

## Détérioration des sols

Par ses activités, l'homme modifie l'aspect et la nature des sols. Bien sûr des phénomènes géophysiques le font aussi (déformation de la croûte terrestre par les séismes, le volcanisme et l'érosion), mais sur une échelle de temps longue. Dans le cas de phénomènes naturels, le vivant évoluera vers un nouvel équilibre. Localement, l'homme modifie les paysages et la nature des sols sur des périodes courtes, de quelques jours à quelques années. Le risque sur certains changements brutaux est de voir des pans du vivant disparaître. Dans cette tribune j'analyse le processus de changement et ses conséquences sur la vie locale.

### La nature des sols :

Le sol est la partie supérieure de l'écorce terrestre, sur une profondeur de quelques dizaines de centimètres à quelques dizaines de mètres. Il y a trois milieux de développement de la vie : l'atmosphère, l'eau et le sol. Cependant, sous le sol, il peut y avoir quelques vies dans des cavités contenant de l'air et de l'eau.

Le sol est constitué de quatre éléments principaux : des composés minéraux, de l'air, de l'eau et des composés organiques (le vivant). Les proportions sont très variables en fonction de la situation géographique du territoire considéré. L'eau est en faible quantité dans les déserts où le minéral est prépondérant. A contrario, dans les milieux humides, l'eau et le vivant composent plus de 40% du sol, le minéral et l'air occupant moins de 60%. Un sol typique cultivable contient environ 45% de minéral, 20 à 30% d'air, 20 à 30% d'eau et une proportion de l'ordre de 5% de composés organiques (vivant ou morts). Bien entendu, pour une même localisation, à un instant donné, ces proportions varient en fonction de la pluviosité et de la saison (principalement pour les sols cultivés).

La composition de l'air et de l'eau est relativement stable et identifiable. Ce n'est pas le cas du minéral du sol qui varie en fonction de la situation géographique. A quelques kilomètres de distance la composition de la partie minérale du sol varie du tout au tout. Le sol peut être meuble, compact, dur ou friable. De plus, pour un site donné, le minéral modifie sa structure en fonction du climat, de la présence d'eau et d'organismes vivants (transformation sa matière). D'autres substances (amendement, apport de matières diverses) changent sa structure de façon souvent irréversible. Les sols sont chimiquement et physiquement hétérogènes. Des substances organiques sous certaines conditions deviendront des organismes minéraux, voir fossile. Sans ces organismes vivants les sols deviennent inertes. C'est le cas de déserts, de sols gelés ou de zone de haute montagne. Ces zones deviennent essentiellement minérales et la notion de sol y est très simpliste.

Dans les zones humides, sans gel permanent, des réactions chimiques, liée à la dégradation de substances organiques sont à la base de la création du sol. C'est l'humification qui va favoriser la croissance des plantes, celles-ci, à leur mort, se décomposent et bouclent ce cycle d'humification.

### Le cycle de vie des sols :

Pour les sols essentiellement minéraux il n'y a pas de cycle de vie. Il y a dégradation par l'érosion mais pas de régénération chimique ou physique. On parle de cycle de vie pour des sols où sont présents des organismes vivants. Ces organismes sont absorbés par les racines des plantes et migrent jusqu'aux petits animaux, en passant par les champignons, les algues, les vers, sans oublier les bactéries ( dans 1 décimètre cube de terre on aura plus de 20 milliards de bactéries). Ces organismes participent à la chaîne alimentaire du vivant. Dans le sol c'est la base nutritive des végétaux. Les micro-organismes se nourrissent des substances organiques et inorganiques stockée

dans le sol tels les cations  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , et  $\text{K}^{+}$ , des nitrates et phosphates. Ces micro-organismes alimentent alors les plantes et les animaux du sol et de surface. C'est le point de départ de la chaîne alimentaire terrestre. Ces nouvelles substances nutritives disparaissent progressivement par les plantes en émettant des gaz et par l'érosion. La décomposition des plantes et animaux reconstituent des nutriments, aidée par l'absorption des apports de l'atmosphère (azote et carbone) ... le cycle est alors bouclé. Le sol est donc un énorme réservoir de nutriments.

Le sol joue aussi un rôle filtrant pour les eaux des précipitations. Il sépare, de l'eau, des composés dissous et les minéralise. L'eau parvenant dans les nappes phréatiques est partiellement épurée de polluants et est minéralisée (la nature du sol joue un rôle essentiel sur la qualité de l'eau des nappes souterraines). Naturellement on peut parler de cycle de stockage temporaire des sols. Néanmoins de nombreux polluants ne sont ni absorbés par les plantes, ni entraînés par les eaux de ruissellement. Ils s'accumulent dans le sol, mais contrairement aux mêmes éléments emprisonnés dans le sous-sol, ils sont néfastes au développement du vivant des sols, bloquant le chaîne alimentaire. Ce sont ces éléments qui ne circulent pas dans le cycle naturel de migration air, eau et sol qui perturbent, voire détruisent l'aspect renouvelable et durable du vivant des sols.

## **Les polluants des sols :**

Ce sont tous les éléments émis par des sources non naturelles qui se répandent sur le sol, par gravitation depuis l'atmosphère ou entraînés par les précipitations. Ces éléments proviennent essentiellement de l'extraction et transformation de matériaux du sous sol : métaux, hydrocarbure, gaz et charbon. Quelques minéraux excavés en surface s'ajoutent à ces prélèvements mais ne sont nocifs que par leur transformation.

Donc au cycle naturel des sols, les activités humaines ajoutent des éléments supplémentaires dont une forte proportion ne suit pas le cycle, s'accumulant dans le sol. Ces éléments, à des taux trop élevés pour le vivant, rendent les sols stériles et nocifs.

Les principaux polluants sont :

- des composés inorganiques (minéraux des matériaux de construction transformés)
- des métaux lourds (arsenic, aluminium, mercure, plomb, zinc, nickel, cuivre, chrome, thalium, cobalt, uranium )
- des composés issus de la transformation des hydrocarbures : dérivés chlorés, hydrocarbures aromatiques (HAP).
- Les nitrates, phosphates et sulfates

La nuisance de ces éléments peut se faire, soit de façon directe par absorption par les plantes, animaux et humains, soit indirectement lorsqu'ils sont entraînés par les eaux dans la nappe phréatique ou par les eaux de surface, présentant un nouveau risque pour le vivant. Très vite ils rejoignent l'atmosphère par l'évaporation sous forme gazeuse et là encore, ils s'additionneront aux éléments naturels du cycle migratoire air-eau-sol. Ils seront néanmoins des polluants de la biosphère par des taux non supportables par le vivant.

La dégradation des composés organiques dans le sol a lieu par des procédés microbiologiques, chimiques et photochimiques. Cette capacité de dégradation est limitée et le « non-traité » s'accumule dans le sol. Une forte accumulation limite les capacités de traitement. Ceci finit par bloquer les transformations, entraînant l'extinction du vivant. Seul un nouvel apport (non naturel) d'intrants organiques pourra redonner vie au sol... très temporaire, il faudra le renouveler régulièrement (engrais), conduisant à d'autres phénomènes nocifs tels que la nitrification, acidification des sols et par ruissellement à un développement de plantes (algues) invasives sur le littoral.

## **Que peut-on faire pour stopper la dégradation (et restaurer les sols) ?**

Pour mesurer l'importance de ce phénomène, il faut identifier l'origine des éléments perturbateurs. Tant que les éléments circulant dans le cycle air-eau-sol sont en quantité compatible avec la capacité naturelle à les dégrader, la qualité des sols s'équilibre permettant le développement du vivant terrestre.

Un apport supplémentaire d'éléments difficilement biodégradables va bouleverser cet équilibre. Si le changement est lent, le milieu naturel pourra s'adapter et retrouvera un nouvel équilibre. Toute mutation chez le vivant prend plusieurs générations pour tolérer une nouvelle composition des sols. Localement de nombreux sols sont modifiés par des activités humaines de façon rapide, empêchant le vivant de s'adapter à un nouvel équilibre de leur composition. Le nouvel équilibre sera un sol inerte à toute forme de vie (retour à du minéral). Ainsi des sols, sur des surfaces plus ou moins importantes, sont pollués par des activités industrielles, agricoles et l'urbanisation, nécessitent un traitement de tout le volume pollué, pour les rendre à nouveau « vivants ».

Le fait d'extraire des matériaux emprisonnés dans le sous-sol et de les transformer va ramener en surface de nombreux composés organiques ou non qui entreront dans le cycle air-eau-sol. Si ce sont des éléments nocifs à la vie, il faudrait les séquestrer à nouveau dans le sous-sol pour qu'ils n'affectent pas le vivant du sol (et de l'air et de l'eau). Ceci représentant un coût exorbitant, peu de technologies sont développées pour recycler les « déchets » de l'exploitation/transformation des matériaux et la fin de vie des produits finis.

Pour l'agriculture, le contrôle d'apport d'intrants (pesticides, insecticides, désherbants et engrais agrochimiques) peut ralentir la dégradation. Un changement de mode d'agriculture sans intrants chimiques, peut diminuer la teneur en éléments nocifs des sols cultivés, des nappes phréatiques, des cours d'eau et du littoral.

Des zones ont été fortement contaminées par des activités industrielles, laissant des sols pollués et présentant un danger sanitaire pour toute nouvelle activité. Le traitement va demander de gros moyens pour faire l'excavation de la terre et le traitement en local où sur un site dédié. Bien souvent le traitement se limite à la couche supérieure du sol. Des spécialistes estiment que vers l'atmosphère, la pollution résiduelle ne pourra se propager si la surface est recouverte par une couche de terrain propre. Par contre, l'infiltration en profondeur dans le sol se fera lentement et polluera les nappes souterraines. De plus, si la surface est végétalisée, les racines profondes des plantes capteront ces produits polluants, entraînant la mort des plantes de surface.

Des moyens chimiques, thermiques ou physiques de traitement réduisent la toxicité des polluants sans les éliminer complètement. Si l'usage futur du sol est un bétonnage, cette solution reste acceptable car moins coûteuse. En général le mode de traitement des sites pollués se décide lors de la réaffectation de la surface à un nouvel usage. Les critères de coût sont prépondérants par rapport aux aspects qualitatifs. Les procédés microbiologiques ne s'emploie que si le polluant est biodégradable.

## **Conclusion :**

Les cycles naturels de vie génèrent des polluants (lors d'incendies, à la décomposition d'organismes vivants...) qui sont recyclés comme nutriments ou transportés dans le cycle air-eau-sol pour y être séquestrés. De manière générale ils ne sont pas toxiques en dessous d'un seuil qui correspond à un équilibre de régénération du vivant. Ce seuil dérive lentement, entraînant l'évolution des espèces ; ceci sur une échelle de temps très long.

Les activités industrielles extraient du sous-sol des composés séquestrés qui après transformation

génèrent des polluants. Ceux-ci entre dans le même cycle que ceux naturels et accroissent rapidement et localement la teneur dans les trois éléments de vie : l'air, l'eau et le sol.

Des dommages sont inéluctables si ces taux s'accroissent trop rapidement. Dans tous les cas, il y aura accumulation si ces polluants ne retournent pas en sous-sol pour y être séquestrés sans contact avec le vivant.

Les fonctions vitales du vivant sauront-elles s'adapter assez rapidement à un nouvel équilibre de la composition de la lithosphère ? Pourraient elles être la cause d'extinction de certaines espèces ? Ce sont des questions auxquelles nous ne pouvons répondre à-priori. Des mesures et études locales servent à des modélisations à plus grande échelle... sont-elles portées à la connaissance de tous ? Nous ralentirons l'évolution en réduisant les nouvelles extractions et en recyclant les éléments polluants toxiques (en les sortant du cycle de migration air-eau-sol où ils s'accumulent). Ce ralentissement pourrait permettre une évolution lente de l'équilibre, sur plusieurs générations et pourrait rendre tolérables certains polluants à bon nombre d'organismes.

Rédacteur : Francis MISSE

Note : tous vos commentaires sont les bien-venus en envoyant un message à :  
[francis.misse@cegetel.net](mailto:francis.misse@cegetel.net)