

La phytoremédiation

PRINCIPE

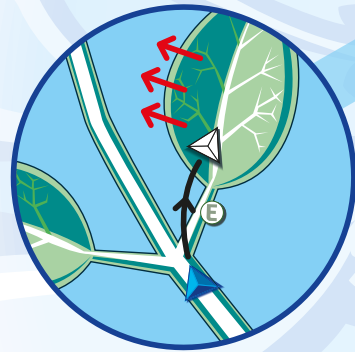


Technologie utilisant le métabolisme des plantes pour accumuler, transformer, dégrader, concentrer, stabiliser ou volatiliser des polluants (molécules organiques et inorganiques, métaux et radioéléments) contenus dans des sols ou des eaux contaminés. Présentation des différentes stratégies de phytoremédiation.

Phytovolatilisation

Transformation et dégradation de certains types de polluants en éléments volatils moins toxiques, qui sont ensuite libérés dans l'atmosphère par transpiration de la plante.

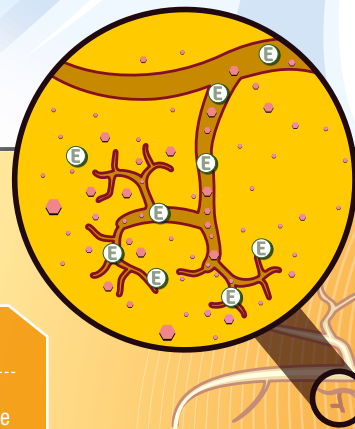
Polluants concernés : quelques composés organiques et métaux (sélénium, mercure).



Phytostabilisation

Absorption et séquestration (ou immobilisation dans le cas de la rhizofiltration) des polluants au niveau des racines (rhizosphère). Objectif : réduire leur dispersion par le vent ou leur lessivage par les eaux de pluies, et limiter, par conséquent, leur migration et leur entrée dans la chaîne alimentaire ou les nappes phréatiques.

Polluants concernés : radioéléments comme l'uranium.



À SAVOIR



Pour optimiser les différentes stratégies de phytoremédiation, il est possible d'avoir recours à la biostimulation. Celle-ci permet de stimuler et accélérer, au moyen d'adjuvants chimiques ou biochimiques, l'activité des micro-organismes présents dans le sol qui dégradent et transforment les propriétés physico-chimiques des polluants. Les polluants sont alors mieux tolérés et plus facilement absorbés par les plantes.

Polluants concernés : tous les produits biodégradables.

Phytodégradation

Absorption et décomposition des contaminants par la libération d'enzymes et par des processus d'oxydation et de réduction. Les polluants dégradés, donc moins toxiques, sont ensuite incorporés dans la plante ou libérés de nouveau dans le sol.

Polluants concernés : composés organiques (hydrocarbures, pesticides, explosifs...)



Phytoextraction

Extraction, transport, accumulation des polluants dans les tiges et les feuilles. Les plantes sont dites accumulatrices. Les feuilles, ou la plante entière, sont alors récoltées par des techniques agricoles, puis brûlées dans des usines. Les polluants sont concentrés dans les cendres et les filtres qui sont ensuite traités, comme des déchets de haute activité dans le cas d'une pollution nucléaire.

Polluants concernés : métaux (cuivre, or...) et radioéléments (césium, strontium...)



Avantages

- Faibles coûts de traitement (10 à 100 fois inférieurs aux technologies classiques) ;
- Adaptation aux grandes superficies contaminées (dizaines d'hectares) ;
- Récupération des polluants ;
- Conversion possible de la biomasse en énergie ;
- Technologie visuellement attractive ;
- Faible perturbation du milieu contaminé ;
- Technologie verte ayant une bonne image auprès du public.

Limites

- Limitation aux surfaces colonisables par les racines ;
- Temps de traitement très long (minimum 3 ans) ;
- Dépendance de la nature du sol, de la météorologie, des attaques d'insectes, des micro-organismes... ;
- Besoin de grandes superficies et d'une pollution peu profonde (de 50 cm à 3 m) ;
- Application pour des contaminations modérées pour que la plante survive.

TOUT
S'EXPLIQUE



© Ircos

Le CEA sur le front de la bioremédiation

L'ingénierie permettant d'utiliser du vivant pour dépolluer ne se limite pas aux plantes. D'autres stratégies existent avec des micro-organismes, tels que des bactéries, et des micro-algues. Pour l'ensemble de ces technologies, on parle de bioremédiation. Un domaine dans lequel le

CEA mène des recherches aussi bien sur les aspects fondamentaux (génétique, mécanismes moléculaires) qu'appliqués, notamment pour le traitement des contaminations nucléaires (strontium, césium, uranium...).

Quelques exemples

Avec les plantes

Développement, dans le cadre du programme Demeterres (avec Areva, Véolia, l'IRSN, l'Inra et le Cirad) de technologies sélectives capables de fixer le radio-césium, principal élément relâché lors des accidents des centrales de Tchernobyl et de Fukushima. Chez *Arabidopsis thaliana*, les travaux ont notamment permis de démontrer la forte analogie entre l'absorption du césium et du potassium. En créant dans le sol un déficit en potassium, la plante pourra par exemple assimiler plus de césium *via* les transporteurs du potassium. Le programme prévoit aussi un guide d'aide à la décision en situation post-accidentelle.

Avec les micro-algues

Découverte, dans une piscine d'entreposage de combustible irradié, d'un eucaryote survivant à des doses extrêmes de rayonnement (50 % de mortalité à 10 kGy), soit 2 000

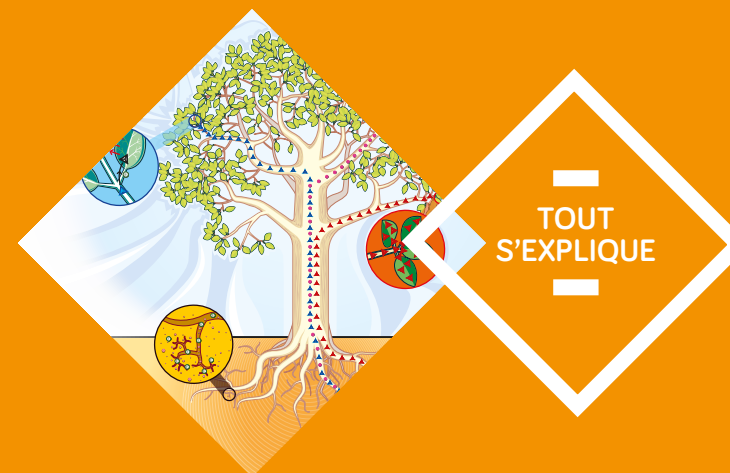
fois supérieures à la dose létale pour l'homme. Il s'avère que cette algue verte unicellulaire, *Coccomyxa actinabiotis*, est aussi capable de capter et concentrer les métaux, les lanthanides et les actinides, ainsi que le ^{14}C . Un développement est en cours avec le CEA pour faire un procédé industriel de décontamination d'effluents nucléaires à partir de cet organisme photosynthétique auquel il n'est pas nécessaire de fournir de substrat carboné, et qui se développe simplement à partir de l'éclairage de la piscine.

Avec les bactéries

Mise au jour, sur les sols contaminés de Tchernobyl, d'une bactérie capable de piéger l'uranium en le minéralisant. Difficilement utilisable dans le sol, *Microbacterium sp. A9* pourra en revanche servir à dépolluer des eaux contaminées en piégeant l'uranium sous forme d'autunite solide. Les bactéries seront ensuite récupérées par centrifugation ou décantation.

www.groupeorange.fr

les défis 208
du cea



TOUT
S'EXPLIQUE

La phytoremédiation

Utiliser des plantes pour dépolluer un sol contaminé : voici le principe de la technologie de phytoremédiation.

En effet, certaines plantes sont capables de fixer, dégrader ou accumuler des polluants présentant des similitudes atomiques ou moléculaires avec les nutriments nécessaires à leur croissance.

Selon le métabolisme de la plante, différentes stratégies de phytoremédiation sont possibles : la phytoextraction, la phytostabilisation, la phytovolatilisation et la phytodégradation.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX, SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELS



Pour aider à la réhabilitation des terrains contaminés et leur reconversion à des fins d'aménagement agricole, urbain ou de loisirs, la phytoremédiation offre une réelle alternative, aussi bien écologique que paysagère et financière face aux techniques de dépollution traditionnelles (excavation, épandage ou incinération). Aujourd'hui au stade de l'industrialisation, avec la création de plusieurs unités pilotes (ex : plantation de saules sur un site Total du Nord-Pas-de-Calais), la technologie devrait se développer de manière importante dans les années à venir. Et ce, grâce aux recherches menées pour améliorer son rendement et donc, le temps de traitement.

Comment ? En optimisant l'efficacité des plantes par croisement génique ou par l'ajout d'adjuvants dans le milieu qui modifient la forme du polluant afin de le rendre plus disponible pour la plante (biodisponible). Ce travail nécessite de bien connaître le fonctionnement des plantes et de réaliser des études de terrain approfondies pour identifier : nature et concentration de la pollution ; caractéristiques physico-chimiques du milieu (pH, humidité, température...); météo... Par ailleurs, des études sont réalisées pour parvenir à gérer de grandes quantités de biomasse radioactive ou chargée en métaux lourds à l'échelle industrielle, en les brûlant par exemple dans des centrales à cogénération permettant de filtrer les fumées.