



Le sol

Le sol est l'un des constituants essentiels des écosystèmes terrestres. Mélange complexe d'éléments minéraux et organiques dans lequel circulent l'eau et l'air, le sol constitue un milieu de vie particulier qui se situe entre la roche, la nappe aquifère, la couverture végétale, l'atmosphère. Il tient une place non négligeable dans les chaînes alimentaires et les cycles des éléments chimiques, car c'est un milieu vivant où micro-organismes, racines, champignons, vers, insectes, petits mammifères interagissent et participent à de nombreuses chaînes métaboliques.

Le sol est donc tout à la fois un important réservoir génétique et un milieu dynamique d'équilibre entre les différents processus de développement et de dégradation. À côté de ses fonctions biologiques et d'alimentation des plantes, ses rôles de filtre et de tampon, de réservoir et de transfert, ainsi que de support mécanique et de matériau sont essentiels. C'est un milieu fragile soumis à divers types de risques et de dégradations physiques, chimiques ou biologiques plus ou moins réversibles et qui interagissent entre eux.

1 QUELQUES GRANDS TYPES DE SOLS EN FRANCE

Si la qualité d'un sol s'apprécie par rapport à un usage, elle est avant tout liée à ses caractéristiques naturelles. Plusieurs grands ensembles de sols peuvent être distingués sur le territoire français, en fonction des matériaux originels au sein desquels ils sont développés et caractérisés par une différenciation en horizons successifs issus de processus d'altération, d'appauvrissement ou d'enrichissement en certains constituants.

- **Les sols sableux** : les plus légers, ils ont une faible capacité de fixation des éléments chimiques. Ils sont adaptés à des cultures spécifiques (asperges, carottes), laissent passer les polluants et leur faible pouvoir tampon les rend sensibles à l'acidification.
- **Les sols argileux** : lourds, leurs caractéristiques physiques rendent leur utilisation par l'agriculture difficile. Ils ont une forte capacité de rétention de l'eau et des éléments chimiques et constituent donc la meilleure couverture contre la pollution des nappes sous-jacentes.
- **Les sols limoneux** : les plus recherchés par l'agriculture, ils sont typiques des cultures intensives de céréales, betteraves sucrières et prairies. Leurs caractéristiques physiques les rendent sensibles à la battance et à l'érosion. Leur capacité de fixation

chimique est intermédiaire entre les sols sableux et argileux.

- **Les sols calcaires** : saturés en calcium ils sont les moins vulnérables à l'acidification. Ils sont en revanche le plus souvent perméables, à l'exception de certaines formations marneuses, d'où risque de pollution des nappes.
- **Les sols hydromorphes** : plus rares, ils sont occupés de manière permanente ou temporaire par une nappe d'eau. Ils sont peu propices à l'exploitation agricole mécanisée, et ont des fonctionnements spécifiques.

Un autre ensemble peut également être distingué : il s'agit des sols peu différenciés du fait soit d'une mise en place récente des matériaux originels, soit de phénomènes de rajeunissement par érosion, soit encore de conditions climatiques peu favorables aux processus d'altération.

Les propriétés physico-chimiques des sols influencent le devenir des éléments toxiques contenus dans les sols. Ainsi, la mobilisation des métaux lourds pour les plantes et les animaux comme vers les nappes phréatiques croît avec l'acidité du sol. En revanche, les sols argileux et limoneux fixent mieux les métaux, notamment s'ils sont riches en matière organique.

La diversité biologique des sols

Comme d'autres composants des écosystèmes, les sols constituent une source importante de diversité génétique : source difficile à recenser, dans

la mesure où 90 % des bactéries du sol ne sont pas connues. Sur une épaisseur de 30 centimètres, un hectare de sol recèle en moyenne 25 tonnes d'organismes, dont 10 tonnes de bactéries et d'actinomycètes, 10 tonnes de champignons, 4 tonnes de vers de terre et une tonne d'organismes divers. La quantité de sol restituée en surface après ingestion par les vers varie de 18 à 40 tonnes par hectare.

2 LA DÉGRADATION DES SOLS

L'érosion est un phénomène naturel qui se traduit par l'enlèvement des couches supérieures des sols sous l'action de l'eau et des vents. Par son action l'homme peut accentuer ce phénomène ou bien le limiter.

La forme de dégradation la plus radicale, c'est-à-dire la disparition pure et simple du sol suite à l'enlèvement de la couverture végétale (comme c'est le cas dans les carrières), ainsi que l'imperméabilisation des surfaces (constructions et infrastructures) sont traitées dans les chapitres « Les mines et les carrières » et « L'aménagement du territoire ».

Une érosion préoccupante

L'érosion ne se limite pas aux sols des pays arides et sous-développés, elle affecte également les sols européens, dont

Un important déficit de connaissance

Parent pauvre des politiques de protection de l'environnement en France, le sol fait l'objet depuis quelques années d'une plus grande attention dans les autres pays d'Europe. Même s'il est désormais reconnu comme une ressource fragile, entamé par l'érosion et lentement affecté par la pollution, par les métaux lourds ou les produits organiques, paradoxalement les données sur l'état des connaissances relatives au sol sont encore trop peu importantes. Certaines carences scientifiques évidentes persistent sur le comportement des polluants dans les sols comme sur l'effet des pratiques agricoles sur la qualité des sols. Aussi est-il souhaitable qu'une politique de protection, aujourd'hui inexistante en France comme au niveau communautaire, soit mise en place et s'accompagne des mesures de surveillance et de recherche nécessaires. La production de cartes d'inventaire des sols, basée sur des échantillonnages de terrain, doit donc être poursuivie à l'échelle locale et régionale en complément des travaux menés au 1/1 000 000 au niveau national et dans le cadre des systèmes européen Corine et Mars. En outre, la surveillance des sols doit être engagée sur des sites représentatifs, avec échantillonnage à intervalle régulier, dans

le cadre d'un réseau permanent. Deux programmes de connaissance sont actuellement mis en œuvre en France.

• **L'Observatoire de la qualité des sols, un instrument de suivi de la santé des sols**

L'Observatoire de la qualité des sols a été créé par le ministère de l'Environnement en 1984 afin de mieux connaître les phénomènes de dégradation tant physique que chimique du sol, de prévoir leurs évolutions et de favoriser la recherche de solutions. Cet observatoire repose sur un réseau de sites d'observation d'environ un hectare, choisis pour leur représentativité. Les sols et la végétation y sont étudiés tous les cinq ans : propriétés physico-chimiques, métaux lourds, radio-éléments. Actuellement, onze sites existent ; afin de disposer à terme d'une image de l'essentiel des situations existant en France, l'objectif du suivi d'une centaine de sites a été envisagé. Un comité scientifique, auquel sont associés le ministère de l'Environnement, l'Inra, le CNRS, le CEA, des universités et organismes professionnels agricoles, assure le fonctionnement de cet observatoire.

• **Le programme « Inventaire, gestion et conservation des sols » (IGCS)**

Ce programme de connaissance des sols associe l'Inra et le

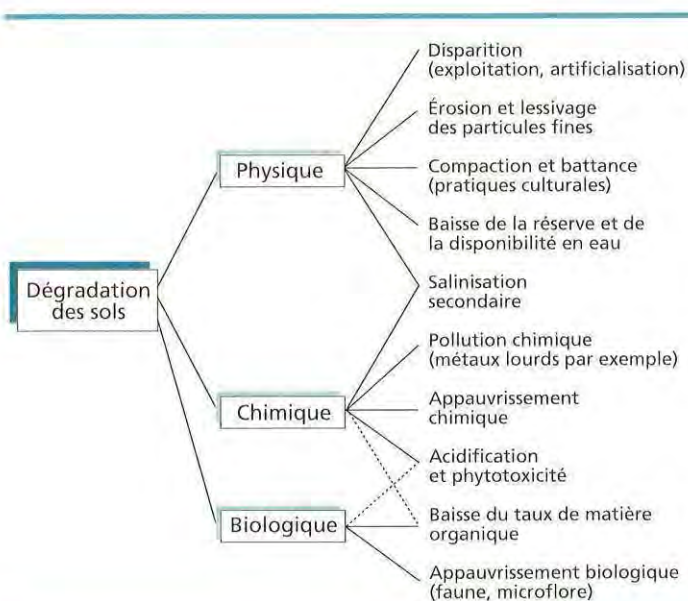
ministère de l'Agriculture et de la Forêt. Il vient compléter le travail d'inventaire pris en charge par l'Inra depuis de nombreuses années pour l'élaboration de la carte pédologique de la France qui couvre actuellement environ deux tiers de la surface agricole utile du territoire. L'inventaire est constitué de banques de données régionales comprenant une cartographie des sols au 1/250 000 et des données à des échelles beaucoup plus fines sur des secteurs de référence. Il est réalisable sur une région française en trois ou quatre ans. Il est destiné aux décideurs régionaux et départementaux, élus, administrations locales, professionnels de l'aménagement et de l'agriculture. L'IGCS vise à les aider pour la programmation régionale, la gestion parcellaire, la protection des sols et des paysages, la gestion et la protection des eaux, la gestion des effluents, l'aménagement agricole et sylvicole, ou enfin les équipements périurbains et géotechniques. Des réalisations terminées, en cours ou prévues dès aujourd'hui concernent le Languedoc-Roussillon, l'Île-de-France, la Lorraine, Rhône-Alpes, la Bourgogne, l'Aquitaine, le Nord-Pas-de-Calais, la Picardie et la Provence-Alpes-Côte-d'Azur.

ceux de la France, de manière accrue ces dernières années. Cette situation est particulièrement préoccupante dans les régions méditerranéennes, notamment dans les Cévennes. Elle devient également critique dans les terres limoneuses du

Nord de la France suite à la disparition des haies et au développement des labours profonds.

Phénomène naturel, l'érosion est considérée comme acceptable si le taux de perte est compensé par le renouvellement du sol (la pédogenèse).

À l'heure actuelle, on assiste à une recrudescence des phénomènes d'érosion sur la surface du globe : on estime que 35 % des sols arables sont affectés, la perte annuelle étant de 5 à 7 millions d'hectares par an selon la FAO.



Principaux types de dégradation des sols

L'érosion en diminuant la couche arable réduit les capacités de stockage en eau et minéraux du sol et, si elle est très intense, peut rendre un sol impropre à l'agriculture. Au départ, le phénomène est imperceptible : une perte d'une tonne par hectare n'affecte qu'un millimètre d'épaisseur de sol. Mais lorsque le phénomène devient visible et qu'apparaissent les phénomènes de ruissellement, les rigoles et les ravines, la lutte s'avère difficile et coûteuse. D'autant que les conséquences dommageables interagissent les unes avec les autres : les ruissellements d'eau contenant engrais et pesticides contribuent à l'eutrophisation et à la pollution des cours d'eau, la sédimentation puis l'engorgement des canalisations modifient le régime des eaux et favorisent les crues.

Seules la reconstitution de haies et de boisements et la

mise en œuvre de pratiques culturales différentes où la couverture hivernale des sols est assurée peuvent combattre efficacement les problèmes d'érosion.

La compaction du sol et la formation d'une croûte de battance

Tous les sols ont une porosité naturelle qui détermine la circulation de l'eau et de l'air dans le sol. Certaines pratiques culturales, comme l'utilisation d'outils agricoles trop lourds ou mal adaptés, en réduisent la porosité, en particulier quand une semelle de labour se forme sous la couche labourée. Difficile à quantifier et à cartographier, ce tassement menace tous les sols cultivés ainsi que ceux destinés au pâturage. La formation d'une croûte de battance s'observe lorsqu'il pleut sur un sol limoneux nu et finement travaillé ; les interstices

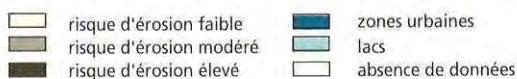
se colmatent et empêchent l'infiltration de l'eau. Dans ces deux cas, les conséquences sont les mêmes : les eaux s'infiltrent mal, circulent plus vite en surface, favorisant l'érosion. En outre, les racines pénètrent difficilement et valorisent moins bien l'eau et les nutriments.

Les réserves en eau et les effets de l'irrigation intensive

Les réserves en eau varient avec les types de sol et avec leur profondeur. Elles varient aussi selon les saisons et les pratiques agricoles ; elles atteignent leur maximum à la fin de l'hiver. Une partie de ce stock constitue un réservoir naturellement utilisable par les plantes, c'est la réserve utile (exprimée en millimètres d'eau, pour une profondeur standard de un mètre). La réserve utile en eau des sols varie de 70 millimètres à 200 millimètres et conditionne, en fonction des cultures et du climat, les besoins d'irrigation et les risques de sécheresse. On observe qu'une irrigation intensive peut avoir des effets importants sur la biologie des sols, de même, sur la mobilisation des substances minérales naturelles qu'ils contiennent et enfin sur les intrants (entraînement des nitrates, des substances minérales naturelles et des pesticides dans la nappe).

Une dégradation chimique et biologique

La croissance des plantes fait appel à plusieurs éléments que



Source : Commission européenne, système d'information Corine, avril 1990.

Risques d'érosion des sols dans le sud de la France

les sols peuvent lui apporter. Les sels minéraux majeurs sont composés d'azote, de phosphore, de potassium, de soufre, de magnésium et de calcium. Parmi les éléments mineurs figurent le fer, le manganèse, le cuivre, le zinc et le bore. Notons que certains de ces éléments, pourtant essentiels à la croissance, sont aussi toxiques à forte dose pour les végétaux et les animaux ; ils doivent alors être considérés comme des polluants.

Ces éléments se trouvent naturellement dans les sols en proportion variable selon leur origine géologique ou leur activité biologique. Leur disponibilité pour les plantes joue un

rôle déterminant dans la répartition des espèces végétales. Ainsi, certains habitats naturels remarquables trouvent leur origine dans les caractéristiques spécifiques de sols dont la pauvreté a limité la colonisation par des espèces végétales plus banales nécessitant des sols plus riches.

Dans le cas des cultures intensives, le taux de consommation des sels minéraux dépasse la capacité de fourniture du sol et nécessite l'épandage de fertilisants.

Les déséquilibres chimiques et l'acidification des sols

Selon les recommandations de la commission économique

pour l'Europe des Nations unies (1991), la « charge critique », c'est-à-dire la quantité de pollution maximale admissible avant que les dégâts n'apparaissent sur les principaux écosystèmes inventoriés, peut être déterminée et cartographiée au niveau national. J. P. Party (1993) a mené à bien une étude détaillée dans les Vosges, qui constituent une bonne région test étant donné sa pollution atmosphérique élevée, la variété de ses sols et le niveau des connaissances scientifiques la concernant. L'acidification, la modification des capacités d'échange et la variation de la teneur en minéraux des sols (comme le phos-

Sensibilité des sols à l'acidification en Europe

La pollution atmosphérique (en particulier les oxydes de soufre et d'azote) qui atteint les sols via les précipitations est l'une des causes de l'acidification des sols. La gravité du phénomène dépend du niveau de pollution, du type de sol et de son pouvoir tampon. Celui-ci est en règle générale d'autant meilleur que le sol est de type calcaire et qu'il est doté d'une

texture lourde, ou encore qu'il est profond. Suivant ces caractéristiques, les 312 unités de la carte des sols de la Communauté (1 : 1 000 000) ont été regroupées en 5 catégories.

On constate que les sols du nord de l'Europe présentent en général un pouvoir tampon relativement faible alors que ces régions sont parfois très

polluées. Les pays méditerranéens, à l'exception peut-être de la zone Ouest de la péninsule ibérique, ont en revanche une capacité de résistance à l'acidification très prononcée surtout en raison de leur richesse en calcaire.

Voir carte 6, Sensibilité des sols d'Europe à l'acidification, p. 360.

phate) sont les principaux déséquilibres chimiques identifiés.

L'**acidification** des sols est une des principales préoccupations au niveau européen. Les retombées atmosphériques enrichies en dioxydes de soufre et d'azote et en ammoniac, du fait des émissions industrielles, des transports et de l'agriculture, acidifient la pluie. L'acidification libère le calcium, le magnésium et le potassium, contribuant à leur lessivage et donc à l'appauvrissement chimique des sols et à l'affaiblissement de leur structure. D'autres éléments contenus dans les sols sont libérés : les ions aluminium, phytotoxiques, et d'autres polluants métalliques qui peuvent alors migrer et polluer les eaux. Le phénomène de phytotoxicité aluminique est cependant surtout développé en climat tropical. Les sols acides à l'état naturel sont assez fréquents en France (la surface des sols acides en France, y compris la Corse, représente 26 %). Mais l'activité humaine est susceptible d'en accélérer le développement. L'amendement cal-

caire peut être utilisé pour contrôler le pH des sols acides.

La **salinité** affecte un milliard d'hectares dans le monde, dont 5 % en Europe (Robert, 1992). Ce déséquilibre chimique des sols, exceptionnel en France, est très localisé.

La baisse des taux de matière organique

Le carbone stocké dans les sols est trois fois plus important que celui contenu dans la matière vivante, qui elle-même est dépendante du sol à 99 %. Il représente approximativement le double du carbone atmosphérique. C'est dire l'importance globale de la matière organique dans les sols. La matière organique est ainsi un élément essentiel de la qualité d'un sol. Essentielle pour les systèmes vivants, elle est aussi un facteur de rétention de l'eau des minéraux et des molécules et d'équilibre pour la structure des sols et leur pouvoir tampon.

Il convient de noter que la perte de matière organique des sols contribue à l'augmentation de l'effet de serre par déstockage du carbone solide et aug-

mentation de la teneur en CO₂ de l'atmosphère. En outre, la perte de matière organique facilite à son tour la battance, la compaction et l'érosion du sol.

Quelle est l'importance actuellement du phénomène pour les sols du territoire français ? On ne dispose pas de mesure globale fiable. Mais les études menées dans la région Nord-Pas-de-Calais n'indiquent cependant pas de tendance à la perte de matière organique sur les cinq dernières années.

Quoique cette évolution soit difficile à quantifier avec précision, on peut affirmer que le défrichement, puis le développement de labours toujours plus profonds, ont entraîné historiquement (depuis le Moyen Âge) une réduction de la teneur en matière organique des sols.

3 POLLUTION ET TOXICITÉ DES SOLS

Quatre types de polluants peuvent affecter les sols : les polluants inorganiques (mé-



Source : Ademe, décembre 1993.

Interventions de l'Ademe pour la réhabilitation de sites pollués

taux, métalloïdes, sels, acides), les polluants organiques, les organismes pathogènes et les radionucléides. La pollution des sols peut provenir des retombées atmosphériques, de l'utilisation des pesticides, de l'épandage de matières fertili-

santes ou de l'épandage de boues de curage des cours d'eau. La toxicité qui en découle modifie les fonctions de production ou de maintien des équilibres écologiques ; en contaminant les végétaux et les eaux, elle peut même porter

atteinte à la santé humaine de façon insidieuse. Les sources de pollutions peuvent être regroupées en deux catégories :
– **la pollution diffuse**, qui touche de grandes superficies, par épandage agricole (et autres émissions mobiles),

dilution dans l'eau, ou retombée atmosphérique ;

- **la pollution ponctuelle**, géographiquement très localisée et généralement plus intense que la pollution diffuse, elle est liée à des sites industriels, dépôts de déchets ou autres sites pollués de façon chronique ou accidentelle.

En France, on ne dispose ni d'inventaire exhaustif des sites pollués, ni de méthode de cartographie de la pollution diffuse des sols. Le ministère de l'Environnement a publié en 1992 une carte des sites connus et suivis par l'administration, ayant fait l'objet d'investigations ou de travaux de réhabilitation (cf. *chapitre* « L'industrie »).

Sous réserve d'accord du ministère de l'Environnement, sur crédits du ministère et de l'association « Entreprises pour l'environnement », l'Ademe peut intervenir pour réhabiliter des sites pollués dont les responsables ne sont pas identifiés ou ne sont pas solvables (circulaire du 9 janvier 1989). En cas d'urgence, l'Ademe peut aussi assumer la maîtrise d'ouvrage de travaux nécessaires à la protection de l'environnement et à la réhabilitation d'un site en cas de défaillance du responsable. Une trentaine de sites ont ainsi été pris en charge.

Les métaux lourds et les oligo-éléments

Les métaux lourds présents dans les sols (certains métaux, comme plomb, cadmium, mercure, nickel et arsenic) et les

oligo-éléments (fer, cuivre, zinc, manganèse, bore, cobalt, sélénium) peuvent trouver leur origine dans la nature géologique de la roche-mère, ou résulter de pratiques agricoles ou de dysfonctionnements de procédures industrielles : épandage d'engrais, de pesticides, de déjections animales ou de boues de stations d'épuration

Les variations naturelles des métaux lourds et les oligo-éléments dans les sols sont encore mal connues ; une exploitation de l'inventaire géochimique du BRGM et des analyses de sols détenues par l'Inra permettrait de combler cette lacune. L'Inra, qui entretient depuis 1929 à Versailles des parcelles expérimentales sur lesquelles sont menées des analyses régulières, a montré que l'enrichissement en métaux lourds est en progression lente mais constante. L'apport de cadmium, de plomb et de zinc est plus important depuis les années 1960.

Les valeurs les plus élevées en polluants métalliques s'observent au voisinage des mines et des sites industriels traitant les métaux, mais aussi dans les zones urbaines.

Dans de nombreuses villes de France, les sols des jardins sont pollués en métaux lourds, il en est de même pour les terrains situés au voisinage immédiat des axes à forte densité de circulation routière. Les retombées peuvent se produire à une distance plus ou moins grande de la source, car les métaux lourds sont susceptibles de se fixer à la surface de particules en fonction des facteurs climatiques.

De nombreuses matières fertilisantes (lisiers, fumiers, boues d'épuration, composts de déchets urbains ou agroalimentaires), de même que certains produits phytosanitaires et fongicides (à base de cuivre et de mercure en particulier) sont à l'origine d'apports d'oligo-éléments en quantités excessives et de métaux lourds. Une étude récente sur les risques de toxicité suite à l'épandage d'effluents d'élevage montre que les risques sont les plus élevés en Bretagne et sur l'ensemble de la façade atlantique pour le zinc, le manganèse et le cobalt notamment. Les épandages dépassent en moyenne régionale 2 000 kilogrammes de zinc par hectare pour la Bretagne, ce qui indique un risque de pollution irréversible à l'échelle du siècle. Localement, ce risque est bien réel à plus brève échéance, même si les mesures actuellement disponibles montrent des teneurs en cuivre et en zinc très inférieures aux seuils de phytotoxicité.

Les engrais phosphatés recèlent des teneurs en cadmium variables selon les gisements d'origine. Ils sont également susceptibles de contenir de l'arsenic, du chrome et du vanadium. L'épandage des boues d'épuration, même si cette solution est relativement moins utilisée en France que dans de nombreux pays européens, est loin d'être négligeable. À ce titre, les cultures maraîchères et celles des champignons doivent être suivies avec attention, du fait de leur capacité à concentrer les métaux lourds. Le cadmium est

le métal qui pose en France le plus de problème toxicologique à l'agriculture. La norme Afnor fixe la teneur en cadmium pour les boues (40 mg/kg), les flux (60 g/ha) et les sols (2 mg/kg).

Les pesticides

L'agriculture européenne a utilisé 700 000 tonnes de pesticides en 1991. En France, 103 000 tonnes de matière active ont été vendues en 1991 (source : UIPP). Chaque année de nouvelles substances chimiques apparaissent sur le

marché. Les procédures d'homologation se limitent aux effets sur la santé, et ne prennent pas en compte les écosystèmes.

Les pesticides utilisés dans l'agriculture (insecticides, herbicides et fongicides) peuvent se fixer dans le sol, ou sont absorbés par les racines, ou bien être dégradés par les bactéries ou fixés par les champignons, mais aussi être lessivés et gagner les nappes phréatiques. Même si la toxicité des produits doit être relativisée, il est certain que les moyens de lutte devront évoluer vers la prévention et la lutte biolo-

gique ou intégrée, voire l'utilisation de toxines spécifiques.

Le niveau de pollution peut atteindre des seuils très élevés (1 300 milligrammes par litre d'atrazine à Sanneyries en janvier 1992), et la présence de certaines molécules (atrazine, chloroluron) est persistante sur plusieurs mois, indiquant une contamination des sols et des nappes souterraines. Une observation convergente a été faite en région Centre en 1992, qui montre une contamination permanente et sensible en atrazine, simazine et alachlore. Les teneurs en atrazine atteignent 2 000 milligrammes par litre sur plusieurs sites. Outre les traitements agricoles, les sources de pollution sont à rechercher dans le désherbage des espaces urbains, des routes et des chemins de fer.

Rémanence dans les sols de quelques pesticides

	Temps nécessaire à une disparition de :	
	70 %	95 %
Insecticides		
DDT	4 ans	30 ans
Dieldrine	5 ans	25 ans
Lindane	3 ans	10 ans
Heptachlore	3 ans	5 ans
Aldrine	2 ans	3 ans
Endosulfan	2 mois	2 ans
Carbaryl	4 mois	6 mois
Carbofuran	4 mois	6 mois
Parathion	3 mois	6 mois
Azinphos	3 mois	6 mois
Toxaphène	...	2 mois
Malathion	1 mois	2 mois
Herbicides		
Picloram	1 an	2 ans
Linuron	8 mois	14 mois
Atrazine	10 mois	12 mois
Simazine	10 mois	12 mois
Fezurunon, diuron	8 mois	10 mois
Molinuron	3 mois	10 mois
Dichlobenil	6 mois	6 mois
2, 4, 5 T	3 mois	5 mois
Dicamba, MCPA	2 mois	3 mois
Dalapon, prophan, EPTC	1 mois	2 mois
2, 4 D	4 mois	6 mois
Fongicides		
Captane	3 sem.	6 sem.

Source : Aves.

Les nitrates et les phosphates d'origine agricole

L'un des principaux problèmes de pollution des eaux par l'intermédiaire des sols concerne surtout les nitrates. La mobilité des nitrates, la fertilisation trop élevée par rapport aux besoins saisonniers des cultures, le manque de couverture du sol à l'automne, entraînent les nitrates des sols vers les nappes. Si en Champagne crayeuse, le transit prend quelques années (jusqu'à 20 ans) pour atteindre la nappe de la craie, en Beauce, il peut suffire de quelques jours seulement pour que les nitrates aillent dans la nappe après en avoir traversé les limons et le

karst calcaire. Le transit est encore plus rapide dans les sols sableux des Landes sous l'effet de l'irrigation fertilisante du maïs. De même, la Bretagne est particulièrement touchée du fait de l'utilisation des lisiers et de la proximité des nappes. Seule la modification des pratiques culturales (meilleure maîtrise des apports, modulation en fonction des types de sols, utilisation de cultures dérobées...) est susceptible de remédier à cette situation.

Les phosphates d'origine agricole ne constituent pas une source de pollution sensible en comparaison des apports d'origine urbaine (notamment les lessives), à l'exception de la Bretagne, où les apports de fer-

tilisants et de lisiers sont la cause d'une certaine eutrophisation des eaux océaniques côtières. Les surplus annuels de phosphate y varient de 10 à 100 kilogrammes dans les zones d'élevage intensif, alors que la charge critique des sols est en moyenne de 20 kilogrammes par hectare et par an.

Les polluants organiques

Le sol peut assurer naturellement la biodégradation de composés organiques tels que les lisiers, les composts et les résidus des industries agroalimentaires (sucreries, brasseries, laiteries, etc.). Des rende-

ments de 500 kilogrammes par hectares et par jour peuvent être atteints en choisissant bien les types de sols, les doses et les saisons d'apports.

Le sol assure difficilement la dégradation biologique des hydrocarbures (essence, gazole, huiles) ou de produits chimiques plus complexes (benzène et autres solvants organiques d'origine industrielle). Ces éléments sont généralement issus de pollutions ponctuelles, liées à des sources fixes (raffineries, stations-service) ou des accidents (au cours des transports de produits chimiques). Des actions de décontamination – généralement fort coûteuses – sont alors nécessaires.

Pour en savoir plus

Association française pour l'avancement des sciences, *L'Homme et le sol*, Inra, 1989.

BOULAIN (J.), *L'Histoire des pédologues et de la science des sols*, Inra, 1989.

Carte géologique de la France, 1/1 000 000, BRGM.

Corine Soil Erosion Risk and Important Land Resources, Luxembourg, 1992.

Fédération française de spéléologie (FFS), « Menaces sur le milieu souterrain », *Cahier du CDS*, octobre 1993.

GIRARD (M.C.), *Présentation du programme inventaire, gestion et conservation des sols*, ministère de l'Agriculture (DERF), 1993.

Inra, Scees sous la direction de BRUN (A.), *L'Atlas de la France rural*, Éditions J.-P. de Monza, 1989.

Inra, *A geographical data base for the pedological landscapes of the european communities*, Soil database 2.0, CCE, Centre commun de recherche, février 1992.

ROBERT (M.), « Le Sol, ressource naturelle à préserver pour la production et l'environnement », *Cahiers agricoles*, 1992.

RUELLAN (A.) et TRAGULIAN (V.), « La Dégradation des sols », *Terre patrimoine commun*, La Découverte, 1992.