute sa validité: «le sol est un des biens les plus précieux de l'humanité», il s'agit «d'une ressource limitée qui se détruit facilement» et «les gouvernements et les autorités administratives doivent planifier et gérer rationnellement les ressources en sol».

La 5^e Conférence ministérielle européenne sur l'environnement qui a eu lieu à Lis-

bonne en juin dernier a recommandé au Comité des Ministres du Conseil de l'Europe d'étudier la possibilité d'élaborer un projet de convention approprié sur la protection des sols. Le Comité des Ministres est en train de se pencher sur la question. Le Conseil de l'Europe continuera donc d'œuvrer pour la sauvegarde de cette précieuse ressource.

Après Naturopa 55, 56 et 57, qui ont appuyé la Campagne «Agriculture et vie sauvage», le numéro à paraître au printemps 1988 traitera du problème des déchets, du recyclage et de la destruction des paysages naturels et de l'environnement à laquelle se livre l'homme.

H.H.H.



Editorial

Le sol est devenu l'un des grands thèmes de débat de notre époque et ce pour des raisons dont nous n'avons guère à nous féliciter. Il s'agit en fait de la sauvegarde de sa substance même et partant de l'avenir de l'humanité. Quant le sol se dérobe sous vos pieds, vous tombez inévitablement, or nous sommes en train de réussir ce tour de force de travailler nous-mêmes à provoquer notre chute. Notre comportement à l'égard de cette base de la vie qu'est le sol est devenu négligent. Avec nos exigences de civilisés, avec une urbanisation effrénée et de vastes installations et infrastructures, pour les transports entre autres, sans parler des équipements de loisirs toujours plus envahissants, nous consommons inconsidérément, sans aucune mesure semble-t-il, de précieuses superficies cultivables. Quant aux terres laissées à la culture, nous les soumettons aussi à une exploitation de plus en plus intense, les abreuvant littéralement de substances toxiques dont la dégradation est devenue quasi impossible. En agissant ainsi nous mettons en péril de manière tout à fait irresponsable les sources mêmes de notre existence et de celle des générations à venir.

Les choses ne sauraient continuer ainsi, notre comportement n'est plus justifiable. Et puisque nous avons dans l'ensemble reconnu le danger pour les sols et pour la nature, il faut maintenant agir. Une nouvelle éthique des rapports avec le sol doit fonder cette action. Le sol est devenu un simple instrument, un objet d'usage courant au service d'un progrès économique aux effets souvent contestables, un facteur de production et de consommation au sens le plus large. Nous voici aujourd'hui amenés à nous souvenir de la valeur propre, naturelle du sol et à nous efforcer de lui rendre sa «nature» et de la préserver.

Il est vrai que depuis des années, voire des décennies, les pays d'Europe tentent — avec des succès divers — de maîtriser cette évolution au moyen des politiques et instruments plus ou moins puissants d'aménagement du territoire dont ils se sont dotés. En Suisse, nous constatons qu'il faut renforcer l'efficacité concrète des mesures pour conserver qualitativement et quantitativement cette ressource particulièrement limitée dans notre pays, pour qu'elle reste capable de remplir toutes les fonctions qu'elle a à remplir. Pour notre génération mais aussi pour nos descendants.

Afin de mieux cerner les manières possibles de procéder, le gouvernement suisse a dégagé des crédits pour un programme national de recherche sur «l'utilisation des sols en Suisse». Ce programme doit contribuer, entre autres, à la réalisation des objectifs suivants: maintenir à long terme la fertilité du sol, limiter le recul des sols cultivés et de la végétation en général, mieux répartir les utilisations des sols. Les travaux de recherche doivent déboucher sur des mesures allant dans ce sens. Outre les mesures d'ordre législatif ou de caractère technique, il semble souhaitable de se préoccuper également dans le cadre de ce programme de questions de principe et de problèmes d'éthique. Les résultats de ces recherches, qui ne doivent pas se borner à analyser la situation actuelle des sols, mais doivent aussi nous montrer dans quels domaines nous aurons à penser autrement, et à plus long terme, ces résultats ne pourront être traduits dans la pratique qu'à la longue, avec la participation de la population.



Il s'agit donc, par un travail d'information et de relations publiques, de renforcer la prise de conscience et le sens des responsabilités des générations actuelles à l'égard de la conservation des sols.

Nous savons que la Suisse est ainsi au diapason des autres pays d'Europe qui tous font des efforts dans ce même sens. Ces problèmes concernent inévitablement tous les pays hautement civilisés et fortement industrialisés, mais aussi les pays du tiers monde dont les ressources sont indispensables à notre civilisation.

Ce n'est donc pas un hasard si la 8^e Conférence européenne des ministres responsables de l'aménagement du territoire qui doit se tenir en Suisse en 1988 s'est choisie pour thème «L'utilisation rationnelle des sols — fondement et limite de notre développement».

Gardons-nous, s'agissant des sols, d'oublier — et la Charte européenne de l'aménagement du territoire de 1983 en parle dans son préambule — que nos rapports avec le sol constituent une base essentielle de notre identité. Les soins donnés à la terre, en d'autres termes la culture dans son sens premier, est aussi le fondement de la culture humaine qui s'élève au-dessus du sol. Avoir une identité culturelle, c'est aussi avoir une patrie, c'est pouvoir se reconnaître dans un paysage, une région, un village, un quartier. En l'absence de ces possibilités d'identification avec la terre sur laquelle nos pieds prennent appui, nous sommes déracinés, ballottés, et perdons le contact avec ce qui se passe autour de nous. L'homme moderne, pour avoir perdu ses liens avec la terre, est en passe de devenir une créature en proie à une perpétuelle agitation qui vit sur des roues, une planche à voile ou des skis et n'a plus de chez soi.

Aujourd'hui nous sommes tous sensibilisés à cette évolution. Les réactions de la nature au traitement égoïste ou tout au moins désinvolte que nous lui avons fait subir nous ont valu un réveil brutal. C'est une chance pour la protection de l'environnement et l'aménagement du territoire, un espoir pour la terre. Tirons parti des perceptions nouvelles, de la prise de conscience, de l'orientation vers les nouvelles valeurs — qui ne sont peut-être que des valeurs anciennes, oubliées. Efforçons-nous d'amorcer une réorientation, une révision de nos rapports avec le sol et la nature.

Si nous parvenons à instaurer une nouvelle loyauté à son égard, nous aurons créé les conditions permettant de travailler à une répartition plus équitable et plus responsable de cette ressource limitée qu'est le sol entre nous et les générations à venir. Puissent les contributions à ce numéro et l'écho qu'elles trouveront chez les lecteurs susciter une réflexion et une action tendant à la réalisation de ces objectifs communs.

Elisabeth Kopp
Conseillère Fédérale
Suisse

Le sol — élément naturel

Winfried E.H. Blum



Terra fusca



Rendzine



Gley



Sol de montagne calcaire

Photos W.E.H. Blum

Formation et propriétés des sols

Lorsqu'on observe une portion de paysage située, par exemple, dans une région montagneuse de la masse continentale européenne, on est frappé de constater que le type de roches, le relief, l'altitude, la déclivité et l'orientation des versants, le type de végétation et d'utilisation du sol par l'homme, les caractéristiques hydrologiques du paysage, etc., sont autant de paramètres qui expliquent la présence de sols divers, parfois dans un espace extrêmement réduit. Dans les régions de hautes montagnes, on ne trouve que des sols qui se réduisent à une couche superficielle extrêmement mince; en effet, par suite de la vigueur du relief, ils sont exposés à un processus continu d'érosion (sols bruts). Dans les zones d'altitude moyenne, on rencontre déjà des sols dont la couche superficielle est bien formée sur l'ersatz rocheux (rendzine). Dans les zones plus basses se sont formés des sols comportant une couche superficielle bien développée, et en même temps, un horizon illuvial recouvrant un ersatz rocheux (Terra fusca). Dans les plaines alluviales, les sols sont influencés par la nappe phréatique (gley).

Cet exemple simple montre bien qu'on ne peut pas parler *du* sol, mais de types, ou de familles de sols.

En dépit des grandes différences qui existent entre les divers types et les diverses familles de sols, on observe d'importantes caractéristiques communes, que nous définirons brièvement dans les lignes qui suivent.

Le principal dénominateur commun est la manière dont ces sols se forment. Les sols se forment par la désagrégation physique et chimique des roches et par la décomposition biologique — ou, si l'on préfère, biochimique — de substances organiques, de débris végétaux et de restes d'animaux. Il y a ainsi formation d'humine, qui, sous l'action d'organismes, pénètre dans le sol et se mélange aux minéraux qui sont libérés, à partir de la couche inférieure, par la désagrégation de la roche. Plus la désagrégation est forte, plus la décomposition et la transformation de la masse organique sont intenses et plus le développement du sol est net.

Par conséquent, les sols sont des couches meubles, vivantes et réactives, qui s'étagent depuis la surface jusqu'à la roche (portion de l'écorce terrestre la plus superficielle = pédosphère). Ils sont apparus récemment, à la suite de la transformation de matières d'origines minérales et organiques, et d'un apport de matière et d'énergie venant de l'atmosphère; et les processus de formation et de transformation se poursuivent, en eux, de manière continue (système dynamique composé des trois phases — solide, liquide et gazeuse). Tant du point de vue écologique que sous l'angle de la protection du milieu, cette définition classique des sols peut être élargie de manière à inclure des sédiments meubles profonds et des couches rocheuses abritant de nombreuses cavités, y compris dans ses couches imprégnées d'eau de fond. Le sol, ainsi défini, en tant que coupe tridimensionnelle de la partie superficielle de l'écorce terrestre, peut atteindre une très grande profondeur.

La formation et le développement des sols en Europe ont subi fondamentalement l'influence des périodes glaciaires et interglaciaires du quaternaire. Dans les lieux où les sols des périodes interglaciaires et les sols relativement anciens ont été érodés par la couverture de glace ou sous l'action du gel, de l'eau et du vent — comme c'est le cas, essentiellement, pour toute la partie de l'Europe qui s'étend au nord de l'espace méditerranéen — les sols, à quelques exceptions près (sols résiduels), ont moins de 14.000 ans d'âge. Etant donné que ce laps de temps est très court, les sols possèdent encore des caractéristiques essentielles des diverses roches d'origine; mais ils conservent à un degré moindre les caractéristiques du type de végétation originel. Les divers sols possèdent d'autres points communs importants, à savoir des composantes anorganiques (minérales) et organiques, la présence d'organismes qui en font une matière vivante, ainsi que le système des pores.

Le sol, milieu réactif

La désagrégation physique et chimique/biochimique des roches a donné naissance, dans le sol, à de nouvelles particules anorganiques très réactives. Elles sont caractérisées par de petits calibres ($\varnothing < 2\mu\text{m}$) et une surface (extérieure et aussi, en partie, intérieure) importante, qui a une charge électro-négative ou, (rarement) électro-positive. Au nombre de ces particules minérales très réactives figurent essentiellement les minéraux argileux et les oxydes. Certains minéraux argileux ont une

surface qui peut atteindre 800 m²/g. La surface moyenne des minéraux argileux est de 100 à 200 m²/g. Grâce à leur surface importante et à leur charge électrique, ces minéraux ont la capacité de lier ou d'échanger les ions positifs et les ions négatifs du sol.

Lorsqu'en automne il tombe sur le sol, des feuilles, des fétus de paille, ou d'autres matières végétales ou animales mortes, ces matières ont généralement déjà subi un premier processus de décomposition (biochimique), ainsi que l'atteste, par exemple, dans le cas des végétaux, la coloration automnale. A la suite de deux autres phases du processus — le concassage mécanique par les animaux du sol, puis la réduction et la transformation microbiennes par les micro-organismes — une partie de cette substance organique primaire est minéralisée, c'est-à-dire totalement réduite à de l'eau, à certains éléments, et à du CO₂, qui servent, dans le sol et dans la couche d'air proche du sol, à une nouvelle croissance végétale (principe du cycle). Toutefois, une autre partie de la substance organique se transforme, sous l'action d'agents microbiens, en substance organique macromoléculaire (humine), qui peut durer pendant des milliers d'années, et qui confère au sol superficiel la coloration typique, allant de brun foncé à brun noir, en même temps qu'elle permet d'importantes réactions physico-chimiques et biochimiques dans le sol. L'humine a une surface encore plus grande que les minéraux argileux (jusqu'à 1.000 m²/g); et en raison de sa structure superficielle chimique, elle possède, selon les caractéristiques du pH du sol, des charges électro-négatives ou électro-positives, grâce auxquelles elle peut réaliser de multiples processus de liaison et d'échange.

Les processus susmentionnés concernant la décomposition et la transformation de la substance organique dans les sols s'opèrent sous l'action d'organismes vivants; on en compte, sur une profondeur de 30 cm, environ 25 tonnes à l'hectare, dont une dizaine de tonnes de bactéries et d'actinomycètes (forme de transition entre les bactéries et les champignons), une dizaine de tonnes de champignons, quatre tonnes de vers de terre, et environ une tonne d'autres organismes tels que mites, araignées, cloportes, coléoptères, escargots, souris, etc. Si l'on compare ces données au chiffre maximum de la population animale qui peut habiter un pâturage bien fourni, on constate que la biomasse contenue dans le sol peut être au moins dix fois plus importante que celle qui vit à sa surface.

En résumé, on peut dire, en ce qui concerne les composantes anorganiques et organiques du sol, que leurs nombreuses possibilités de réactions physiques, physico-chimiques et biochimiques sont dues à l'importance de leur surface, ainsi qu'à leur charge électro-négative ou électro-

positive. Si l'on suppose qu'une tranche de sol arable d'un hectare et de 20 cm de profondeur contient 3.000 tonnes de matières, et si l'on suppose également que les minéraux argileux représentent 20% du poids de cette matière (soit 600 tonnes), et que l'humine en représente 3% (90 tonnes), on s'aperçoit sans difficulté — en prenant comme valeurs moyennes pour la surface des minéraux argileux et celle de l'humine, respectivement 200 m²/g et 1.000 m²/g — qu'en tenant compte uniquement de ces composantes du sol, le constituant du sol mentionné a une surface comparable à celle d'un Etat européen de moyenne grandeur.

Les composantes minérales et organiques du sol qui viennent d'être décrites sont stratifiées de telle manière qu'il se forme des cavités. Celles-ci donnent naissance au système des pores, qui subissent des transformations permanentes, imputables à divers processus internes — dilatation et contraction du sol, activité animale et végétale (par exemple, par les racines) — ainsi qu'à la culture du sol par l'homme. Les pores constituent l'habitat des organismes du sol, et ils assurent la régulation hydrique et gazeuse (aérorégulation) du sol. On les classe en plusieurs catégories selon leur diamètre. Dans les pores de grand diamètre (diamètre supérieur à 50 µm ou compris entre 50 et 10 µm), l'eau peut s'écouler goutte à goutte sous l'effet de la pesanteur. Ces pores sont donc essentiels pour l'aérorégulation du sol; en même temps, ils constituent le principal biotope pour les organismes du sol, ainsi que pour les racines de la couverture végétale. Les pores moyens (diamètre compris entre 10 et 0,2 µm) peuvent retenir l'eau malgré la pesanteur; c'est-à-dire qu'ils peuvent emmagasiner l'eau au profit des racines végétales et d'autres organismes. Par conséquent, leur présence dans le sol est capitale pour l'approvisionnement en eau de la biosphère. Quant aux pores fins (diamètre inférieur à 0,2 µm), eux aussi emmagasinent l'eau; mais celle-ci, étant fortement fixée, n'est pas utilisable par les plantes. Le système des pores est donc l'espace pédologique dans lequel se déroule l'ensemble des processus dynamiques entre la phase gazeuse, la phase liquide et la phase solide — autrement dit, entre le contenu des pores et leur paroi.

Les propriétés mentionnées se répartissent diversement selon les types de sols ou les familles de sols. Toutefois, en raison de leurs multiples mécanismes d'action aux plans physique, chimique et biologique/biochimique, elles sont à la base de la capacité de réaction du sol dans le milieu; c'est-à-dire qu'elles commandent les fonctions écologiques du sol. Les sols ont également des fonctions technico-industrielles, dans lesquelles les caractéristiques mentionnées n'ont pas d'importance capitale. Dans les lignes qui suivent, nous présenterons ces diverses fonctions des sols.

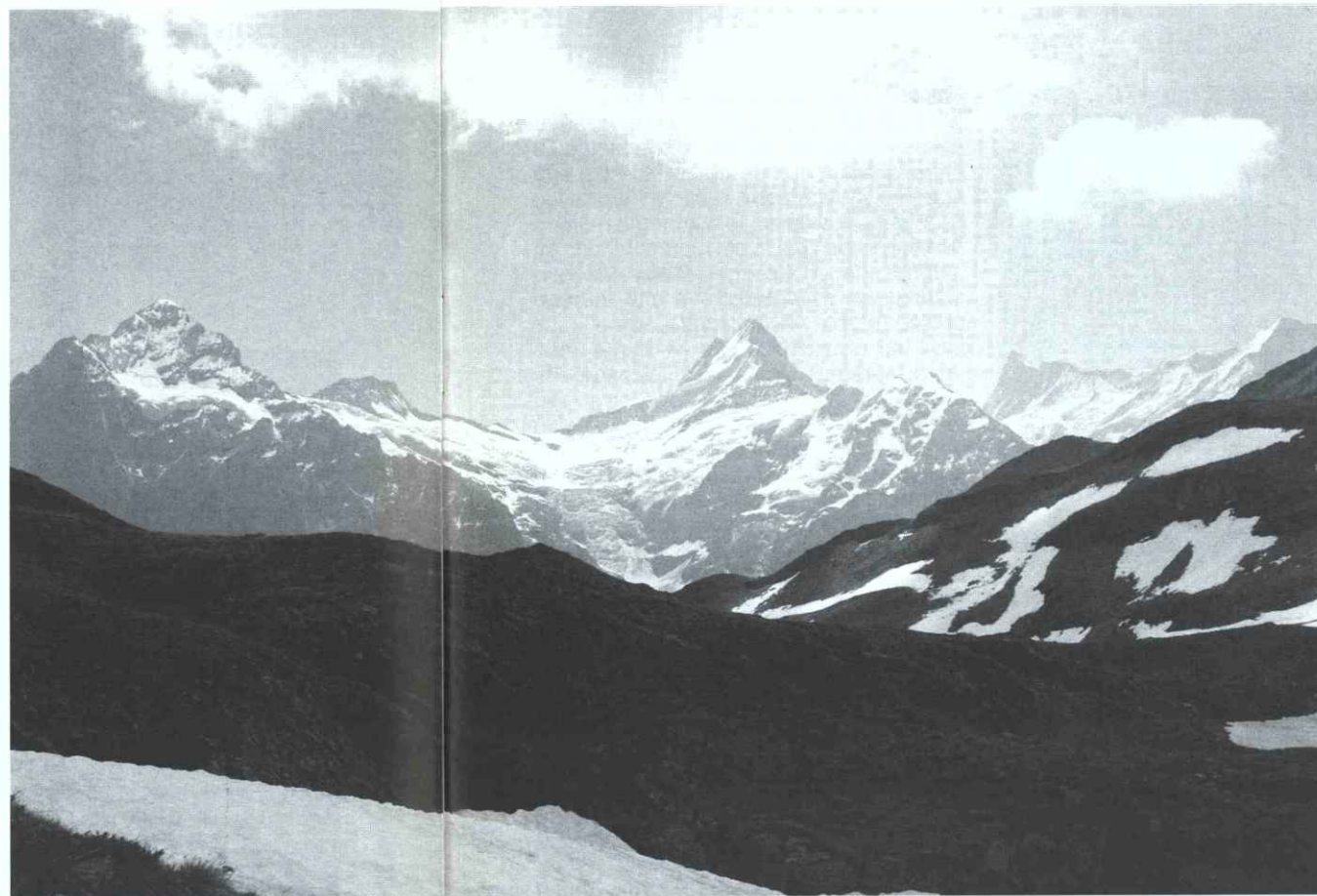
Les cinq fonctions pédologiques

Lorsqu'on aborde la question de la relation du sol avec l'environnement, et qu'on se fonde sur une analyse complète de la situation écologique actuelle, on peut attribuer aux sols cinq fonctions différentes, à savoir, trois fonctions écologiques, qui reposent sur les caractéristiques que nous avons citées, et deux fonctions technico-industrielles, qui font appel pour l'essentiel, à d'autres paramètres.

Au plan écologique, les sols possèdent les trois fonctions suivantes:

La fonction de production agricole et sylvicole, autrement dit la production de la biomasse d'où les hommes et les animaux tirent la nourriture et d'autres matières premières renouvelables indispensables à leur survie. Ici, le sol est considéré comme un substrat nutritif, qui fournit aux végétaux l'air, l'eau et les substances nécessaires à leur croissance.

La fonction de tampon, de filtre et de transformation. Ici, le sol est considéré en tant que filtre, tampon et transformateur entre l'atmosphère et la nappe phréatique d'une part, et entre l'atmosphère, la nappe phréatique et les plantes, d'autre part. Un exemple de fonction de tampon importante est la capacité aquifère, c'est-à-dire la faculté du sol d'absorber l'eau de pluie et, au bout d'un certain délai, de la «livrer» à la nappe phréatique, aux végétaux ou à l'atmosphère. Cette propriété est particulièrement importante en région de montagne, car elle permet une régulation hydrologique et une protection du paysage contre la destruction. Il existe également d'autres réactions importantes, physico-chimiques et chimiques, qui produisent un effet de filtre et de tampon. Une fonction capitale,



F. Zardou/PUMHIEL

dans ce contexte, est le maintien de la propreté de la nappe phréatique et de la chaîne alimentaire; l'une et l'autre, en effet, contribuent éminemment à la sauvegarde de la vie. En raison des réactions physiques, chimiques et biologiques/biochimiques qui ont été exposées, le sol est en mesure, non seulement de filtrer mécaniquement les substances (dans l'espace porifère), mais aussi de lier si fortement — par le biais de diverses réactions physico-chimiques — certaines substances toxiques anorganiques, telles que les métaux lourds ou les radionucléides, que ces derniers ne parviennent pas à atteindre la phase aqueuse du sol, et par conséquent ne parviennent pas jusqu'à la nappe phréatique ou la chaîne alimentaire. Une autre fonction essentielle est la fonction de transformation biologique/biochimique, c'est-à-dire la propriété qu'ont les sols de dégrader par une action microbienne les substances toxiques organiques, et, ce faisant, de les rendre partiellement ou totalement inoffensives.

Ainsi, les fonctions de tampon, de filtre et de transformation sont des fonctions du sol qui contribuent à garantir et sauvegarder la vie, en ce sens qu'elles favorisent la protection des paysages, le maintien de la propreté de la nappe phréatique et de l'eau potable, ainsi que des aliments: ce n'est que tout récemment qu'on a appréhendé ces fonctions dans toute leur dimension; c'est pourquoi ce domaine n'est encore que partiellement exploré.

La fonction de protection génétique et de réserve génétique pour la sauvegarde de la diversité des espèces. Cette fonction concerne la sauvegarde des organismes qui vivent dans le sol. La conservation génétique est l'une des tâches les plus importantes pour la sauvegarde des éléments qui conditionnent l'existence de l'homme; en effet, il est nécessaire de protéger non seulement les plantes et les animaux qui vivent à la surface du sol, mais aussi ceux qui sont dans le sol. Actuellement, la sauvegarde génétique à l'intérieur du sol est menacée par divers facteurs, notamment par des rejets provenant de différentes sources.

Au plan technico-industriel, les sols possèdent deux autres fonctions capitales, dont la définition relève non pas des propriétés pédologiques déjà évoquées, mais d'autres paramètres:

La fonction «infrastructures», c'est-à-dire le fait de procurer des terrains ou des espaces pour l'implantation humaine, les installations industrielles, les moyens de transports, les équipements de sport, de loisirs et de détente, ainsi que pour l'évacuation des déchets domestiques et industriels, etc.

La fonction «matières premières», c'est-à-dire le fait de fournir des matériaux solides, tels que les argiles, les sables, les graviers, les minéraux, etc., pour la production technico-industrielle, et également le fait de fournir de l'eau.

A propos de ces deux fonctions technico-industrielles, il convient d'observer qu'elles excluent, du moins partiellement, les fonctions écologiques, ou qu'elles les réduisent fortement.

Concurrence entre les fonctions des sols — une clé pour comprendre les problèmes concernant l'environnement et la protection des sols

Les problèmes fondamentaux de la protection des sols et de l'environnement résident actuellement dans la situation de concurrence qui existe entre les diverses fonctions pédologiques.

Nous voulons parler de la concurrence entre les fonctions écologiques et les fonctions technico-industrielles, et aussi des concurrences à l'intérieur de chacun de ces deux groupes de fonctions.

Au cours des siècles passés, le sol a été considéré essentiellement en tant que substrat pour la production de nourriture et de matières premières renouvelables, ce qui était normal, compte tenu des famines et des pénuries de denrées alimentaires. Etant donné que les cycles étaient dans une large mesure fermés, et qu'on n'utilisait que modérément les sources énergétiques fossiles et les matières premières — d'où une faible pollution de l'environnement — les autres fonctions écologiques du sol (fonctions de filtre, de tampon, de transformation

et de préservation génétique) n'étaient pratiquement pas affectées. Mais cette situation devait se modifier radicalement à partir des années 1950. L'augmentation des densités de population, le développement global des infrastructures, notamment du réseau de communication, et l'industrialisation croissante: autant d'évolutions à la suite desquelles les sols ont subi l'impact de rejets importants. A cela s'ajoute l'accroissement de la consommation de terrains pour le peuplement, les transports, la production industrielle, l'élimination des déchets, et aussi pour les installations de loisirs et de détente — et ce dans des proportions telles qu'il a fini par en résulter une concurrence considérable pour les fonctions écologiques du sol.

Mais on observe aussi, aujourd'hui, des situations de forte concurrence entre les diverses fonctions écologiques. Ainsi, par exemple, l'utilisation d'engrais et de moyens de traitement des végétaux pour optimiser la production de biomasse représente une contrainte excessive pour la fonction de filtre, de tampon et de transformation des sols, surtout si l'on songe au phénomène de la propagation des substances toxiques provenant de l'industrie, des transports et d'autres sources. Cela se manifeste non seulement dans la contamination de la nappe phréatique ou de l'eau potable par les nitrates et les moyens de traitement des végétaux, mais aussi, parfois, dans la contamination de denrées alimentaires par des substances toxiques organiques ou anorganiques.

La fonction de préservation génétique est, elle aussi, fortement menacée, non seulement par les rejets qui se dispersent un peu partout, mais aussi par l'utilisation intensive des technologies en agriculture.

En résumé, on peut dire qu'il y a quelques décennies encore, le sol, en raison de ses propriétés physiques, chimiques et biologiques, était pleinement en mesure de remplir la totalité de ses fonctions vitales, tant écologiques que technico-industrielles, sans être exposé à des contraintes excessives. Mais aujourd'hui, on constate — et les proportions prises par ce phénomène ont été mises à mal par des erreurs dans les orientations économiques et écologiques, tant planétaires que locales, et que c'est l'ensemble du système pédologique qui est en péril. C'est pourquoi il est capital d'adopter, sur la base des connaissances actuelles, des mesures de politique générale tendant à éliminer les orientations malencontreuses, de manière à protéger et sauvegarder le sol et ses fonctions vitales pour l'avenir de l'humanité. ■

O. Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. W. E.H. Blum
Institut für Bodenforschung und Baugeologie
Ordinariat für Bodenkunde
Gregor Mendel-Straße 33
A-1180 Vienne

Un milieu vivant, infiniment riche et complexe

T.R.E. Thompson et J.M. Hodgson

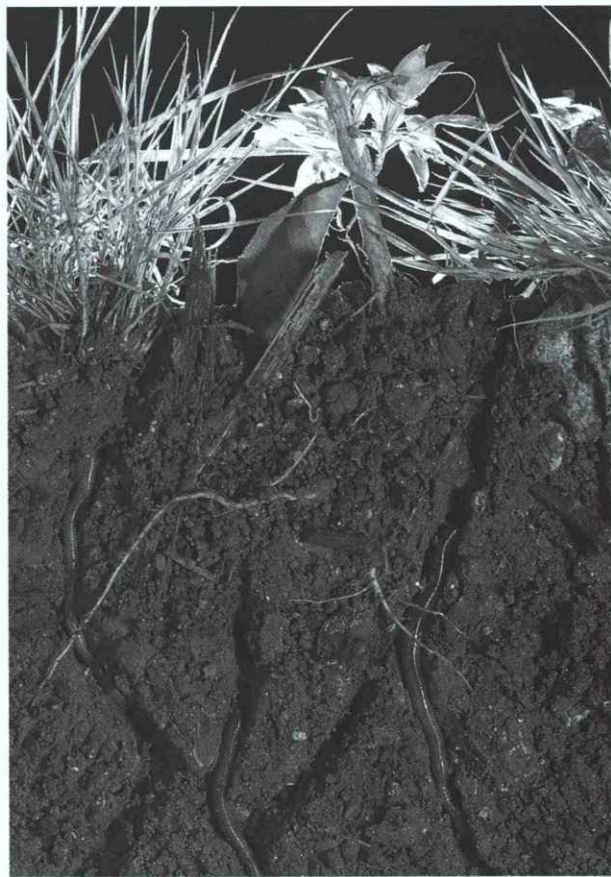


Photo LabelluACANA

Lumbricus terrestris

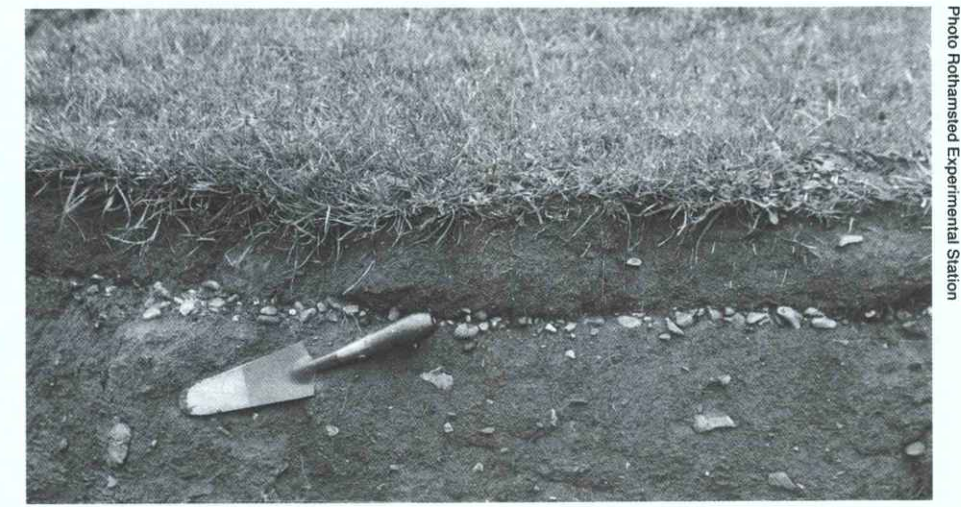
Les auteurs des articles précédents ont fait une description très détaillée de la structure du sol, de ses composants chimiques, et ils ont expliqué que ceux-ci varient d'un sol à l'autre. Les constituants organiques et minéraux d'un sol sont les plus apparents parce qu'on peut aisément les voir et les toucher. Pour de nombreux utilisateurs du sol, ils sont le sol. C'est là, toutefois, une vue un peu simpliste. Aucun sol n'est complet sans ses éléments vivants — sa faune et sa flore. Sans eux, il ne saurait remplir sa fonction. Prenons une analogie architecturale : on peut décrire un édifice comme un assemblage de briques et de mortier, parler de ses dimensions et des services qu'il sera appelé à rendre mais, tant que des gens ne l'habiteront pas ou n'y travailleront pas, il ne peut fonctionner. Il en va de même du sol car, sans la multitude d'animaux qu'il recèle — jusqu'à 20 millions par mètre cube — il perdrait de sa fertilité ; en effet, ses éléments nutritifs se trouveraient enserrés dans une masse de débris végétaux et animaux non décomposés et sa structure se dégraderait faute d'ingrédients indispensables à sa subsistance. S'il n'y a pas d'animaux dans le sol pour en assurer l'homogénéisation, une couche de tourbe se forme, s'épaissit et les horizons du sol deviennent de plus en plus nets.

Le «petit monde» du sol

Les espèces d'organismes présents dans le sol sont si nombreuses qu'elles constituent un vaste sujet d'étude. Leur taille et le rôle qu'elles y jouent sont très divers. La méthode qui consiste à les classer en fonction de leur taille est commode mais artificielle. Les micro-organismes qui mesurent moins de 2 mm comprennent des animaux, des végétaux et des bactéries. Les sols renferment aussi des virus mais, ceux-ci étant des parasites essentiels, sont incapables de survivre en dehors de leurs cellulés-hôtes. Les bactéries sont de loin les organismes les plus nombreux présents dans le

sol. Il peut y en avoir jusqu'à un milliard dans un gramme de terre, ce qui équivaut à un poids vif de 890 kg par hectare. Chaque espèce se nourrit d'un substrat particulier qui va des oxydes métalliques à la matière organique et, ce faisant, elle modifie chimiquement le sol. Les bactéries responsables de la nitrification, par exemple, opèrent une symbiose avec les plantes supérieures et transforment l'azote contenu dans le sol en des substances qui sont absorbées par les racines. Sans les bactéries du sol, le recyclage d'éléments essentiels comme le carbone, le phosphore et l'azote, ne pourrait s'effectuer. Les champignons et les actinomycètes (organismes possédant les propriétés à la fois des champignons et des bactéries) se nourrissent de végétaux et d'animaux vivants ou morts. Leur rôle dans la désagrégation de la matière organique est capital et de nombreuses racines végétales s'associent étroitement aux champignons qui participent à l'absorption des éléments nutritifs. Ces associations de mycorhizes peuvent se constituer à l'intérieur ou autour de la racine en voie de croissance et elles apparaissent sous forme d'une gaine laineuse blanche sur les racines de nombreux arbres. Les algues, parce qu'elles dépendent énormément de la lumière solaire, se développent à la surface du sol. Etant capables d'opérer la photosynthèse des composés organiques, elles sont souvent les premières à coloniser des terrains nouveaux où le sol est en voie de formation. La microfaune englobe aussi les protozoaires, êtres vivants unicellulaires dont la plupart se propulsent à l'aide de ciliés ou de flagellés. Ils s'attaquent aux bactéries et à d'autres protozoaires.

La mésofaune et la microfaune sont représentées par toute une série d'animaux comme les nématodes, les vers de terre, les acariens (mites), les araignées, les faux scorpions, les podurelles, les rotifères, les coléoptères, les mouches, les aphides (pucerons), les cloportes, les abeilles, les fourmis, les centipèdes, les limaces et les escargots. Passant leur vie entièrement ou en partie dans le sol, ces animaux influent sur la nature et la composition de celui-ci. Nous nous bornerons ici à donner un aperçu de leurs modes de vie collectifs et du rôle qu'ils jouent dans l'évolution et la bonne tenue du sol. La répartition verticale de la faune du sol varie d'un sol à un autre, mais aussi dans un même sol en fonction de son état et du temps écoulé. Les variations saisonnières du taux d'humidité du sol et de la température, par exemple, favorisent les migrations verticales des animaux, ce qui permet d'éviter que la terre ne se dessèche pas trop ou s'imbibe d'eau à l'excès. Chaque espèce a toutefois sa propre répartition verticale à l'intérieur des diverses couches du sol. Les mangeurs de débris vivent par nécessité dans les couches organiques superficielles. Les espèces qui hibernent ou se métamorphosent en chrysalides dans le sol ont une préfé-



La surface relativement dénudée de ce sol bien drainé qui recouvre une masse pierreuse est composée presque entièrement de déjections de vers. La couche ainsi formée s'est accumulée au cours des 25 années qui ont suivi la transformation de cette terre arable en pâturage.

rence pour une profondeur particulière selon la température et la teneur en humidité.

La faune du sol peut être classée en quatre groupes en fonction du mode d'alimentation. Les **microphytes** se nourrissent de bactéries et de champignons et comprennent des espèces de protozoaires, de nématodes, de mouches et de fourmis. Les **saprophytes** se nourrissent de matière organique morte ou en putréfaction : il s'agit de vers, d'acariens, de podurelles, de millipèdes, qui remplissent une fonction essentielle de retraitement des débris qu'ils incorporent au sol. Les nématodes et de nombreuses larves d'insectes sont **phytophages**, c'est-à-dire qu'elles se nourrissent du tissu vivant des plantes. Il y a enfin les **carnivores** qui englobent les coléoptères, les acariens, les centipèdes et quelques nématodes. Il se produit des interactions complexes entre les diverses espèces qui se disputent la nourriture et les chaînes alimentaires prédatrices à l'intérieur du sol. La raréfaction d'une espèce peut provoquer la croissance rapide d'autres espèces dont elle faisait sa proie ou avec laquelle elle se disputait la nourriture. Les modifications qui surviennent dans l'environnement par suite d'une évolution naturelle ou de changements dans la gestion du sol peuvent transformer profondément la flore et la faune. On ne comprend pas encore très bien ces interactions, mais le bref exposé ci-après de la dynamique des populations de vers de terre donnera une idée de la complexité du sol vivant.

Les vers de terre

La plupart des vers de terre appartiennent en Europe à la famille des *Lumbricidae* ; on en a recensé plus de deux cents espèces en Europe. Toutes ces espèces vivent enfouies dans le sol et ingèrent des matières organiques ou organo-minérales

qu'elles digèrent en partie et restituent sous forme de déjections à l'intérieur ou à la surface du sol selon les espèces.

Les agriculteurs et les naturalistes ont toujours apprécié les vers qui maintiennent la perméabilité et la fertilité du sol, mais c'est Darwin qui a le premier décrit minutieusement leurs activités en 1881 dans son ouvrage désormais classique sur le «Rôle des vers de terre dans la formation de la terre végétale». Son évaluation du volume de terre déposé annuellement sur les pâturages par les déjections en surface des vers de terre, à savoir 18 à 40 tonnes par hectare, ce qui équivaut à une couche de 5 mm de profondeur, a permis de se rendre compte de l'ampleur de leurs activités. Celles-ci sont au total beaucoup plus importantes étant donné que les déjections de surface sont imputables en grande partie à deux espèces seulement. Les déjections sont plus riches en N total immobilisé, en P, K, Ca et Mg, et moins acides que le sol environnant. Les vers de terre peuvent représenter 50 à 75% du poids total des animaux dans les terres arables et, de ce seul fait, ont une influence prépondérante sur la vie de ces terres. Leur nombre varie en fonction de la nature du sol et de sa gestion. On en a trouvé plus de sept millions dans le sol d'un seul hectare de prairies galloises. La terre arable, qui renferme environ deux millions et demi de vers par hectare, fournit depuis très longtemps à la Station expérimentale de Rothamsted de la matière organique pour la fabrication d'engrais. Une forêt en contient en moyenne deux millions et demi par hectare. De toutes les espèces européennes, le *Lumbricus terrestris* est celui qui s'enfonce le plus profondément dans la terre, parfois à plus de deux mètres. Son influence sur la perméabilité des sous-sols est considérable, et particulièrement lorsqu'il s'agit de sous-sols saisonnièrement détrempés, denses et lourds. Ses galeries verticales de pénétration sont des voies idéales pour la

Photo Rothamsted Experimental Station

circulation de l'eau et, en été, elles sont souvent enrobées de racines très fines qui vont puiser de l'humidité dans les couches profondes.

Plusieurs espèces de vers bouchent les orifices de leurs galeries avec les pétioles de feuilles dont ils ont mangé la lame. Des espèces d'*Allobophora* fouillent à la surface pour trouver de la nourriture qu'elles ramènent dans leurs galeries. Ces deux activités permettent d'incorporer au sol de la matière organique.

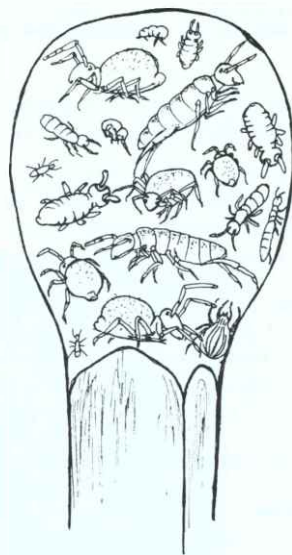
Les vers de terre prospèrent le mieux dans les sols humides et leur poids total dans les sols bien drainés est proportionnellement plus élevé au cours des années où les pluies sont abondantes. Ils aiment en général les sols bien aérés et évitent les terres qui ne sont pas drainées. Certaines espèces sont toutefois capables de tolérer des concentrations de gaz carbonique supérieures à la normale présente dans les sols peu aérés. Le nombre des vers de terre est habituellement fonction de la quantité de matière organique et il décroît lorsque cette quantité diminue; il en va de même lorsque des prairies sont remplacées par des cultures sur sol arable. De nombreuses espèces disparaissent des sols lorsque le pH des horizons de surface est inférieur à 4,5.

Les vers jouent plusieurs rôles dans le maintien et l'amélioration de l'état des sols. Ils broient et digèrent partiellement la matière organique morte et vivante et c'est alors que commence le cycle de retraitement du sol. Ils brassent continuellement la matière organique de surface et la transportent à l'intérieur du sol; ils empêchent ainsi la formation d'une couche de surface acide. Les déjections en surface des vers de terre augmentent le pH de la couche superficielle grâce à la sécrétion de carbonate de calcium; or, elles ont d'ordinaire un pH supérieur de 0,5 unité à celui du sol environnant.

Les analyses de déjections de vers et d'échantillons de sol révèlent l'existence d'un taux plus élevé des éléments nutritifs essentiels, échangeables et disponibles, du pH et de la saturation de base.

Les vers assurent l'aération du sol en élargissant le réseau de pores grossiers sur toute l'étendue des couches superficielles et, dans le cas des espèces qui pénètrent le plus profondément dans le sol, sur toute celle du sous-sol. Là où des vers déposent leurs déjections à la surface de champs non cultivés, les couches superficielles du sol sont beaucoup plus poreuses et ont une capacité de rétention d'eau beaucoup plus forte du fait de l'augmentation de l'espace poreux grossier ou fin. Les déjections des vers ont un contenu en eau plus stable que les sols ordinaires et elles favorisent la stabilité structurale. Au cours des dernières décennies, plusieurs tendances se sont dégagées en ce qui concerne l'utilisation et la gestion de la terre; certaines sont bénéfiques pour les populations de vers, d'autres ne le sont pas. Le drainage des

sols détrempés, la mise au point de techniques de labour très légères et l'amélioration de la qualité de la terre acide des coteaux par le chaulage et l'apport d'engrais favorisent le pullulement des vers. Par contre, la séparation entre la culture et l'élevage dans certaines régions a accru la proportion des terres qui ne reçoivent pas d'engrais organique. Le contenu en matière organique des sols cultivés en permanence est faible et ils contiennent peu de vers. Les forêts de conifères, du moins en Grande-Bretagne, se sont développées pour la plupart sur des sols acides ou très humides qui, de toute façon, renferment peu de vers.



Plus de cent acariens et collembolés peuvent trouver refuge sur cette tête d'alumette

Résumé

La faune et la flore du sol transforment en humus la matière organique et l'incorporent à la matière minérale. Elles creusent également dans le sol les galeries d'aération indispensables aux racines des plantes. Quelques espèces en détruisent d'autres qui sont des parasites des cultures.

On sait relativement peu de chose de la biologie des sols et les méthodes de gestion de nombre de nos terres cultivées sont entièrement inédites. Certes, nous connaissons assez bien les effets sur la faune du sol des pesticides, des métaux lourds et des nouvelles techniques agricoles, mais nous connaissons fort peu l'impact global des développements récents sur la faune et la flore de notre ressource la plus importante — le sol vivant.

L'humus est une matière complexe mais on peut la classer en trois grandes familles dont les termes d'identification sont mull, moder et mor. L'humus de type mull se trouve en général dans les sols qui recèlent une quantité de vers considérable. Les débris végétaux qui tombent sur le sol ou pourrissent à l'intérieur sont ingérés par les vers, en partie digérés et incorporés à la matière minérale. Ils subissent des transformations complexes qui aident les actinomycètes, les bactéries et les champignons à achever le processus de décomposition.

Les vers et autres espèces de la microfaune assurent l'homogénéisation de la surface du sol. En leur absence, la matière organique s'accumule à la surface et il se forme de fines pellicules de terre bien distinctes. C'est la litière qui résulte de la fermentation et de l'humification des couches mor. Le processus de décomposition est lent et dominé par l'activité des champignons. La faune du sol est constituée par une population peu nombreuse, et spécialisée. L'humus de type moder est une forme intermédiaire.

L'humus de type mull est associé aux sols fertiles sous-jacents aux anciens pâturages et aux forêts de feuillus, alors que le type mor se trouve sur des terres pauvres en éléments nutritifs, y compris les landes à bruyères et les tourbières de montagne. L'humus de type mor se forme également à partir des dépôts acides d'aiguilles de conifères.

T.R.E. Thompson et J.M. Hodgson
Soil Survey and Land Research Centre
Rothamsted Experimental Station
GB-Harpenden, Herts AL5 1JQ



Photo G. Lacourrette

Agriculture: rationalisation et mécanisation

Avec la révolution industrielle du siècle dernier, l'agriculture se rationalise et se mécanise, mais reste tributaire du sol et de ses caractéristiques. Dans le même temps son impact sur les sols augmente considérablement. En dépit des spectaculaires progrès scientifiques et techniques, l'homme reste fortement tributaire des plantes, des herbivores et du monde vivant aquatique pour son alimentation et ce encore pour longtemps quoi qu'en disent les futurologues.

Le développement des fibres synthétiques n'a provoqué qu'un déclin relatif des fibres textiles d'origine animale et végétale et après un engouement dû à la nouveauté, les fibres de synthèse tendent à reculer au profit des fibres naturelles. L'explosion de l'informatique et de l'audiovisuel n'a pas provoqué, comme certains le prédisaient, une baisse de la consommation de papier, au contraire elle continue de croître. Le bois dans la construction et l'industrie du meuble garde une place privilégiée malgré tous les produits de remplacement existants. L'énergie fournie par la combustion des plantes et les animaux a été supplantée à l'ère industrielle par les combustibles fossiles et plus récemment par la fission des atomes. Avec la crise du pétrole, l'introduction de l'éthanol comme produit de remplacement partiel de l'essence a réactualisé l'importance du règne végétal comme source d'énergie. La plante joue donc et continuera de jouer de toute évidence un rôle fondamental dans les économies quel que soit leur degré de développement.

Cultures en milieu naturel ou artificiel?

L'introduction récente et prometteuse des cultures en milieu totalement artificiel, ou hydroponiques, dans lesquelles le sol constitué de billes inertes n'est plus qu'un substrat synthétique et stérile, marque-t-elle le déclin du sol en tant que substrat actif et vivant? La production de plantes d'origine hydroponique n'est encore qu'infime par rapport à celles cultivées en sol naturel et le coût de telles productions reste élevé. Sans nier l'intérêt de cette innovation technologique pour des productions spécifiques, en quelque sorte «à la carte», on peut cependant prédire que le sol restera encore pendant quelques centaines d'années un milieu indispensable à la production agricole.

Le sol naturel ne présente que rarement les conditions optimales à l'enracinement des plantes et les pratiques culturales ont souvent pour conséquence une rétrogradation des possibilités d'enracinement. Un sol profond, de plusieurs mètres, dont la masse est entièrement prospectable par les racines, offre des conditions optimales, mais beaucoup de sols ne répondent pas à ce critère.

Un système producteur

N. Fedoroff

Les premiers indices d'une économie agricole apparaissent voilà environ 8.000 ans au Moyen-Orient où l'homme commence à récolter des graines de céréales sauvages et intervient sur les associations végétales naturelles en effectuant les premières sélections. L'agriculture n'en est alors qu'à ses balbutiements mais en quelques millénaires les activités agricoles se développent parmi lesquelles le travail du sol tient une place prépondérante. Depuis cette époque jusqu'à l'ère industrielle, pratiques et techniques agrico-

les ne semblent évoluer que lentement bien que des innovations technologiques, par exemple l'utilisation de l'irrigation maîtrisée depuis plus de 5.000 ans, permettent à l'homme des progrès rapides face aux contraintes naturelles. 6.000 ans de mise en culture quasi continue ont cependant eu un impact considérable sur les sols dans les régions les plus exploitées: érosion sous tous les climats, transformation des sols sableux en dunes dans les régions sensibles à l'action du vent, stérilisation de surfaces considérables par la salinisation.

En effet, un banc rocheux ou des blocs, un sous-sol plus compact, tassé, et impénétrable aux racines, peuvent limiter la profondeur du sol. L'exposition prolongée de la surface du sol dénudé à l'impact brutal des gouttes de pluie entraînent la formation de croûtes de battance qui dans les cas extrêmes peuvent empêcher la levée des jeunes plants. Dans la couche arable, des mottes tassées, impénétrables aux racines, se forment fréquemment à la suite d'un travail du sol en condition de saturation ou en raison d'une battance interne. Enfin la semelle de labour peut constituer un obstacle relatif, quelquefois absolu à la pénétration des racines dans le sous-sol.

Rôle de l'eau

La disponibilité et l'abondance des réserves en eau permettent également une exploitation agricole optimale à condition que le sol puisse se ressuyer en quelques jours. En effet les excès d'eau provoquent l'asphyxie des racines et la mort de la plante. Les réserves utiles en eau dépendent de la profondeur utile du sol, de sa texture et du développement de la mésoporosité construite. Ces réserves sont maximales lorsque la profondeur utile du sol est supérieure au mètre, que la texture est équilibrée et que la mésoporosité canaliculaire est aussi élevée que possible afin de permettre une distribution homogène de l'eau dans toute la masse du sol. Les pertes en eau sont plus particulièrement marquées dans les régions connaissant une longue période sèche et la présence d'une couche arable sableuse permet de limiter les pertes en eau par évaporation. Les excès d'eau ou engorgements résultent le plus souvent de phénomènes naturels, soit une nappe phréatique remonte à proximité de la surface du sol de façon généralisée ou localisée (mouillères), soit le sous-sol n'est pas assez perméable pour laisser percoler les eaux pluviales. Il se forme dans ce deuxième cas une nappe perchée temporaire. L'homme peut modifier volontairement ou non l'économie de l'eau dans le sol. Dans les régions à longue saison sèche, l'homme en apportant une couche de sable ou un autre matériau grossier (mulch) augmente la durée de vie des réserves en eau du sol. Dans le même temps le travail du sol favorise l'érosion de l'horizon sableux superficiel et diminue ainsi la durée de vie de ces réserves. Seule la maîtrise des technologies récentes (agents de stabilisation, irrigations contrôlées) permet de maintenir ces sols dans un certain état d'équilibre. Les excès d'eau peuvent être éliminés du sol par des drainages, soit par fossés, soit par des tuyaux enterrés.

Dégradation des sols

La dégradation des sols sous l'effet d'une surexploitation agricole est plus particulièrement marquée dans les sols sensibles à



Photo G. Lacomme

La plante trouve dans le sol les éléments majeurs et les microéléments qui lui sont nécessaires ; évidemment, pour les plantes cultivées à haut rendement dont nous disposons aujourd'hui, des apports d'éléments fertilisants sont indispensables. Globalement, la fertilisation minérale, ainsi que les corrections chimiques des sols, par exemple le chaulage, sont à l'heure actuelle bien maîtrisées.

Relations écosystème-sol

Les relations entre l'écosystème du sol et le sol envisagé comme système producteur ne sont pas assez connues et restent relativement controversées. Il est maintenant admis que les plantes n'ont pas besoin pour leur croissance de substances organiques mais certaines vivent en symbiose avec des micro-organismes, par exemple les bactéries fixatrices d'azote. En effet, le fonctionnement du sol apparaît comme fortement dépendant de l'écosystème du sol. Celui-ci contrôle la transformation des résidus végétaux en humus et l'incorporation de l'humus à la matière minérale, jouant ainsi un rôle primordial sur la formation du complexe argilo-humique. L'ensemble des organismes colonisateurs du sol assurent de plus un brassage du sol et de la partie supérieure du sous-sol et participent ainsi activement à la formation d'agrégats, contribuant ainsi à la stabilisation du sol. Enfin, la faune du sol, principalement les lombrics, ainsi que les racines sont à l'origine de la mésoporosité canaliculaire, indispensable à une percolation rapide de l'eau. Si les pratiques agricoles endommagent ou détruisent un maillon de l'écosystème, les conséquences sur le fonctionnement du sol peuvent être considérables. Ainsi une disparition des lombrics entraîne une incorporation locale et incomplète des résidus humifiés à la matière minérale et dans le même temps une diminution considérable de l'agrégation. Une déstabilisation des constituants du sol, une augmentation de la sensibilité au tassement, à la battance et à l'érosion ainsi qu'une disparition progressive de la mésoporosité canaliculaire entraînant un ralentissement de la percolation et à la longue un engorgement en dérivent. Ces transformations marquent l'aboutissement d'une rupture quasi irréversible de l'équilibre du sol avec son écosystème. Après être resté longtemps ignoré, le rôle primordial joué par l'écosystème du sol est constamment souligné dans les études récentes. Il semble que cela ne soit pas seulement une mode mais bien une voie de recherche prometteuse capable de redonner au sol biologique toute son importance. ■

N. Fedoroff

Institut National Agronomique Paris-Grignon
Département des sols
F-78850 Thiverval-Grignon

L'homme et le sol

W.G. Sombroek

Les peuples du monde sont passés d'une économie de chasse et de cueillette à une économie de culture ou d'élevage à des époques différentes, certains il y a 5.000 ans (Chine, Moyen-Orient), d'autres seulement de nos jours (tribus d'Amazonie). Pour bouleverser à ce point son mode de vie, il fallait savoir quelle était la parcelle de terre de la zone de peuplement la mieux adaptée à la production de cultures vivrières, fourragères ou de fibres, et connaître la meilleure manière de conserver ou d'améliorer les capacités de production. Les agriculteurs dits « primitifs » ne disposaient probablement que d'engrais, d'instruments et de moyens de transport élémentaires. Cependant, pour ne pas mourir de faim, ils ont appris très vite comment traiter et protéger les sols.

L'augmentation de la production des cultures au-delà des besoins immédiats des familles d'agriculteurs a permis l'apparition des villes. Souvent, la demande croissante des citadins est entrée en conflit avec l'utilisation équilibrée du sol par les communautés d'agriculteurs.

On a considéré que le sol était une simple ressource naturelle renouvelable, et non pas une ressource qui s'épuiserait si elle n'était pas gérée avec soin et nourrie continuellement.

Les citadins ont voulu (et veulent toujours) se nourrir et se vêtir à bon marché. Pour abaisser le prix des denrées alimentaires, les agriculteurs ont cherché à atteindre des rendements maximums à court terme, ce qui les a amenés à négliger les exigences à long terme du sol et des ressources en eau. Il en est souvent résulté un épuisement de ces ressources : diminution de la fertilité naturelle des sols et des matières organiques, salinisation ou érosion sous l'action du vent ou de l'eau.

Cette succession d'événements n'appartient pas seulement au passé. De nombreux pays tropicaux et subtropicaux la vivent tous les jours dans des proportions inquiétantes. En Europe, on ne s'est pas du tout préoccupé des terres agricoles au XIX^e siècle et ce n'est qu'au moment de la grande crise des années 20 qu'il s'est produit un mouvement de « retour à la terre », l'agriculture étant considérée comme l'épine dorsale de l'économie d'une nation. En Amérique du Nord, dans les années 20 et 30, cette négligence a entraîné la désertification.

tification de certaines terres agricoles, les *dustbowl*s, de sinistre mémoire. Ces événements ont été à l'origine de la création d'instituts nationaux de la conservation des sols et d'une première prise de conscience de la nécessité de se doter d'une sorte de politique nationale du sol.

Depuis les années 40, de nombreuses régions du monde connaissent une poussée démographique sans précédent. La population mondiale, forte de trois milliards d'hommes en 1930, a maintenant franchi le cap des cinq milliards, et l'on prévoit un record absolu de dix milliards aux environs de l'année 2050. La crainte de grandes famines a amené à chercher par tous les moyens à accroître le rendement des cultures dans le monde entier. C'est ce qui a produit la « Révolution verte » dans les pays tropicaux et les énormes surplus agricoles des pays industrialisés — Europe occidentale, Amérique du Nord et Japon. Dans ces derniers pays, on encourage les producteurs à produire encore davantage en subventionnant les prix des denrées, parce que le vote des populations rurales, bien que marginal du point de vue quantitatif, est souvent déterminant. Les surplus sont vendus à perte dans les pays en développement, ce qui oblige les petits agriculteurs de ces pays à rechercher des rendements maximums à court terme pour compenser le faible niveau des prix, au risque d'épuiser les sols.

Une forte dégradation des sols

Par suite précisément de cette course aux hauts rendements, de nombreuses régions du monde connaissent maintenant une forte dégradation des sols. Dans les régions tempérées, on n'utilise plus les engrais chimiques avec la prudence qui s'impose pour conserver les matières organiques dans le sol. La mécanisation à grande échelle entraîne un appauvrissement de la structure des sols. L'emploi de plus en plus intensif d'herbicides chimiques et de produits servant à protéger les récoltes des insectes raréfie la vie microbiologique dans le sol. Les retombées de l'industrie (« pluies acides ») et « l'élimination » locale des déchets bio-industriels ont pour effets une acidification du sol et des ressources en eau, la mort des dernières forêts et l'asphyxie des lacs d'eau douce. La pratique des sports d'hiver dans les régions de montagne détruit les écosystèmes locaux et accentue gravement les risques d'érosion, ainsi que les risques de sédimentation et d'inondation en aval.

La rentabilisation à court terme de la production de sols marginaux dans les régions tropicales a épuisé la fertilité chimique de ces sols et fortement accentué l'érosion due au vent et à l'eau.

L'action inter-gouvernementale

Cette évolution n'est évidemment pas passée inaperçue. Dès 1972, une conférence

spéciale des Nations-Unies organisée à Stockholm attirait l'attention sur les problèmes de l'environnement dans le monde. Le résultat a été la création du programme des Nations-Unies pour l'environnement (PNUE).

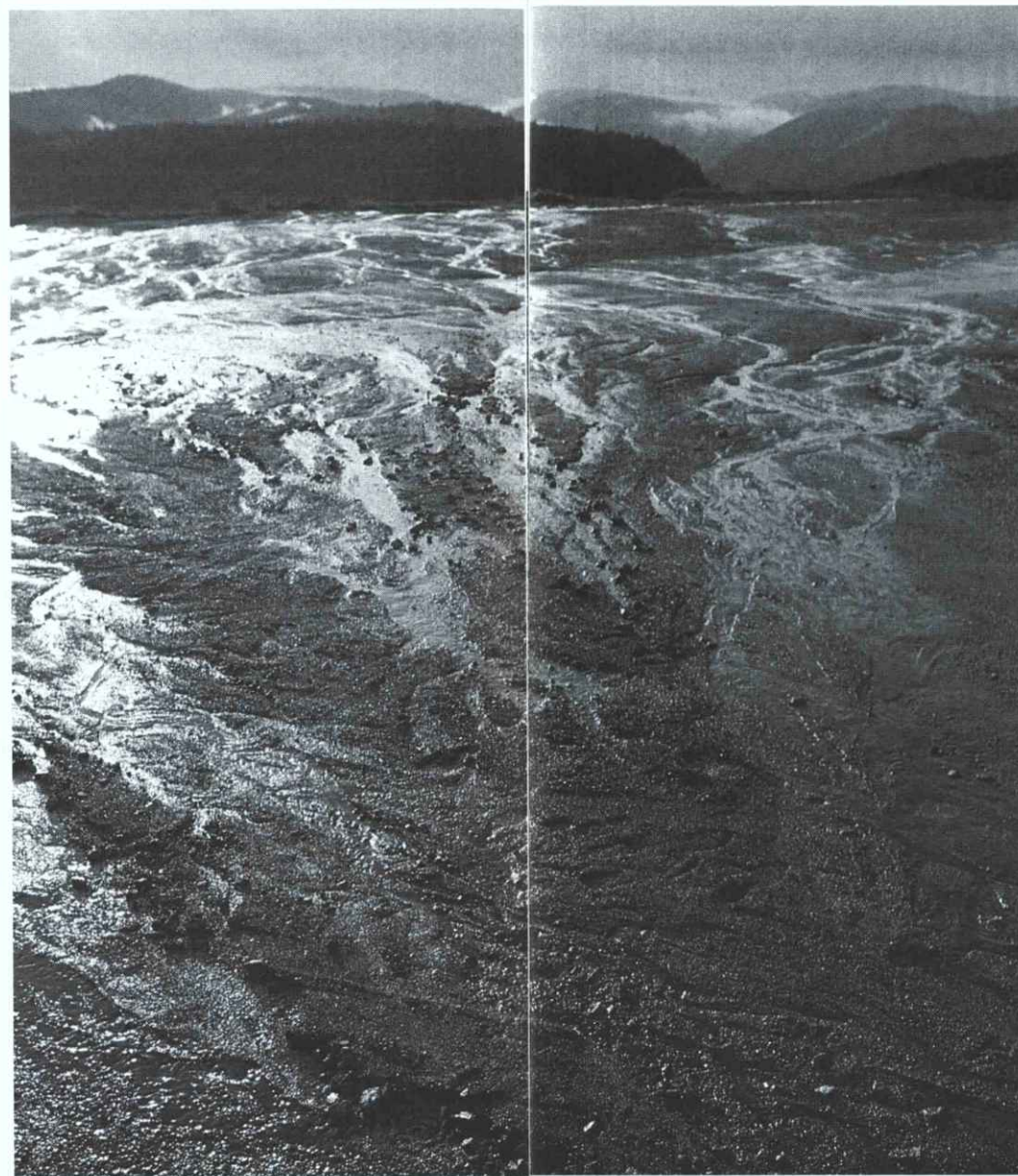
Le PNUE a participé à l'élaboration d'une stratégie mondiale de la conservation (1980) sous l'égide de l'Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources (UICN), importante organisation non-gouvernementale regroupant des défenseurs de la nature. Toutefois ce document se préoccupait davantage de la flore et de la faune que des sols. Pendant ce temps, le programme « l'homme et la biosphère » (MAB) de l'UNESCO, lancé en 1970, mettait en place un réseau de recherches dans un certain nombre de sites jugés représentatifs des principaux écosystèmes, des déserts glacés aux forêts tropicales chaudes et humides. Là encore, on s'est peu intéressé au problème des sols. Ce n'est que dans les années 80 que l'UNESCO a chargé le Centre international de référence et d'information pédologique (ISRIC, Wageningen) d'effectuer des analyses des sols dans plusieurs réserves et sites de recherche du MAB et d'élaborer des directives pour l'analyse des sols et l'évaluation des terrains en matière de recherche écologique.

Responsable de l'élaboration de Directives pour la gestion de l'environnement, le PNUE a organisé trois réunions d'experts sur les sols. Celles-ci ont abouti à l'adoption par son Conseil d'administration d'une Politique mondiale des sols (1982) visant à conserver cet élément essentiel des ressources naturelles et à l'utiliser durablement. Ce document a été transformé ensuite en Directives environnementales pour l'élaboration des politiques nationales des sols (1983).

La FAO a adopté en 1981 une Charte mondiale des sols comme point de départ d'une coopération internationale en vue de l'utilisation la plus rationnelle possible des ressources mondiales en sols.

Cette action des organisations inter-gouvernementales en faveur des sols a-t-elle amélioré la situation en quoi que ce soit ? Pratiquement pas ! Car les trois agences des Nations-Unies concernées avaient des perspectives différentes, la FAO privilégiait l'alimentation, l'UNESCO l'intérêt scientifique et le PNUE la conservation. Lorsque les moyens financiers de ces agences ont considérablement diminué, les programmes de conservation des sols ont été les premiers à en souffrir, parce qu'ils n'étaient pas très prestigieux et que les remèdes peu spectaculaires proposés visaient probablement le long terme.

En outre, on estime souvent que les bases scientifiques d'un développement axé sur la conservation des sols sont trop techniques et dépassent l'expérience des agriculteurs locaux. De nombreux programmes de



En 1972 déjà le Conseil de l'Europe lançait la Charte européenne des sols car « le sol est une ressource limitée qui se détruit facilement » et « les gouvernements et les autorités administratives doivent planifier et gérer rationnellement les ressources en sol ».

développement ambitieux ont échoué parce que l'on n'avait pas accordé une attention suffisante aux conditions des sols et aux pratiques de gestion des régions tropicales et subtropicales.

C'est précisément parce que le sol est un élément « terre à terre » et propre à chaque lieu que toutes les actions officielles des agences des Nations-Unies, d'agences gouvernementales ou de groupes scientifiques nationaux sont voués à un échec relatif. Il faut des contacts intensifs entre les techniciens et le personnel responsable d'un projet et les communautés agricoles locales, ainsi qu'une organisation non gouvernementale de base pour rallier les agriculteurs à la cause de la conservation du sol. Tous les agriculteurs aiment leurs terres et donneraient cher pour les conserver et les garder productives pour leurs enfants et leurs petits-enfants. Mais comment peuvent-ils le faire si les politiques nationales et la concurrence internationale en

matière de production alimentaire et de commerce les obligent à produire le maximum à court terme plutôt que de rechercher l'équilibre optimum entre la production et le maintien de la capacité de leurs terres ?

Cette idée qui consiste à optimiser plutôt qu'à maximiser la production, et à conserver les terres fragiles, apparaît seulement maintenant dans les cercles internationaux comme un nouvel objectif des politiques agricoles. Des institutions indépendantes, telles que le *World Resources Institute* à Washington et l'Institut international pour l'analyse des systèmes de haut niveau (IIASA) à Vienne, publient des documents importants sur la question comme l'ouvrage intitulé « World Resources 1987 ».

La Commission mondiale de l'environnement et du développement des Nations-Unies a souligné dans le Rapport Brundtland (1987) que la conservation de l'environnement et le développement ne consti-

tuent pas des objectifs incompatibles, mais sont intimement liés de manière positive. Le rapport souligne que les problèmes ne peuvent être résolus que par une action internationale et nationale concertée. L'économie ne doit pas être l'objectif premier et absolu, et tous les organismes et ministères doivent accorder une attention égale à l'environnement. Il ne faut plus que la protection de l'environnement soit le luxe peu rentable d'organismes indépendants auxquels le reste du monde n'accorde qu'un soutien symbolique.

La Banque mondiale, grand bailleur de fonds des projets de développement, a finalement jugé bon de créer une division spéciale de l'environnement et du développement et exige maintenant des études d'impact sur l'environnement préalable à la mise en œuvre de tout projet.

Le Rapport Brundtland invite également à renforcer le PNUE, et plus particulièrement le Système mondial de surveillance continue de l'environnement (GEMS), ainsi que sa Base de données sur les ressources mondiales (GRID) à Nairobi et Genève.

Le besoin de données fiables

Le besoin de bases de données quantitatives fiables sur les ressources naturelles à l'échelon mondial et national se fait en effet de plus en plus sentir, non seulement pour évaluer la situation actuelle de ces ressources dans leur contexte spatial et géographique — par exemple l'état de dégradation des sols — mais aussi pour prévoir et contrôler leur évolution future, en fonction des prévisions de croissance démographique jusqu'à l'année 2050, et en tenant compte également d'éventuelles modifications du climat par suite de l'accroissement de la demande exercée sur les sols et les autres ressources naturelles.

L'élaboration d'une base de données fiables sur les sols comme élément-clé d'un système informatique graphique interactif sur les ressources, tel que l'envisage le GRID, constitue une priorité de la communauté internationale des pédologues et notamment de l'ISRIC.

Cette base de données devrait permettre d'évaluer l'évolution possible de notre planète et de ses sols. On espère ainsi pouvoir convaincre très progressivement les hommes politiques que l'économie mondiale nécessite des adaptations et des ajustements profonds quant à la localisation des productions de denrées alimentaires, de fibres, etc. Il faut profiter de l'absence temporaire de pénurie alimentaire à l'échelle mondiale et des excédents de production de régions comme l'Europe occidentale pour passer dès maintenant d'une production maximale à une production optimale, en conservant et en améliorant le sol — réservant la production maximale pour le

moment où elle sera vraiment nécessaire, à savoir l'année 2050.

Existe-t-il vraiment une possibilité de changement, qui garantisse une utilisation raisonnable des ressources mondiales en sols et des conditions de vie décentes pour tous les hommes, y compris les communautés rurales ? Peut-être ! En effet, nous notons plusieurs signes encourageants :

— Le succès des techniques de conservation des sols et de sylviculture pratiquées dans certaines régions d'Afrique orientale, en bordure de l'Himalaya et en Chine sur le plateau de loess.

— L'augmentation spectaculaire de la productivité des sols chimiquement très pauvres du centre du Brésil, ce qui diminue les pressions sur la région amazonienne et son fragile écosystème forestier.

— Le succès des programmes de reforestation et de conservation de l'eau menés dans les villages de nombreuses régions d'Inde et l'accroissement régulier des niveaux de production des terres alluviales au nord de l'Inde, au Pakistan et au Bangladesh.

— Le développement encourageant de toutes sortes d'organisations non gouvernementales dans le tiers monde qui s'occupent de sensibiliser les populations à une bonne utilisation des terres et à ses conséquences socio-économiques.

— L'influence croissante des organisations internationales non gouvernementales qui s'efforcent de faire comprendre qu'aucun pays n'est responsable seul et totalement de son territoire et de sa population, mais que tous les pays partagent la responsabilité de l'ensemble de la planète.

— La montée des partis politiques « verts » en Europe occidentale, qui luttent contre la pollution du sol et de l'eau, critiquent les surplus de production et se disent prêts à abandonner certains luxes de la vie moderne. Ils peuvent influencer directement ou non sur les décisions des gouvernements en matière de subventions aux agriculteurs et d'aide au développement.

Si ces tendances s'accroissent, nous pourrions peut-être alors, résoudre le problème qui se pose à l'échelle mondiale. Sinon, soyons assurés que notre planète se débarrassera d'une bonne partie des humains qui mettent en danger sa vie même en pillant ses ressources naturelles.

Je citerai en conclusion le principe fondamental d'une bonne politique mondiale de conservation des sols :

Nos terres et nos sols ne nous appartiennent pas pour en user et en abuser à notre gré, nous n'en sommes que les gardiens et devons les conserver et les développer pour les générations futures, c'est-à-dire pour nos enfants et nos petits-enfants. ■

W.G. Sombroek
ISRIC
Postbus 98
NL-6700 AB Wageningen



La vie dans le sol

Phénomènes d'érosion

Carlos Roquero

Pour avoir le plus de chances possibles de prendre des décisions judicieuses en vue de remédier aux altérations inopportunes que l'homme provoque dans l'environnement, il faut connaître le mieux possible les causes et les caractéristiques de ces altérations; cela n'est pas facile en raison de la multiplicité des opérations nécessaires et du caractère essentiellement limité des moyens techniques et économiques disponibles à cette fin.

La fragilité de l'équilibre naturel, ainsi que la progressivité et l'irréversibilité de l'érosion rendent celle-ci particulièrement forte et dangereuse.

La fragilité de l'équilibre naturel

Un sol vierge est un système très complexe résultant d'un équilibre dynamique extrêmement délicat. Pour que le sol se forme, il a fallu que ses couches se différencient de la roche originelle dans leur partie inférieure, et des restes de végétation dans leur partie supérieure. Il existe à cela cinq grandes causes génériques: le climat, les êtres vivants, la roche, le relief et le passage du temps, qu'il faut évidemment décomposer en facteurs plus précis du fait de la complexité des processus qui entrent en jeu.

Un sol considéré à un moment donné est le résultat d'un équilibre fugace entre divers facteurs. Il peut être considéré comme la réaction momentanée de la lithosphère aux actions conjuguées de l'atmosphère et de la biosphère, dans un milieu façonné par la

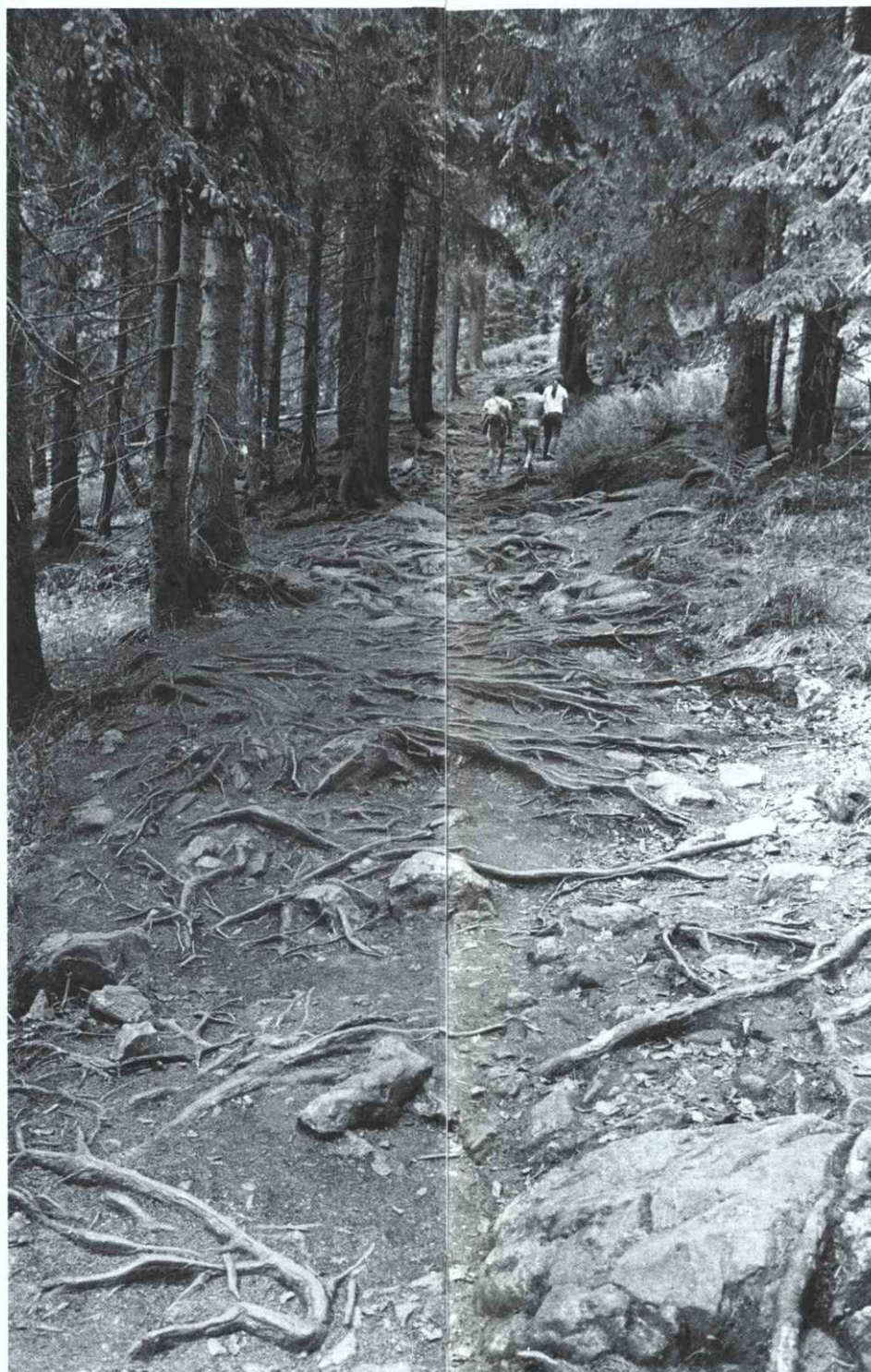


Photo G. Lacourrette

géomorphologie et à travers lequel se sont exercées pendant un certain temps les actions en question.

Or l'être humain agit forcément sur ce délicat équilibre naturel lorsqu'il cherche à exploiter le sol pour satisfaire ses besoins, lesquels sont si fondamentaux qu'il est impossible de respecter intégralement les conditions naturelles.

A quelques exceptions près, l'utilisation des sols à des fins agricoles exige l'élimination de la couverture végétale originelle, ce qui perturbe intensément l'équilibre naturel en question. La pluie peut être bénéfique à la formation du sol lorsque celui-ci porte une végétation, dans la mesure où son énergie cinétique est tempérée par les frondaisons naturelles, mais elle risque au contraire de s'avérer très nuisible si ses gouttes s'abattent de toute leur vitesse sur un sol dénudé ou protégé seulement par les plantes de culture.

L'«équation universelle» de la déperdition des sols formulée par W.H. Wischmeier et D.D. Smith permet de quantifier avec une certaine précision les altérations subies par l'équilibre de la nature lorsque les conditions originelles de celle-ci se trouvent modifiées.

Compte tenu d'une part de la petite taille des particules du sol, qui restent sans protection en superficie, d'autre part de l'énergie considérable qu'apporte une forte pluie, il est évident que le sol de la majeure partie des terres cultivées est exposé à de grands dangers.

Progressivité des processus d'érosion

Les processus d'érosion présentent une progressivité qui contribue à aggraver leurs effets nocifs sur le sol.

Lorsqu'un sol déterminé a déjà subi les effets de l'érosion, il perd une quantité variable de ses composants, à commencer par ceux de sa couche superficielle, qui est ordinairement la plus utile à la pousse des plantes. Au bout d'un nombre d'années déterminé par les conditions locales (violence des pluies, facilité d'érosion du sol, topographie du terrain, type des cultures), le sol sera dans un état moins propre à la culture, et la végétation — y compris les plantes cultivées — y atteindra un moindre développement, de sorte que la couche superficielle se trouvera encore moins protégée.

Ce processus revêt la plus grande importance, car il cause l'appauvrissement initial du sol qui s'aggrave de lui-même au fil du temps. Il y a là matière à ce que la logique appelle une «pétition de principe», car les faits s'enchaînent de telle sorte qu'on ne peut distinguer nettement la cause de l'effet, et l'on peut y voir également ce que la langue imagée appelle un «cercle vicieux», puisque dans un processus cyclique, il n'apparaît ni commencement ni fin.

Ce cycle si caractéristique des processus d'érosion, qui aggrave les conséquences finales de cette dernière, n'a d'équivalent dans aucune autre forme de dégradation du milieu naturel, comme par exemple la pollution des eaux fluviales ou des couches basses de l'atmosphère, qui, pour accentuée qu'elle soit, ne montre jamais une telle auto-aggravation.

D'autre part, cette progressivité aggrave les cas où les phénomènes d'érosion ne se traduisent que par des effets nocifs limités, mais se poursuivant pendant un certain laps de temps (un an, une décennie ou même une génération), car l'agriculteur ne dispose alors d'aucun repère pour apprécier l'importance des effets en question et pour se rendre compte que la terre qu'il transmettra un jour à ses petits-enfants sera moins productive que celle qu'il avait reçue de ses grands-parents. Ainsi, dans les régions méditerranéennes, la productivité des sols est très inférieure aujourd'hui à ce qu'elle était du temps de la colonisation romaine. Dans ces conditions, on comprend comment de grandes cités aujourd'hui réduites à l'état de ruines monumentales purent exister à l'époque sur des terres devenues improductives ou presque.

Irréversibilité des effets de l'érosion

La troisième caractéristique des processus d'érosion qu'il nous faut examiner ici est l'irréversibilité de leurs effets.

Dans d'autres cas d'altération du milieu naturel, la réversibilité des effets nocifs est évidente, et la restauration des conditions initiales est relativement facile: la pollution des couches basses de l'atmosphère dont tant de villes souffrent par vent nul, disparaît dès que se lève un vent assez fort, et l'eau d'une rivière retrouve sa pureté dès que le courant cesse de lui apporter des produits polluants.

Au contraire, la disparition d'une espèce végétale ou animale est à l'évidence un mal irréversible. Par ailleurs, les processus tels que la pollution de la haute atmosphère, ainsi que la pollution ou l'eutrophisation des eaux douces stagnantes sont très proches de cette irréversibilité absolue.

L'érosion provoquée par l'homme est un mal de type irréversible. En effet, les processus de formation de nombreux sols peuvent durer des milliers, voire des dizaines ou même des centaines de milliers d'années. Or les études du milieu montrent

que la technologie qui permettra de remédier aux effets néfastes de l'érosion ne pourra être mise au point avant que cette érosion ne soit consommée, c'est-à-dire avant qu'elle ne soit devenue irréversible.

Cette irréversibilité oblige à porter une attention particulière aux problèmes considérés, car une fois le mal accompli, on ne pourra y remédier en pratique, et la détérioration qui — on l'a vu — se trouvera accélérée par sa progressivité même, hypothéquera la capacité productive du sol.

C'est l'enchaînement de tous ces facteurs qui provoque l'érosion et la dégradation concomitante du sol, ainsi que l'appauvrissement de l'agriculture et des populations, contribuant dans les cas extrêmes à la désertification, puis à l'abandon des terres. ■

D^r Carlos Roquero

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos
Cátedra de Edafología
E-Madrid



Photo Ch. Decourp/LURIEL



Photo A. Kohli/LURIEL

Ib Johnsen



Les pollutions

Notre cadre de vie est gravement menacé par plusieurs polluants, dont certains sont produits en quantité grandissante par diverses activités humaines, entre autres la production d'énergie (centrales, etc.), la circulation, la production industrielle et l'agriculture.

Pollution venant de l'atmosphère

La production d'énergie est un élément fondamental de l'industrialisation moderne. L'énergie est produite selon de nombreuses modalités, parmi lesquelles les centrales nucléaires et à combustibles fossiles sont de loin les plus importantes. Les centrales nucléaires émettent seulement des quantités négligeables de substances nocives dans l'environnement pendant leur fonctionnement continu normal et l'inquiétude qu'elles suscitent tient principalement à la possibilité d'accidents. Le problème des déchets est un problème spécifique. Toutefois, l'enseignement de Tchernobyl nous dit qu'un seul accident peut avoir de vastes répercussions économiques et culturelles. Il peut notamment se caractériser par un doublement du niveau général de rayonnements de certains isotopes dans l'environnement. On trouve effectivement un certain nombre de radio-isotopes en quantité élevée dans le sol, du fait d'une part, d'explosions nucléaires atmosphériques (au cours des années 1950), et d'autre part, d'accidents et/ou de fuites dans les centrales nucléaires. Les principaux isotopes ainsi accumulés sont le strontium 90 et le césium 137.

La pollution occasionnée par les centrales conventionnelles provient essentiellement de l'anhydride sulfureux, des oxydes de nitrogène et des métaux lourds. L'anhydride sulfureux et les oxydes de nitrogène contribuent pour la majeure partie, avec l'ammoniaque et les composés d'ammonium, au processus d'acidification de l'environnement.

Les types de sol les plus sensibles à cette modification de l'environnement sont les sols intermédiaires entre les sols bruns (que l'on trouve normalement par exemple dans les forêts européennes riches en éléments nutritifs) et les podsols. Les effets préjudiciables sont de caractère direct et indirect. Les effets directs sont illustrés par le niveau

plus élevé de protons qui, cependant, n'ont pas de toxicité importante en eux-mêmes. Les effets indirects sont dus à la mobilité grandissante d'un certain nombre de substances toxiques dans le sol par suite de la diminution du pH (acidité accrue). Tout d'abord, cela peut entraîner la mort des systèmes de racines et la perturbation du fonctionnement du mycorhize en raison des niveaux plus élevés d'aluminium et d'un certain nombre de métaux lourds tels que le cadmium. Par ailleurs, une mobilité accrue provoque une plus grande déperdition des éléments nutritifs du système du sol, provoquant ainsi des déficiences en substances nutritives. Les changements dans la qualité des cultures et la composition de la nappe phréatique dus à l'acidification doivent encore être minutieusement analysés, mais le changement global dans l'environnement européen risque d'aboutir à une profonde altération des conditions pour la production agricole et l'alimentation en eau potable des populations européennes.

Eutrophisation

Les composés de l'azote de l'atmosphère — à l'exception de l'azote moléculaire lui-même — figurent parmi les principaux agents d'eutrophisation de l'environnement naturel. Les incidences de l'augmentation des composés d'azote dans les terres agricoles ne sont pas directement problématiques, mais contribuent à ce que le nitrate s'infilte de plus en plus jusqu'à la nappe phréatique. Cependant, plusieurs signes montrent qu'un certain nombre d'écosystèmes naturels souffrent fortement



de cette eutrophisation générale. On peut citer à titre d'exemple les forêts de conifères, les tourbières ombrotrophiques et les lacs oligotrophiques. Ces systèmes naturels peuvent servir de signal précoce d'alerte de changement économiquement très importants dans les conditions écologiques de l'environnement.

Dépôt de métaux lourds

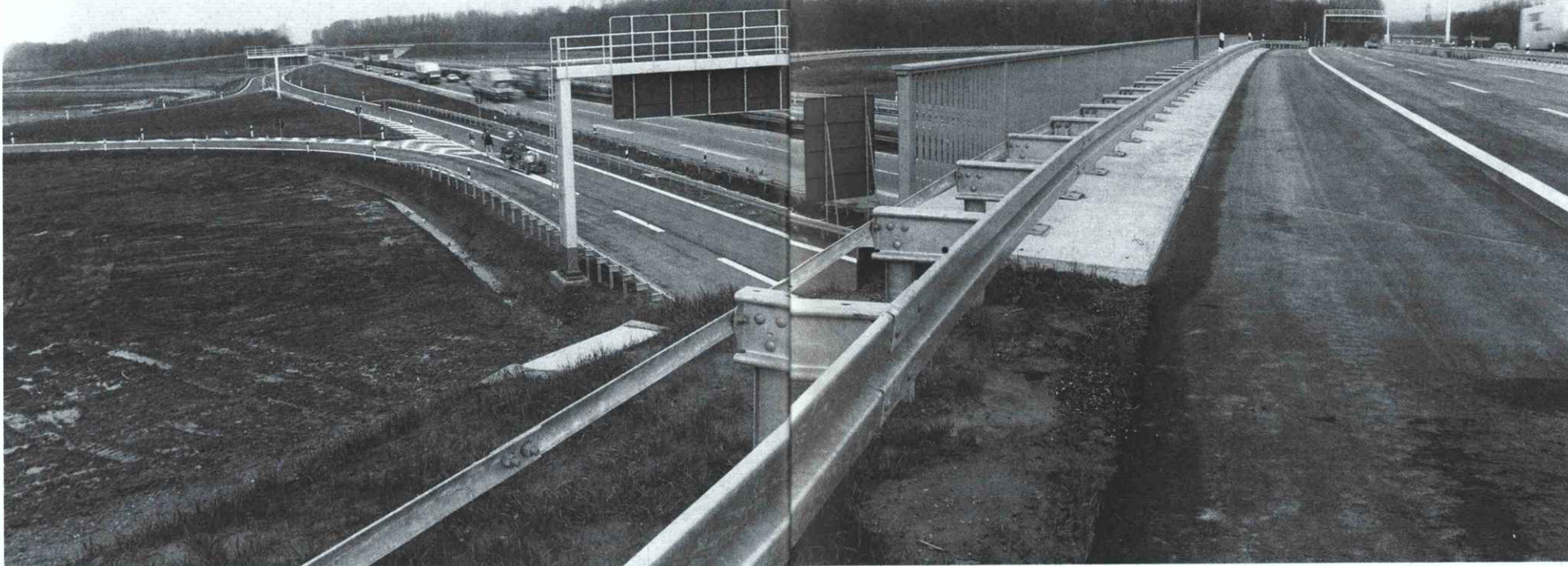
Le dépôt atmosphérique de métaux lourds est l'un des principaux défis de la société industrielle contemporaine. Des retombées grandissantes de cadmium, par exemple, peuvent entraîner des changements prohibitifs en ce qui concerne les cultures. Le remède futur possible pourrait consister à enlever une couche de terre de 20 cm de la majeure partie de l'Europe et de l'Amérique du Nord, afin d'empêcher l'absorption inacceptable de métaux lourds par la population humaine.

Pollution agricole

Les pratiques agricoles comportent l'utilisation d'engrais, de pesticides et d'autres produits phyto-sanitaires. Un emploi anarchique de ces produits risque d'entraîner une agglomération de résidus dans le sol, et, partant, d'affecter l'homme et les autres êtres vivants par les accumulations de substances organiques potentiellement toxiques.

La nécessité de fixer des lignes directrices pour la variation acceptable de la qualité du sol fondées sur la connaissance du statut de nos sols européens et une compréhension approfondie des relations de cause à effet entre les propriétés du sol et le fonctionnement de l'écosystème se fait fortement sentir et, en fait, des initiatives ont déjà été prises au sein de la CEE. Cet effort devrait de préférence être coordonné avec un effort analogue pour mettre au point des principes écologiques fixant des limites au degré de perturbation que les écosystèmes naturels sensibles peuvent supporter. ■

Ib Johnsen, Ph. D.
Ass. professor
Institute of Plant Ecology
University of Copenhagen
Ø Farimagsgade 2D
D-1353 Copenhagen K



Aménagement du territoire et occupation des sols

Siegfried Losch

L'intensité de la construction de logements et de l'activité économique fait aujourd'hui de la République fédérale d'Allemagne un des pays d'Europe qui pèse le plus sur son environnement et sur ses ressources. C'est vrai pour tout le territoire allemand qui compte 24,8 millions d'hectares pour environ 61 millions d'habitants répartis inégalement puisque 6,8 millions d'hectares, soit 27% de la superficie, sont occupés et exploités par 33,9 millions d'habitants (56% de la population) et par 12,1 millions d'actifs (59%).

Dans un pays aussi densément peuplé que la République fédérale, les terrains sont très recherchés et les pressions sur l'environnement se font durement sentir. Voici quelques-uns des dangers qui en résultent pour les sols :

- ils absorbent des substances toxiques et en particulier des acides et des formateurs d'acides, des métaux lourds et des combinaisons organiques persistantes ;
- leur contenu en substances nutritives et en eau, leur vie et les conditions de leur érosion se modifient ;
- ils sont submergés et étouffés par les constructions, découpés et isolés des paysages naturels par les empiètements dus au logement, à l'industrie, au commerce, au transport et à l'infrastructure en général.

Le présent article ne s'intéressera qu'à l'occupation des terrains destinés aux logements, qui a généralement pour effet de mettre en péril le sol et ses fonctions naturelles parce que l'augmentation des surfaces occupées consiste le plus souvent à « soustraire des terrains aux fonctions d'exutoire remplies par la nature et à instituer une situation différente et éloignée de la nature » et à endommager diversement les sols ou même à les détruire, ce qui n'empêche pas qu'à l'intérieur des zones habitées il subsiste des espaces libres

respectueux des sols. Par « surfaces occupées », nous entendons ici les modes d'exploitation essentiellement consacrés à l'économie (bâtiments, exploitations, transports et espaces libres) ou bien à une fonction indirecte de complément (zones de détente avec leurs espaces verts et leurs parcs à usage principalement communautaire).

Evolution des surfaces occupées

Il y a des années que l'occupation des sols progresse en République fédérale. Cette évolution, que la baisse de population et la diminution du nombre des actifs n'arrêtent pas, a pour effet de réduire sans cesse la superficie des paysages naturels.

Depuis 1950, la surface occupée est passée de 1,9 million d'hectares à 3,1 millions aujourd'hui. Les empiètements ont été plus élevés ces dernières années que les années précédentes. De 1950 à 1960, le taux d'augmentation a été de 66 hectares par jour, puis dans les années 1970 il s'est élevé à environ 113 hectares pour passer, au milieu des années 1980, à environ 120 hectares par jour. Ces empiètements quotidiens de 120 hectares sont principalement le fait du transport, du logement, de l'industrie et du commerce.

Emprise routière

L'emprise des routes, chemins, places, voies ferrées et aéroports sur le territoire fédéral s'est élevée à environ 1,2 million d'hectares en 1985, soit 4,9% (4,7% en 1981) de tout l'espace enregistré par le cadastre fédéral, c'est-à-dire une surface supérieure aux terrains bâtis pour le logement. Ainsi, la motorisation et les communications en accroissement ainsi que la facilité et la fluidité du transport visant à améliorer les routes ont accru l'emprise routière de 41.500 hectares entre 1981 et 1985. Les constructions de routes nouvelles y sont sans doute pour beaucoup. A lui seul, de 1981 à 1985, le réseau routier d'intérêt supra-local s'est étendu d'environ 600 km auxquels s'ajoutent 7.000 km de routes vicinales.

La tendance de ces dernières années à l'élargissement des routes a dû aussi augmenter cette emprise, ainsi que les travaux d'aménagement et d'extension destinés à éliminer les routes étroites.

Le réseau routier local et supra-local a gagné environ 23.900 km entre 1976 et 1985, années d'application de l'ancien plan de circulation fédérale. Il suffit d'examiner les investissements du nouveau plan de

circulation fédérale arrêté pour la période de 1986 à 1995 pour voir que le réseau routier va s'accroître et subir des modifications. Ce sont quelque 64 milliards de marks qui seront dépensés pour la construction de routes nationales et communales. Il convient d'augmenter fortement ce chiffre si l'on veut tenir compte des fonds qui seront consacrés à la construction de routes par les länders et par les communes.

Augmentation de la circulation et amélioration du réseau routier accroissent les charges

A l'emprise directe des routes, il faut ajouter l'emprise indirecte. C'est ainsi que la densité de circulation, la direction du vent, les plantations, le profil des routes, etc. peuvent, selon le type de route, créer une emprise indirecte dix-huit fois plus élevée que l'emprise directe.

Les nuisances importantes sont ici le gaz carbonique, les oxydes d'azote, les substances hydrocarbonées, les métaux lourds comme les résidus de pétrole, la suie, la poussière, les scories, les déchets, le sel de dégel, mais aussi les secousses, le bruit et les courants d'air. C'est ainsi que les nuisances émises par les routes peuvent se répercuter sur les environs jusqu'à une distance d'au moins 100 mètres. Malgré la diminution des gaz d'échappement des voitures particulières, l'augmentation du trafic est telle que la masse de substances toxiques ne diminuera pas sensiblement dans son ensemble.

Aux surfaces solides et par conséquent inaccessibles à la nature, s'ajoutent de larges surfaces annexes comme les talus ou les accotements qui créent un rayonnement et des différences de température qui modifient le climat local jusqu'à 40 mètres et même, quand l'exposition s'y prête, jusqu'à 100 mètres. Sur ces marges, il peut se créer des zones de dépérissement à cause d'une teneur en eau et d'une circulation d'éléments alimentaires défavorables au sol. En outre, la construction de routes risque de bouleverser la végétation naturelle jusqu'à 10 mètres et plus de la chaussée sous l'effet des déchets, des excavations et de l'apport des matériaux de construction. Par ailleurs, les remblais et les déblais exercent une influence sur le régime local des vents (écoulement de l'air froid). De plus, un réseau de mailles serrées de routes crée un effet d'isolement parce que les populations (biotopes) se trouvent fractionnées et privées de possibilités d'échange. Cet effet d'isolement qui peut aussi venir du réseau vicinal et des chemins de terre nuit à la diversité des espèces et accélère le dépérissement de certaines d'entre elles.

Surfaces occupées par le logement et le commerce

D'après les statistiques du cadastre, les terrains bâtis occupent environ 3,4% du ter-

ritoire fédéral. Ils se sont accrus d'environ 50.000 hectares entre 1981 et 1984. Cette forte augmentation est due sans doute à l'activité du bâtiment, certes en recul depuis quelques années, mais au total considérable et qui a dû recourir pour l'essentiel à de nouveaux terrains. Toutefois, on constate aujourd'hui une légère tendance à la baisse de construction et par conséquent à une moindre occupation des sols.

En République fédérale, les surfaces industrielles et commerciales ne peuvent être qu'évaluées, car dans certains länder on n'en tient compte qu'à propos des terrains bâtis. Elles représentaient environ 3,8% de la superficie du territoire en 1985. Cependant, si l'on compte des zones contiguës, elles ont connu à peu près le même taux de croissance que les terrains bâtis pendant la période considérée. Pour les bâtiments industriels, on continue à préférer les grandes surfaces planes.

Demande soutenue de terrains à bâtir

La demande croissante de surfaces habitables pour les ménages, notamment l'augmentation des petites familles qui ont besoin d'une plus grande surface habitable par individu que les grandes familles, et l'accession plus large à la propriété font prévoir une augmentation de la demande de logements du moins jusqu'en 1995. Par conséquent, jusque-là, le bâtiment aura fort à faire pour trouver des terrains à bâtir. Le

recyclage des surfaces, à cause de son coût élevé, et les terrains vagues ne couvriront qu'une petite partie de ces besoins en terrains à bâtir et il faudra donc libérer de nouvelles surfaces.

Bien que le nombre des actifs soit en recul, il faut encore trouver des surfaces industrielles et commerciales. L'adoption d'installations à un étage et les extensions continueront sans doute à absorber les terrains à bâtir. Le réemploi d'anciennes surfaces commerciales, industrielles et d'infrastructure, qui sont sans doute considérables dans les régions de la République fédérale, ne soulagera probablement qu'en partie les besoins de nouveaux espaces libres, car il est souvent indispensable de commencer par assainir les surfaces industrielles et commerciales au prix de grandes dépenses.

Étouffement des sols par les constructions

Le principal inconvénient des atteintes du bâtiment à la structure et à la teneur en eau des sols, au microclimat et à la végétation, est l'étouffement. Cet étouffement des sols s'élève environ à 20% du terrain pour les logements et un peu plus pour les bâtiments industriels et commerciaux, mais ce chiffre augmente facilement si l'on y ajoute les voies d'accès, les places de stationnement, les garages et les annexes diverses. Le véritable degré d'étouffement est alors beaucoup plus élevé.

Cet étouffement des sols, c'est-à-dire la création de superficies étanches, interromp les échanges écologiques et modifie le microclimat. Les eaux de pluie sont rapidement absorbées par les égouts au lieu de filtrer et de contribuer au renouvellement de la nappe phréatique. Les surfaces ainsi étouffées empêchent toute croissance de la végétation qui a normalement pour effet d'écartier ou de filtrer les immissions. Les fondations, les conduites, les changements apportés au sol et le terrassement bouleversent les sols et parfois même perturbent l'écoulement de la nappe phréatique.

L'occupation des sols n'a pas seulement des effets, d'ailleurs difficiles à mesurer, sur les phénomènes naturels, elle a aussi des désavantages sur le plan économique.

Protestations contre l'exploitation croissante des paysages et premières actions

Les inconvénients grandissants des surfaces occupées et aussi leur augmentation ont aggravé les critiques qu'on adresse à l'exploitation croissante de la nature. On demande la fixation de seuils orientés vers l'écologie et fixés de manière scientifique. Pour fixer des seuils, le plus difficile est d'établir des causalités claires et qualitativement mesurables entre l'utilisation des espaces libres et la charge supportée par l'environnement. Comme il n'est pas encore possible de fixer des seuils selon des normes scientifiques, ce sont les politiques et les projeteurs qui par précaution doivent fixer ces seuils et dire quelle superficie naturelle la société est prête à entretenir. La première tentative de ce genre faite en République fédérale pour établir ces seuils et les opposer à l'occupation des surfaces dans le plan de développement III de la Rhénanie-du-Nord-Westphalie a échoué pour le moment à cause des puissantes réticences politiques émanant des communes.

En 1985, le gouvernement fédéral, pour la protection des sols, a élaboré deux projets essentiels :

- diminution de l'apport de substances problématiques sur le plan qualitatif ou quantitatif ;
- changement de tendance dans l'utilisation des terres.

Le gouvernement souhaite à l'avenir fixer des priorités clairement favorables à un renforcement de la protection des sols dans les domaines qui relèvent de la politique. Cette conception de la protection des sols prévoit environ 170 mesures préventives mais, quelles que soient les bonnes volontés, cet effort ne se traduira pas toujours par une protection renforcée des sols à cause des nombreux intérêts qui s'y opposent. ■

Siegfried Losch
Bundesforschungsanstalt für Landeskunde
und Raumordnung
Bad Godesberg
Am Michaelshof 8
D-5300 Bonn 2

Quelques exemples de mesures

Aux Pays-Bas

J.E.T. Moen

Devant le grand nombre de sites contaminés — essentiellement d'anciennes décharges et des terrains industriels — les pouvoirs publics ont lancé (en s'appuyant sur la Loi (intérimaire) relative au nettoyage du sol de 1983), une vaste opération d'un budget annuel d'environ DFL 200 millions, et dont on estime à DFL 3 milliards le coût total d'ici l'an 2000. Toutefois, en matière de protection des sols, ils accordent une importance primordiale à la prévention.

Le gouvernement néerlandais a choisi deux manières de protéger le sol. Premièrement, la définition d'une politique environnementale globale (intégrant la protection du sol), qui est décrite dans le programme annuel pour l'environnement. Ensuite, la mise au point de moyens pour assurer une protection intégrale des sols. Toutes ces mesures sont prises en collaboration avec les autorités municipales et provinciales et les groupes visés par ces réglementations.

La politique néerlandaise de protection du sol

En janvier 1987 est entrée en vigueur la loi sur la protection du sol, dans le contexte de laquelle sont définies des normes de qualité du sol et réglementées les activités potentiellement nuisibles. Une des caractéristiques de la politique néerlandaise de l'environnement est le principe qui veut que tout individu soit comme un « invité dans sa propre maison » : cela signifie que chacun a le droit d'organiser son environnement à son idée et d'en profiter comme il lui convient, mais qu'il a également le devoir de le transmettre en bon état aux générations suivantes. La politique de l'environnement a deux grands axes : l'un orienté vers les effets et l'autre vers les sources. Selon le premier axe, on définit les objectifs de qualité de l'environnement. Ceux-ci constituent le cadre des opérations de dépollution et de la définition des mesures concernant les sources de pollution. Ils indiquent dans quel sens les groupes cibles (par exemple l'industrie et l'agriculture) doivent modifier leur comportement. Le but de la politique axée sur les effets est de conserver une qualité de l'environnement favorable à la bonne santé et au bien-être des gens et permettant la préservation à long terme des animaux, des plantes et des modes d'usage ; si l'on applique à la politique du sol le concept de plurifonctionnalité, il s'agit de préserver les propriétés du sol qui permettront de « garder ouvertes toutes les options » pour les générations futures.

Le plus important, dans cette optique, ce sont les activités qui causent des dommages irréversibles au sol et risquent de le rendre dangereux pour les êtres humains, les animaux et les plantes. Citons la pollution des eaux souterraines par les métaux lourds et les nitrates. Il importe de définir quantitativement un sol de bonne qualité pour donner une référence aux mesures touchant les sources de pollution et aux opérations de nettoyage. En septembre 1987 a été publiée une liste provisoire de

L'agriculture face à l'industrie

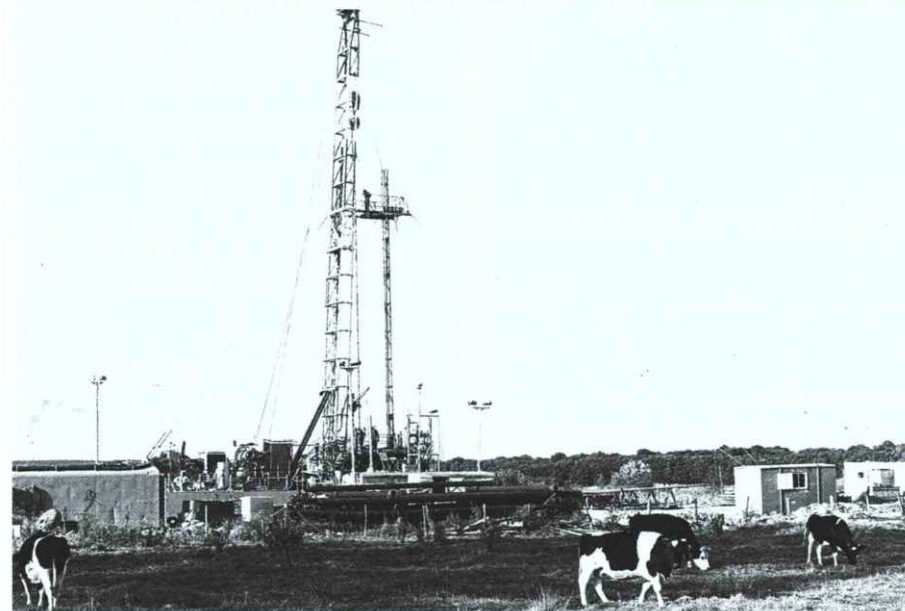


Photo R. Moen



Photo A. Bouchier/UNIEL

valeurs de référence, établie après un très large débat technique. Les mesures affectant les sources de pollution varient selon que ces sources sont ponctuelles ou locales, diffuses ou multiples. Les sources locales doivent satisfaire à un ensemble de trois critères: isolement, régulation et surveillance. Une description détaillée de ces critères est actuellement en préparation pour les sites de stockage et de décharge, l'évacuation des déchets solides et liquides, les réservoirs de stockage souterrain et l'emploi de déchets et autres matériaux pour la construction.

S'agissant de sources diffuses, et plus particulièrement de la dissémination de substances toxiques, on tente de préserver la bonne qualité du sol en recherchant l'équilibre acceptable entre l'apport de ces substances et leur dispersion dans l'environnement. Par exemple, la réglementation de l'amendement des terres agricoles vise à empêcher la lessivage des nitrates et des phosphates vers les eaux souterraines et autres réservoirs d'eau, ainsi que l'évaporation d'ammoniaque. Grâce à un programme progressif qui a débuté en mai 1987 et se poursuivra jusqu'en l'an 2000, on devrait atteindre un juste équilibre entre l'entrée et la sortie de minéraux.

La Loi sur la protection des sols distingue un niveau général et un niveau spécifique de protection, qui diffèrent principalement par l'importance du risque de pollution qui est toléré.

Le gouvernement national définit le niveau général de protection en réglementant les activités potentiellement dangereuses et en fixant des normes de qualité du sol. Les niveaux de protection spécifiques s'appliquent dans des régions particulières, définies par les provinces. Il s'agit de protéger des zones où les propriétés du sol ne sont pas, ou ne sont que faiblement, attaquées par les activités de l'homme et celles où l'on protège tout spécialement les eaux souterraines qui servent à l'approvisionnement en eau potable.

Recherche et contrôle

La recherche sur la protection des sols est devenue l'une des priorités de la politique scientifique. Aux programmes de recherche qui existaient déjà, les ministres de l'environnement, de la science, de l'agriculture et de la gestion des eaux ont ajouté, en mai 1986, un programme de recherche coordonnée sur le sol. Celui-ci a nécessité

l'ouverture d'un budget supplémentaire total de DFL 56 millions pour une période de quatre ans. Les principaux sujets en sont l'écologie, les effets des diverses substances et l'évolution de la technologie.

Pour ce qui est du contrôle, un réseau national de surveillance de la qualité des eaux a été instauré. Par ailleurs, un programme de contrôle de la qualité du sol est en préparation. ■

D' J.E.T. Moen
Ministry of Housing, Physical Planning and
Environmental Protection
Postbus 450
NL-2260 MB Leidschendam

Le programme national suisse

Rudolf Häberli

En février 1985, le Conseil Fédéral (gouvernement de la confédération) donnait le feu vert au Programme national de recherche « utilisation des sols en Suisse » (Programme BODEN, c'est-à-dire Programme SOL) et débloquent pour sa mise en œuvre un crédit de 10 millions de francs suisses. Ce programme interdisciplinaire doit déboucher sur l'élaboration de recommandations concrètes pour une utilisation économe du sol. Les travaux de recherche ont commencé il y a maintenant un an.

Dans le cadre de 45 projets axés sur les applications pratiques, une centaine de scientifiques recherchent la meilleure manière d'atteindre les trois grands objectifs ci-dessous.

Premièrement: **maintenir à long terme la fertilité du sol.** A cette fin des phénomènes tels que l'érosion et le tassement des sols, les effets des substances toxiques et l'activité des organismes vivants font l'objet d'études très poussées.

Deuxièmement: **empêcher que le « vert », entendez par là les champs, les prés et les forêts, soit de plus en plus dévoré par le « gris » des routes et des constructions.** Les études consacrées à ce sujet doivent montrer comment on pourrait « économiser » du terrain, c'est-à-dire comment utiliser au mieux les édifices et les superficies, comment répartir plus rationnellement les utilisations et comment réduire la « consommation » de terrains bâtis.

Troisièmement: **répartir le plus rationnellement possible les sols utilisables entre les utilisateurs.** Cette partie du programme doit permettre l'étude des différents aspects du marché foncier, des motivations de ceux qui agissent sur ce marché et des effets des principaux textes législatifs. Il s'agira par ailleurs de rechercher les moyens d'améliorer les rapports entre l'homme et la nature: sur quels critères éthiques fonder un comportement plus respectueux des sols? La nature ne devrait-elle pas, tout comme l'homme, avoir des

droits propres? Comment enseigner et apprendre à en user avec économie?

Les solutions et mesures proposées seront comparées au cours des phases ultérieures des travaux et les interactions et conflits d'intérêt seront étudiés. Le Programme BODEN se conclura par un catalogue de recommandations concrètes qui seront publiées entre 1988 et 1991 dans une série de brochures.

La direction du Programme fait périodiquement le point du déroulement et des résultats du Programme BODEN dans un « bulletin » en langues allemande et française (qui peut être obtenu gratuitement auprès de la Direction du Programme).

Le Programme BODEN s'efforce d'aborder la question simultanément sous trois angles. La terre est à la fois objet naturel, terrain à bâtir, espace à habiter, objet économique et objet du droit. La consigne donnée au départ est d'accorder une importance sensiblement égale à ces trois volets.

Mais il faut également étudier les interactions, le contexte général. A quoi serviraient, en effet, des propositions techniques même très élaborées qui ignoraient les réalités économiques et juridiques et ne seraient pas prises en compte par les instances ayant pouvoir de décision?

Quelle est l'utilité de s'efforcer de préserver les qualités écologiques des sols naturels pour que ceux-ci quelque temps après soient couverts de constructions, enclavés ou morcelés par des voies de communication et donc en tout état de cause, finalement détruits?

Et à quoi bon, enfin, d'ingénieuses propositions tendant à une meilleure utilisation du parc immobilier existant ou montrant comment sur une superficie moindre on pourrait créer autant ou plus d'espaces bâtis de qualité comparable, à quoi bon, si ces propositions ne sont adoptées que par une poignée d'idéalistes? Si la situation juridique rend difficile de telles révisions des utilisations ou même les interdit, si les incitations économiques poussent dans une autre direction de manière tellement irrésistible que c'est à peine si ces idées, même bonnes, sont discutées sérieusement?

Les problèmes d'environnement, qui désormais touchent également les sols, relèvent d'un autre contexte social. Ils reflètent les systèmes de valeur qui sont à la base des actions humaines. La science elle-même est soumise à ces valeurs. Mais elle n'en a pas moins, entre autres fonctions, celle d'étudier ces rapports et de se demander si dans les conditions actuelles certaines de ces valeurs ne devraient pas être modifiées.

Le Programme BODEN ne saura résoudre les multiples problèmes de l'utilisation rationnelle du sol en Suisse. Ces problèmes sont trop complexes et trop étroitement liés à d'autres intérêts et imbriqués dans un ensemble d'activités sociales, mais ce programme contribuera à mettre en lumière certaines de ces interactions, les rendant ainsi accessibles au débat public. Il s'efforce de rassembler les éléments concrets nécessaires pour ce faire. ■

Rudolf Häberli Dr. sc. techn.
Directeur du Programme national de recherche
Utilisation du sol en Suisse
Schwarzenburgstrasse 179
CH-3097 Liebfeld-Bern

En Turquie

L'Anatolie, berceau de plusieurs civilisations, est aussi depuis des temps immémoriaux l'une des plaines les plus fertiles du pays. La richesse du sol et les cours d'eau qui l'arrosent ont donné aux peuples qui s'y sont successivement établis des récoltes surabondantes.

Aujourd'hui, la Turquie demeure un pays essentiellement agricole dont la production suffit à pourvoir aux besoins de ses 50 millions d'habitants. La moitié de la population vit dans des agglomérations rurales et les produits agricoles représentent 59% des exportations annuelles.

Un problème majeur

L'érosion du sol constitue toutefois un grave problème, dont on estime qu'il concerne 59% des 77.797.127 ha de terres du pays; tous les ans 500 millions de m³ de couche arable, soit 275.000 ha de terres

agricoles sont ainsi perdus. Trois organes publics sont responsables de la lutte contre l'érosion: les régions du bassin supérieur des fleuves relèvent de la Direction des Forêts, celles du bassin inférieur de la Direction des Services ruraux et celles irriguées par des sources de la Direction des Ouvrages hydrauliques.

Les mesures prises par ces organes ont ceci en commun qu'elles visent essentiellement à informer le public et à initier les agriculteurs aux techniques de fertilisation et de culture. La Direction des Services ruraux arrête tous les ans des programmes d'investissement structurels, d'allocations de crédits d'assistance et de formation technique, conformes au Plan directeur de gestion des sols. Les services cartographiques révisent périodiquement les cartes de classification et d'érosion afin de fixer de nouveaux objectifs. Il s'agit de protéger au moins 100.000 ha par an.

Feral Eke

La Direction des Forêts se charge quant à elle de l'entretien des forêts, de l'établissement de nouvelles zones de boisement et de pâturages, l'objectif étant de planter 300.000 ha de forêts tous les ans. La Direction des Forêts réalise également des projets de développement dans les villages situés aux abords des forêts. Cela permet d'empêcher que les habitants ne détruisent les forêts pour se procurer du bois de chauffage ou ne les défrichent sur les versants, car le déboisement provoque une érosion du sol. Pour qu'ils soient moins tributaires de la forêt, les populations rurales sont incitées à diversifier leur production, en se lançant, par exemple, dans l'artisanat ou l'élevage.

La Direction des Ouvrages hydrauliques, dont la tâche consiste principalement à construire et à assurer le bon fonctionnement des barrages exécute aussi des programmes de reboisement pour freiner l'érosion du sol et le processus de sédimentation qui en découle.



Photo J. Witt/PLURIEL

Perte de terres dans les années 50

Au début des années 50, la Turquie est entrée dans une phase d'urbanisation galopante. La mécanisation de l'agriculture, l'explosion démographique due aux améliorations de l'hygiène et de la santé publique et le développement des équipements collectifs dans les villes ont considérablement accentué l'exode rural. Ces migrations ont entraîné une nouvelle extension des grandes villes et l'aggravation des problèmes inhérents au gigantisme urbain. Les terres agricoles ont été sacrifiées aux besoins de l'industrie et de l'habitat.

Une évolution similaire s'est opérée dans le secteur touristique. L'Anatolie dont l'histoire remonte au VIII^e millénaire avant notre ère dispose d'un immense patrimoine qui constitue un atout pour le tourisme. Jusque dans les années 60, les activités touristiques étaient relativement limitées mais la construction de grands axes routiers et de ports allait favoriser leur essor. Devenues plus accessibles, les zones côtières s'ouvrirent au tourisme.

L'aménagement de ces zones s'est accompagné d'un autre phénomène, à savoir, la prolifération des résidences secondaires. Dès lors, le littoral, les terres agricoles et les régions pittoresques, la faune et la flore sauvages, allaient être menacés.

Une série de mesures ont été prises

En Turquie, comme ailleurs, la Conférence sur l'environnement, qui s'est tenue à Stockholm en 1972, a produit ses effets. La nécessité de protéger le sol en particulier et l'environnement en général, a suscité plusieurs mesures; la publication d'un arrêté, en 1972, a été l'une des premières mesures importantes prises pour protéger les régions rurales situées à la périphérie

des agglomérations urbaines et dans les zones littorales. Jusque-là, ces régions étaient gérées, officieusement, par les collectivités rurales, désormais, elles relèveraient des antennes provinciales du Ministère du Rétablissement seul habilité à se prononcer sur les plans. Toute demande d'aménagement serait désormais examinée en tenant dûment compte de la qualité de l'environnement du site en question.

On a par ailleurs établi des plans d'aménagement à l'échelle du 1/25.000, de régions présentant un intérêt écologique ou touristique.

Ces plans ont pour objet d'assurer un développement harmonieux non préjudiciable à l'environnement, grâce à la délimitation de secteurs d'aménagement et de zones protégées. Ils permettent aussi de désigner tous les ans des «zones à vocation touristique» dans lesquelles les investisseurs potentiels bénéficient d'incitations particulières visant à stimuler le développement touristique tout en respectant l'environnement. La seconde mesure prise a été la création de la Direction de l'Environnement, organisme central placé sous l'autorité du Premier Ministre, et l'adoption, en 1983, d'une législation détaillée dont les idées-forces sont les suivantes:

- c'est le pollueur qui paie;
- mieux vaut prévenir que guérir;
- la protection de l'environnement sera mieux assurée par des plans d'occupation des sols que par des mesures de réduction des nuisances;
- les techniques les mieux indiquées seront choisies pour prévenir ou atténuer la pollution dans chaque secteur de l'activité économique;
- les industries polluantes doivent établir un rapport où seront analysées les conséquences de leurs activités pour l'environnement et exposées les mesures envisagées

pour atténuer les effets préjudiciables de l'évacuation des déchets;

- les autorisations de mise en service seront refusées aux entreprises non dotées de systèmes individuels ou collectifs de traitement des eaux usées.

La législation a été renforcée par la création d'un «Fonds de protection de l'environnement» chargé d'appliquer le principe du «pollueur-payeur» et par la mise au point d'une série de règlements relatifs aux normes acceptables pour la qualité de l'eau, de l'air et du sol.

L'aménagement de parcs naturels a beaucoup contribué à la protection de l'environnement en Turquie.

Il s'agit de 17 parcs nationaux couvrant 720.728 ha dont plusieurs ont obtenu le Diplôme européen du Conseil de l'Europe. Les aires protégées sont réparties de la façon suivante:

- parcs nationaux,
- parcs naturels,
- monuments naturels,
- secteurs de conservation.

Toute activité susceptible d'altérer les caractéristiques écologiques du lieu y est interdite. Le pays compte également 7 réserves biogénétiques et 2 réserves biosphériques.

La Turquie, pays en développement, s'efforce d'établir une méthode d'approche globale qui permette de concilier développement économique et protection de l'environnement. ■

D' Feral Eke

Deputy General Director
Ministry of Public Works and Settlement
Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
TAU Genel Müdürlüğü
Necatibey cad.63
TR-Ankara



Photo Nardin/JACNA



Photo R. Morin

«Les invertébrés représentent l'élément le plus important de la faune sauvage, tant comme nombre d'espèces que comme biomasse»; ils jouent un rôle fondamental dans la formation et la fertilité des sols, dans la fécondation et la production de la grande majorité des plantes cultivées»
(«Charte sur les invertébrés» du Conseil de l'Europe)

Au Conseil de l'Europe

Le feu vit la mort de l'air, l'air vit la mort du feu, l'eau vit la mort de la terre, et la terre celle de l'eau. Cette phrase du philosophe grec Heraclite, prononcée voici quelque 2.500 ans, traduit bien l'interaction et l'équilibre immuables entre les quatre éléments naturels. Un équilibre hélas chaque jour un peu plus perturbé par l'homme, lui qui pollue l'air, l'eau et la terre — le soleil résiste à ses assauts, mais pour combien de temps encore ?

Une seconde citation, plus récente celle-ci puisqu'elle est extraite de la Charte européenne des sols adoptée en 1972 par le Conseil de l'Europe, touche au cœur du problème: «Le sol est le bien le plus précieux de l'humanité car il permet la vie des végétaux, des animaux et de l'homme à la surface de la terre.» Il est aussi le dernier maillon de la chaîne où aboutissent tous les produits, toutes les substances que rejette la société moderne. Si notre génération peut encore fermer les yeux sur cette situation, c'est sur nos enfants et nos petits-enfants que retombera notre négligence actuelle, tout comme nous avons aujourd'hui à payer le prix de l'insouciance dont on a fait preuve dans les années 50 et 60 vis-à-vis de l'environnement.

L'Assemblée Parlementaire, et plus précisément sa Commission de l'agriculture que je préside, a souligné à plusieurs reprises les graves dangers que court le sol dans les Etats membres du Conseil de l'Europe: catastrophe de Tchernobyl, extension de l'habitat, du réseau routier et des sites industriels, érosion des sols, épandage de grandes quantités de boues à forte teneur en métaux lourds sur les terres agricoles, ce ne sont là que quelques-uns des problèmes auxquels nos résolutions et initiatives ont voulu s'attaquer.

Nous sommes conscients de la difficulté de notre tâche. Il s'agit en effet pour nous de changer la mentalité de l'*Homo europeicus* et de l'amener à abandonner l'anthropocentrisme — l'homme est l'unité première autour de laquelle tout gravite — au profit d'une philosophie plus humble qui nous enseigne que nous sommes de simples invités de nos hôtes éternels que sont la terre, l'air, l'eau et le feu.

Notre mission n'est guère différente de celle impartie à Galilée il y a 350 ans: Galilée avait voulu expliquer que la terre n'était pas le centre de l'univers; nous nous devons de dire que l'homme n'est pas tout sur terre. Malheureusement, nous avons moins de temps que les héliocentristes de la Renaissance, car la survie même de l'homme et d'innombrables espèces animales et végétales dépend de notre détermination.

Nous avons lancé de multiples appels dans les diverses démarches que nous avons entreprises auprès de l'Assemblée Parlementaire, au Comité des Ministres du Conseil de l'Europe, à travers la Campagne européenne pour le Monde rural, dans nos parlements nationaux et dans nos circonscriptions.

La demande la plus concrète et la plus immédiate que nous ayons formulée concerne l'adoption d'une Convention européenne pour la protection des sols dans le cadre du Conseil de l'Europe. Nous nous félicitons d'avoir réussi à mettre en route, au niveau intergouvernemental, le processus qui devrait aboutir à la création d'un tel instrument qui contribuera à cristalliser la pensée et l'action du gouvernement et des parlements de nos Etats membres.

Ces derniers ont essentiellement pour mission de prévoir les crises, de les prévenir plutôt que d'y réagir à la dernière minute, lorsqu'il est parfois trop tard. Face au problème de la protection des sols, le signal d'alarme est depuis longtemps déjà tiré; à nous tous d'en tenir compte. Agissons avant que la nature n'agisse pour nous. ■

Sixtus Lanner
Président de la Commission de l'Agriculture
Assemblée Parlementaire du Conseil de l'Europe

Agences nationales du Centre

AUTRICHE
Mr Peter SONNEWEND-WESSENBERG
Österreichische Gesellschaft
für Natur- und Umweltschutz
Holzgasse 2a
A-6020 INNSBRUCK

BELGIQUE
M. Jean RENAULT
Ministère de l'Agriculture
Administration
de la Recherche Agronomique
Manhattan Center 7^e étage
Avenue du Boulevard 21
B-1210 BRUXELLES

CHYPRE
Nature Conservation Service
Ministry of Agriculture and
Natural Resources
Forest Department
CY-NICOSIA

DANEMARK
Miss Lotte BARFOD
National Agency for the
Protection of Nature,
Monuments and Sites
Ministry of the Environment
13 Amaliegade
DK-1256 COPENHAGEN K

FRANCE
M^{lle} Isabelle RAYNAUD
Direction de la Protection
de la Nature
Ministère de l'Environnement
14, boulevard du Général-Leclerc
F-92524 NEUILLY-SUR-SEINE
CEDEX

**RÉPUBLIQUE
FÉDÉRALE D'ALLEMAGNE**
Deutscher Naturschutzring
Bundesverband für Umweltschutz
Kalkuhlstraße 24
Postfach 32 02 10
D-5300 BONN-OBERKASSEL 3

GRÈCE
M. Byron ANTIPAS
Secrétaire général
Société hellénique pour la
protection de la nature
24, rue Nikis
GR-10557 ATHENES

ISLANDE
Mr Gisli GISLASON
Director
Nature Conservation Council
Hverfisgötu 26
ISL-101 REYKJAVIK

IRLANDE
Mr Tommy O'SHAUGHNESSY
Department of Tourism, Fisheries and Forestry
Forest & Wildlife Service
Leeson Lane
IRL - DUBLIN 2

ITALIE
Dr ssa Elena MAMMONE
Ministero dell' Agricoltura
Ufficio delle Relazioni internazionali
18, via XX Settembre
I - 00187 ROMA

LIECHTENSTEIN
Ing. Mario F. BROGGI
Liecht. Gesellschaft
für Umweltschutz
Heiligkreuz 52
FL - 9490 VADUZ

LUXEMBOURG
M. Charles ZIMMER
Ingénieur principal
des Eaux et Forêts
Ministère de l'Environnement
5A rue de Prague
L-LUXEMBOURG-VILLE

MALTE
Mr Joe SULTANA
Department of Environment
Ministry of Education and Environment
M-VALLETTA



Photo S. Cordier/PLURIEL

PAYS-BAS
Ing. P.M. DETHMERS
Ministry of Agriculture and Fisheries
Department for Nature Conservation
Environmental Protection
and Wildlife Management
Postbus 20401
NL-2500 EK THE HAGUE

NORVÈGE
Mrs Irene SIGUENZA
Ministry of Environment
Myntgaten 2
P.O. Box 8013
N-0030 OSLO

PORTUGAL
Prof. Luis SALDANHA
Liga para a Protecção da Natureza
Estrada do Calhariz de Benfica, 187
P-1500 LISBOA

ESPAGNE
M.D. Antonio MAGARIÑOS COMPAIED
Dirección General de Medio Ambiente
Ministerio de Obras Públicas y
Urbanismo
Paseo de la Castellana 67
E-28071 MADRID

SUÈDE
Mr. Ingvar BINGMAN
National Swedish Environment
Protection Board
P.O. Box 1302
S-171 25 SOLNA

SUISSE
Dr Ulrich HALDER
Ligue Suisse
pour la Protection de la Nature
Wartenbergstraße 22
Postfach 73
CH-4020 BÄLE

TURQUIE
Mr Hasan ASMAZ
President of the Turkish Association
for the Conservation of Nature
and Natural Resources
Menekse sokak 29/4
Kizilay
TR-ANKARA

ROYAUME-UNI
Miss Shirley PENNY
Chief Librarian
Nature Conservancy Council
Northminster House
GB-PETERBOROUGH PE1 1UA

Hérissong

Tout renseignement concernant Naturopa, le Centre de documentation et d'information sur l'environnement et la nature ou le Conseil de l'Europe peut être fourni sur demande adressée au Centre ou aux Agences nationales respectives dont la liste figure ci-dessus.

