

Universitatea Valahia din Targoviste

Facultatea de Ingineria Mediului si Biotehnologii

Specializarea: Protectia Mediului in contextul legislatiei europene

Disciplina : Bioremediere

TEHNICI ALE BIOTEHNOLOGIEI ÎN FRANȚA ȘI BELGIA DEPOLUAREA SOLURILOR ȘI APELOR

REFERAT

Cursant : Ing. Pascal BRYNAERT

Cuprins

I. Poluare solului, în ce constă ?	3
1.1 De unde vine poluarea ?.....	3
1.2. Pericolul Poluării	4
1.3. Topografia poluării	5
1.4 Implicația statului.....	6
II. Instituții	7
2.1. FNADE	7
2.2. ADEME	7
2.2.1. Definiția	7
2.2.2 Misiune	8
2.2.3. Organizare.....	9
2.3. Cemagref.....	9
III. Remedierea unei poluări a solului.....	10
3.1. Procedura depoluării	10
3.2. Obiective de depoluare	10
3.3 Metode de depoluare fizico-chimice.....	11
IV. Depoluare prin metode biotehnologice.....	14
4.1 Folosirea bacteriilor pentru depoluări.....	14
4.2 Alte modalități de a folosi bacteriile.....	17
4.3 Exemplu de decontaminare a unei zone cu biopilă (ex-situ)	21
4.4. Exemplu de decontaminare in „situ” a zonelor poluate cu motorină.....	21
V. Folosirea plantelor.....	24
5.1. Introducere	24
5.2. Fito-stabilizare	26
5.3. Fito-extracție.....	27
5.4. Rizo-degradare	30
5.5. Fito-volatizare	31
5.6. Alte metode: fito-restaurare sau rizo-filtrare (pentru apele uzate).....	32
VI. Concluzii.....	35

I. Poluare solului, în ce constă ?

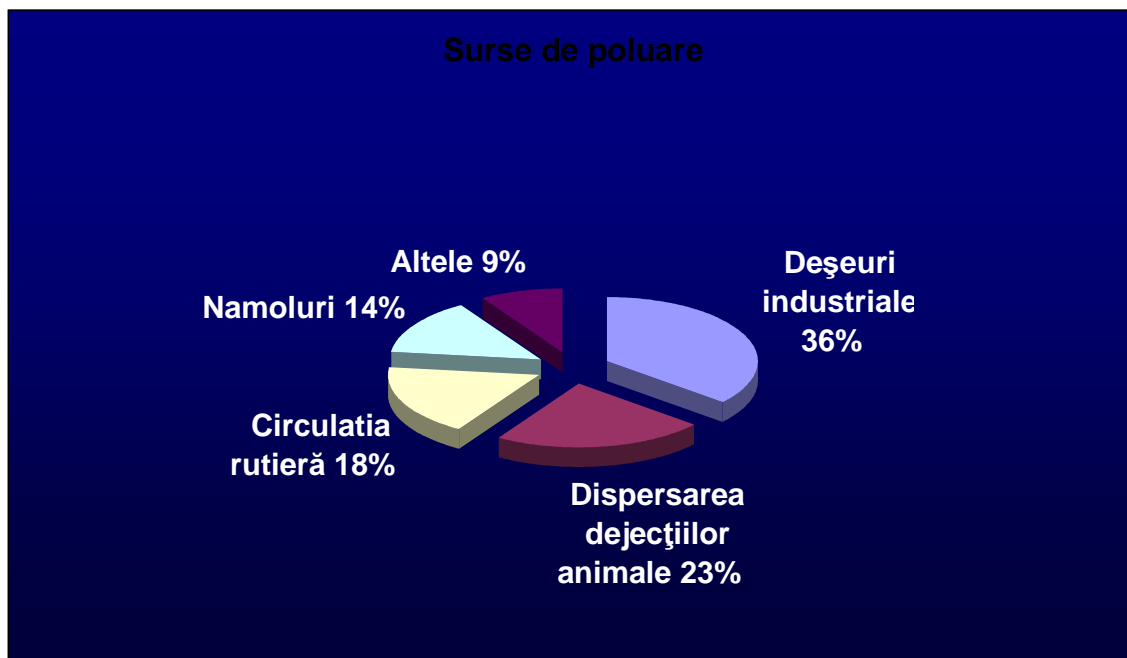
Solul este un mediu fragil pentru că este suportul tuturor activităților umane (habitat, agricultură, transport, etc...). Este esențial pentru om, animale și vegetale.

Din sol flora trage substanțele necesare pentru producția de materii vii și oxigen. Este de asemenea un „filtru” pentru apele care alimentează panzele freatice.

Insă, solul este foarte fragil pentru că este supus consecințelor activităților umane: poluare, epuizarea trofica necesara plantelor, tasare, tăierea pădurilor ...).

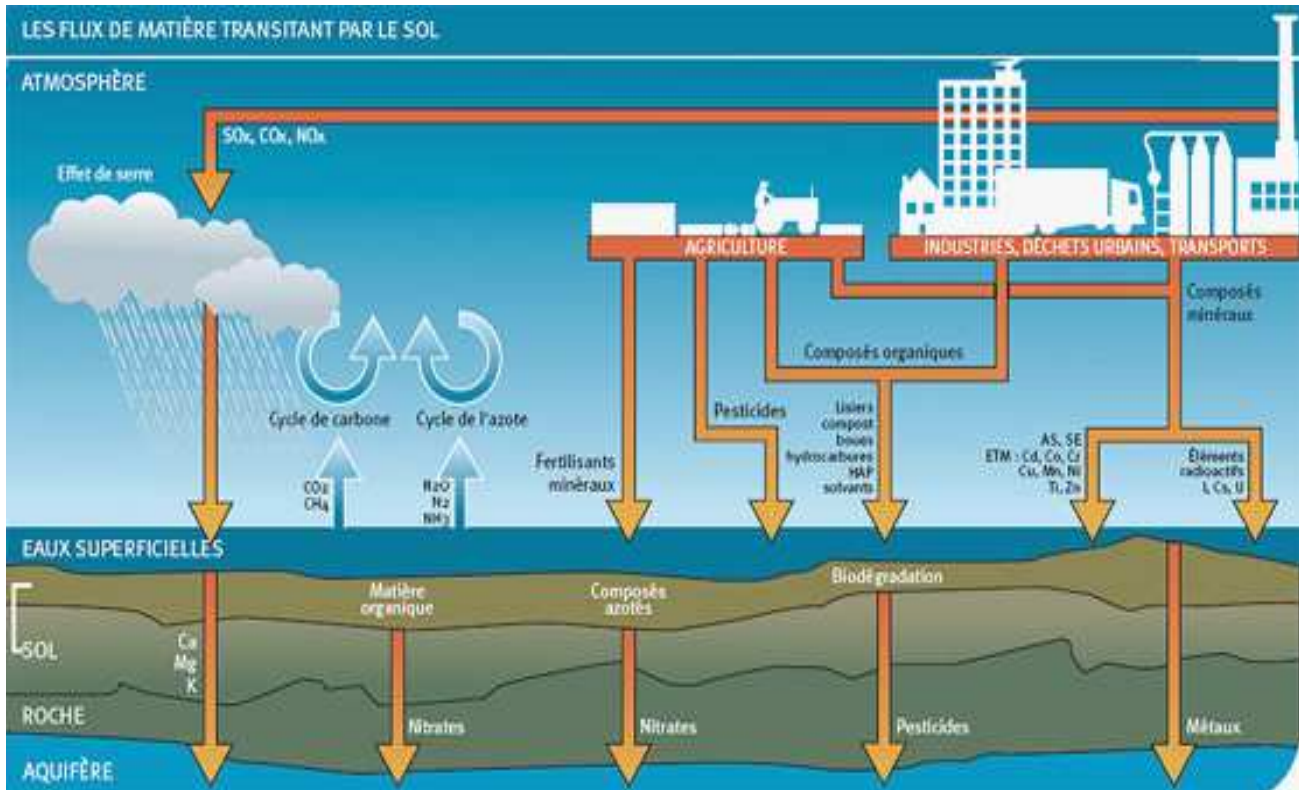
1.1 De unde vine poluarea ?

Poluarea poate veni de surse difuze (dispersate) sau punctuale, adică localizate și concentrate. Poluanții solurilor sunt extrem de variați și depind de originea poluării.



1.2. Pericolul Poluării

Prezența unui poluant în sol nu este periculoasă în sine. Putem vorbi de un risc de poluare atunci când acest poluant poate interfera cu mediului : fauna, flora și om.



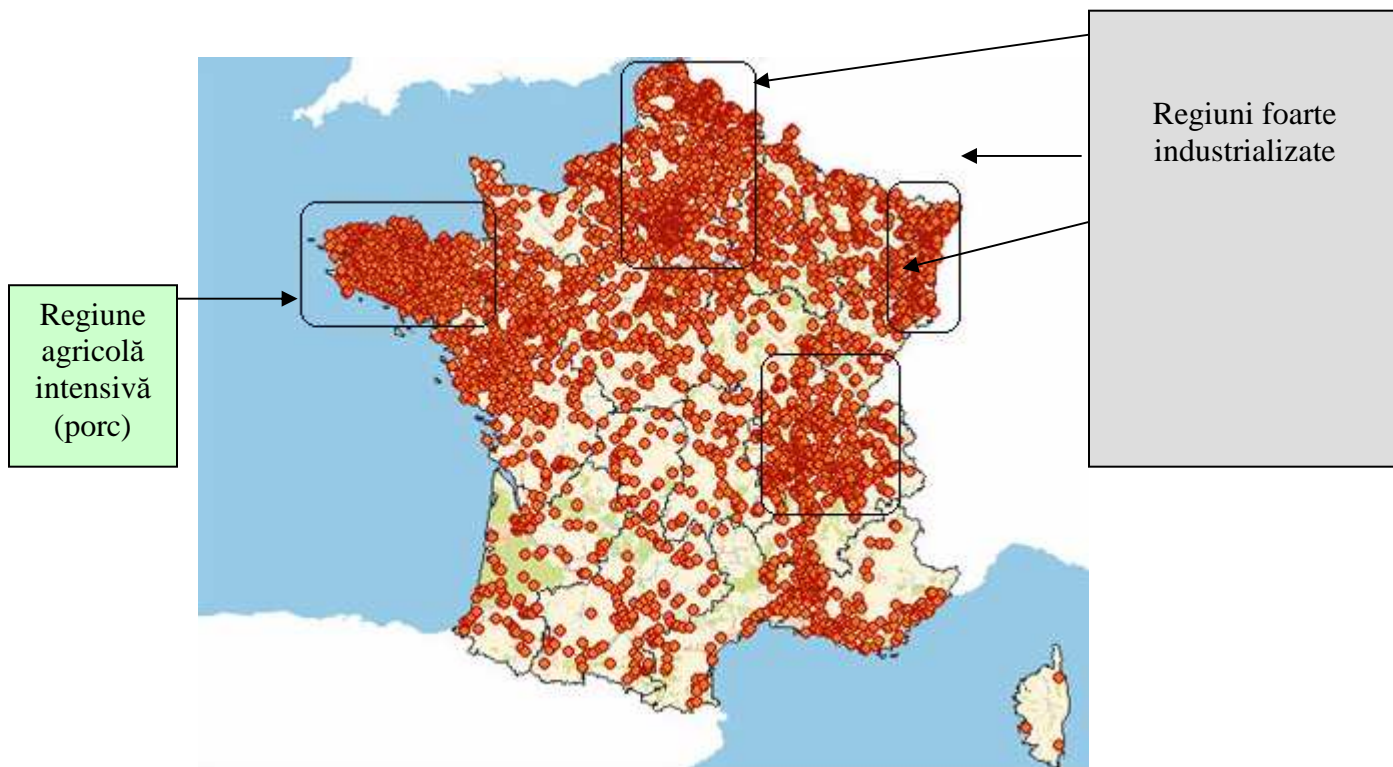
Trebuie 3 condiții împlinite pentru a vorbi de pericol:

- Sursa: poluantul
- Vector: o plantă din exemplu
- Ținta: omul, o comunitate, etc...

De exemplu, zonele miniere suferă de o contaminare practic sistematică. Activitatea miniera aduce pietrele la suprafață care se oxidează eliberând sulfuri care, la rândul lor se oxidează producând sulfazi. Această reacția produce acizi care eliberează metalele grele naturale prezente în sol. Aceste metale, difuzându-se vor polua solurile dimprejur.

Remediarea solurilor contaminate fără intervenția umană, durează câteva sute de ani.

1.3. Topografia poluării



Harta Poluării în Franța

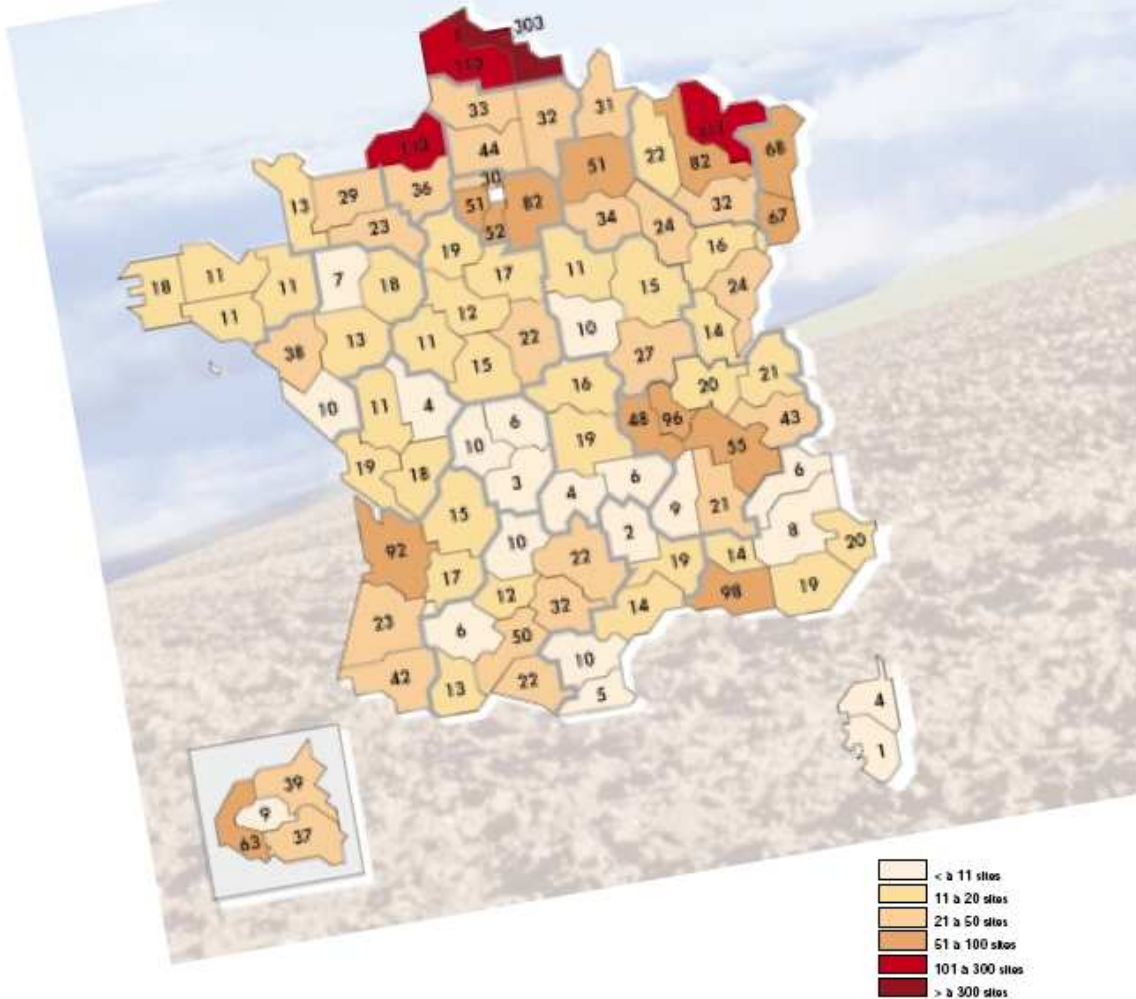
În Franța⁽¹⁾, în ultimii 20 de ani, legislația a luat în seama problema poluării solurilor.

S-au constituit 2 baze de date:

- BASOL: repertoriu zonelor la care statul a luat măsuri de corectare sau de supraveghere. Cam 3 000 din care 50% sunt sub supraveghere.
- BASIAS: repertoriu zonelor care trebuie luate în seama: peste 300 000

¹ Sursa : Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement : <http://www.sites-pollues.ecologie.gouv.fr>

**SITES FAISANT L'OBJET D'UNE ACTION DE L'ÉTAT
OU DES RESPONSABLES**



1.4 Implicația statului

- Responsabilitatea agentului economic este stipulată prin lege.
- Firmele cotate la bursă au obligația de a prezenta un bilanț despre implicația activității lor asupra mediului.
- Creația diverselor instituții

II. Instituții

2.1. *FNADE*

Federația națională a activităților de depoluări și de mediu. Este compusa din 9 sindicate care adună constructori, fabricanți de material și servicii asociați pe următoarele sectoare:

- Gestiunea deșeurilor menajere și industriale, colectare, tratare și valorificare energetică și biologică
- Concepția, realizarea și exploatarea siturilor, centre de tratare a deșeurilor, unități de valorificare, uzine de incinerare, sortare, depozitare.
- Depoluarea solurilor
- Curățarea infrastructurilor urbane.

10 miliarde de € - 110 000 salarii din care 75 000 în Franța

2.2. *ADEME*

2.2.1. Definiția

Agenția de protecția mediului și de gestionare a energiei (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) este o instituție publică creată în decembrie 1990. Este o regrupare a fostelor agenții peexistente :

- AQA (agence pour la qualité de l'air) agenția pentru calitatea aerului
- AFME (agence française pour la maîtrise de l'énergie) agenția pentru gestionarea energiei
- ANRED (agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets) agenția națională pentru recuperarea și eliminarea deșeurilor
- COMES (commissariat à l'énergie solaire) comisariatul energiei solare

2.2.2 Misiune

ADEME are următoarele atribuții:

- Promovarea energiei regenerabile,
- Tratarea solurilor poluate,
- Reducerea daunelor sonore,
- Management de mediu.

Pentru desfășurarea misiunilor ei, dispune de 3 competențe:

- Științifice precum Tehnici pentru promovarea soluțiilor legale de protecție a mediului înconjurător;
- Expertiză și consulting în conducerea firmelor în planul de dezvoltare;
- Baze de date care capitalizează informațiile din teren, pentru difuzare metodelor eficiente și legale de protecție a mediului înconjurător.

Activitatea ADEME se adresează mai mult firmelor mici și mijlocii care nu dispun întotdeauna de experiența proprie și mijloacele financiare suficiente în sectorul energiei și al protecției mediului:

- Finanțarea programelor de cercetări
- Consultanță și expertiză
- Elaborarea uneltelor metodologice și promovarea bunelor soluții
- Finanțare de management, proiecte legate de mediu
- Training, comunicare și sensibilizarea problemelor de mediu.

Un forum despre energiile regenerabile și a schimbărilor climatice a fost înființat pe internet. Scopul fiind sensibilizarea publicului.

2.2.3. Organizare

În 2006, ADEME avea un buget de 309 M€ din care 77M€ alocăți pentru funcționare și 232 pentru intervenții:

- 71M€ pentru gestiunea deșeurilor și a siturilor contaminate
- 44M€ pentru acțiuni internaționale și tranfrontiere
- 40M€ pentru cercetări

Funcționează cu 820 de salariați repartizați la centrele: Angers, Paris și Valbonne și au 26 de sucursale în Franța, un birou la Bruxelles și 3 pe teritorii d'outre mer.

2.3. Cemagref

Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement (F) sau Institutul cercetării pentru ingineria agriculturii și a mediului, este un organ de stat care are ca obiectiv managementul apelor și teritoriilor.

Cercetările sunt orientate spre producția cunoștințelor noi și de inovare tehnică pentru managementul resurselor, amenajarea și folosirea spațiului, a resurselor apelor de suprafață, sisteme ecologice acvatice și terestre, spații pe dominanțe rurale, studiul apelor și siguranța alimentelor.

Buget. 89 M€ – 1 350 salariați din care mai mult de 500 de ingineri și cercetători.

III. Remedierea unei poluări a solului

3.1. Procedura depoluării

Pentru a remedia o zonă poluată, sunt mai multe trepte de urmărit:

- Măsură de urgență (mișorarea pericolului imediat)
- Diagnostic: studiu geologic si hidrologic, istoricul activităților ariei, cartare și analiză
- Evaluarea riscurilor
- Determinare a obiectivelor și mijloacelor depoluării
- Lucrări de depoluare in sine
- Monitorizare și restricții asupra folosirii terenului

3.2. Obiective de depoluare

Depoluarea unui teren presupune un buget enorm, de la câteva sute de mii la câteva milioane de EUR. Trebuie deci determinate obiectivele depoluării. De exemplu, nu se va acorda aceeași valoare pentru o zonă care va fi utilizata ca parching sau pentru o viitoare grădiniță.

In consecință, o zonă depoluată nu va putea fi folosită la orice, astfel încât vor trebui implementate anumite restricții și va fi supusa monitorizarii.

3.3 Metode de depoluare fizico-chimice

Înainte de a folosi biotehnologii care vor fi expuse în capitolul următor, metodele de depoluare erau de natură fizico- chimice. Aceste metode sunt în general evitate, fiindcă generează costuri enorme de implementare. Însă, au avantajul de a rezolva problema repede și pot fi o soluție atunci când termenul este mai critic decât bugetul depoluării.

- **Metoda prin excavare:**

se extrage pământ poluat pentru a fi tratat și apoi, se pune la loc. Această metodă este extrem de scumpă datorita transportului și stocării.

- **Metoda prin injectare « venting »:**

se injectează azot, aer sau abur care va capta poluanții. Aerul este aspirat printr-un puț de tragere și filtrat cu biofiltre sau filtre de cărbune. Încălzirea solului ameliorează eficacitatea tratamentului.

- **Metoda de plutire:**

După extragere, pământul este trecut printr-o sită. I se adaugă apa și agenți tensioactivi. Aerul injectat în acest amestec captează poluanții.

- **Metoda prin extragere electrică:**

Solul trebuie să aibă o bună conductibilitate (prezența apei din exemplu). Această tehnică constă în crearea unui câmp electric printr-o pereche de electrozi.

Contaminantul, care trebuie să fie o moleculă mică, migrează în câmpul electric spre unul dintre poli, unde este fixat. Acest procedeu are avantajul de a limita riscurile de contaminare a muncitorilor cu poluanții respectivi. Acest procedeu

este folosit pentru extragerea acidului acetic, fenolului și a metalelor precum zinc, plumb și cupru în soluții.

- **Extragere prin încălziri**

Tehnică este aplicabilă componentelor ușori care pot fi transformați în apă și dioxid de carbon, precum hidrocarburile. Pământul este excavat, tamizat și tocat. Apoi este încălzit la 600-800°C. Gazele care ies sunt retratate pentru că pot conține componente de sulf sau NOX toxice.

- **Spălare cu solvenți**

Spălarea este indicată în poluarea cu produse de hidrocarburi grele tip gudron și pesticide. În general se procedează « hors-site » sau pe o platformă multimodală prevăzută pentru depoluarea solurilor poluate. Pământul este excavat și spălat cu un solvent de extragere. Poluantul este separat prin distilare. Solvenții care au încărcat solul, se extrag din el prin încălzire. Solventul este readus în faza lichidă pentru a fi din nou folosit. Poluanții sunt recuperați și stocați.



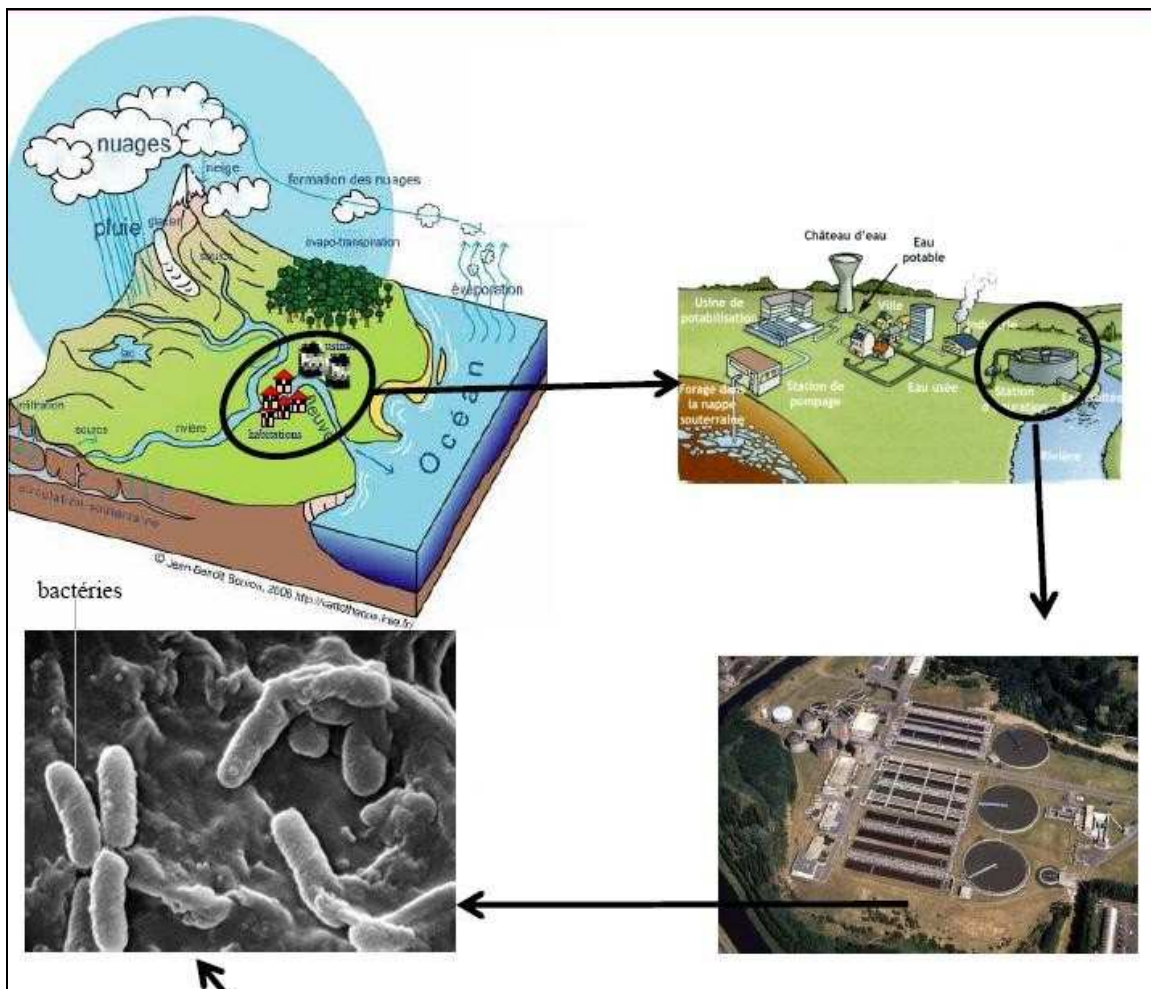
- **Spălare cu apa**

Spalarea fizico- chimică cu apa este destinata solurilor poluate de metale grele și uleiuri minerale. Apa este de fapt solventul și poluanții solubili sunt dizolvați. Apa va fi apoi depoluată la rândul ei și refolosită. Uzina funcționează ca o buclă închisă.

IV. Depoluare prin metode biotehnologice

4.1 Folosirea bacteriilor pentru depoluări

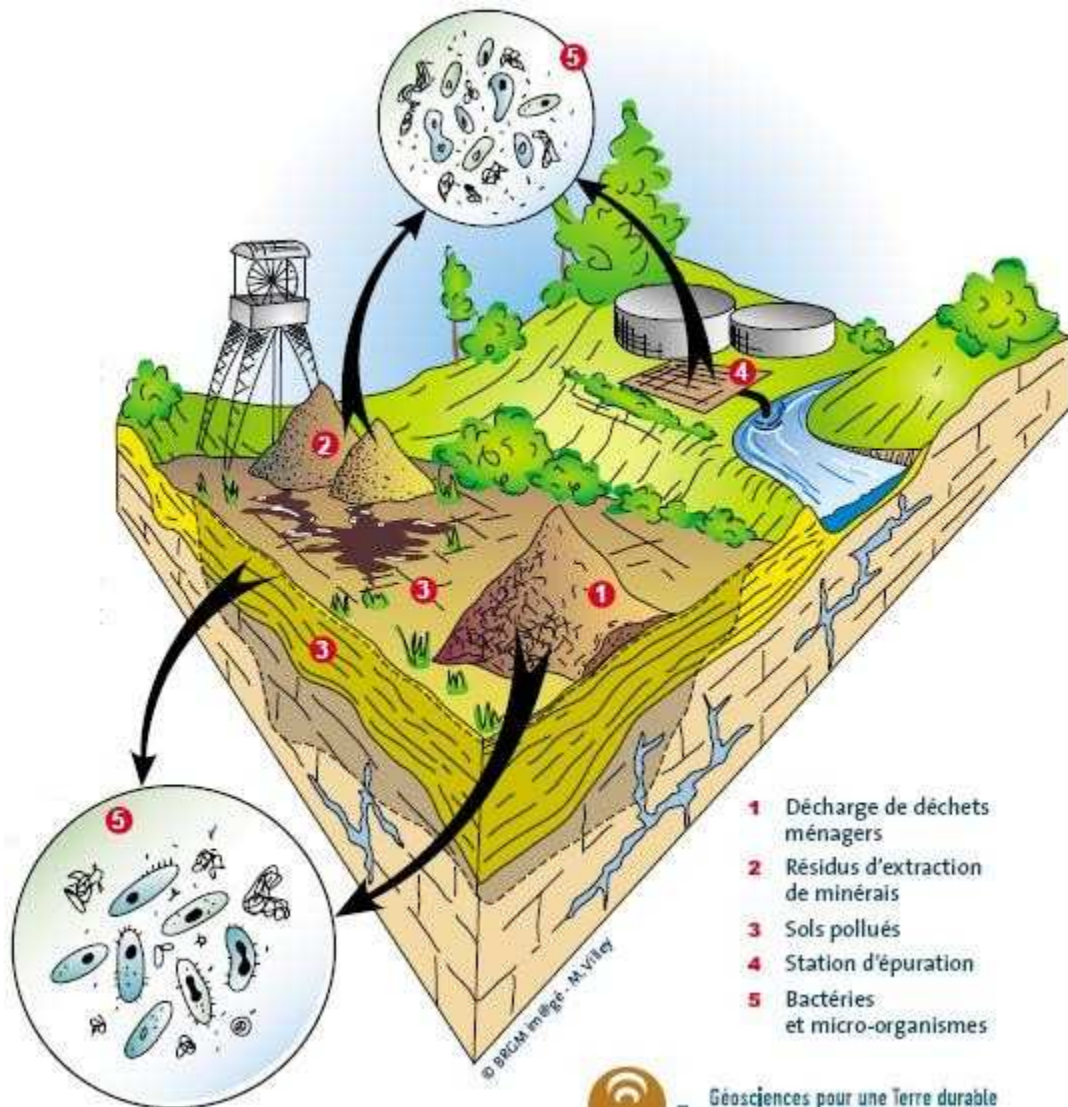
Se știe de mult timp că microorganismele și mai ales bacteriile au capacitatea impresionantă de tratare a substanțelor. Pe acest principiu, deja funcționează de mult timp majoritatea stațiilor de epurare a apelor uzate în Europa unde bacteriile glutoze digeră poluanții ca să le reducă sau să le elimine.



Schema de eliminare a poluanților apelor uzate prin acțiunea bacteriilor

Efluenții minieri sunt tratați și acum cu aceste tehnici folosite de ani. S-a constatat de asemenea că deșeurile menajere puse în groapă de gunoi, degaja gaz metan prin activitatea bacteriana anaerobă care poate fi exploatată ca o sursă de energie.

Astăzi, bacteriile degradează fenolul, hidrocarburile, pesticidele, contribuie la eliminarea arsenicului și a metalelor grele. Alte perspective se vor deschide pentru reducerea impactului de CO₂. Astfel, hidrocarburile extrase prin foraj sunt contaminate de CO₂ și H₂S care trebuie separate prin tehnici costisitoare.



Tehnologia biologică permite tratare « in situ » care limitează mult costurile.

Solul adăpostește cantități fenomenale de microorganisme. Fiecare gram de sol poate conține mii de specii microbiene: bacterii, ciuperci, alge. Doar 5% sunt cunoscute și pot fi izolate și cultivate în laborator. Această biomasă, care se găsește ca atare până la 500 m de adâncime⁽²⁾, poate fi considerată precum o imensă mașină de spălat biologică și naturală, capabilă de a trata și de a recicla, chiar de a elimina elementele nedorite sau periculoase, precum hidrocarburi le sau metalele grele. Folosind activitatea unor bacterii, este posibil reducerea caracterului periculos al metalelor prin fixare sau, în opoziție, a facilita recuperarea lor.

Pentru a acoperi nevoile energetice, aceste bacterii vor lua drept hrană, compuși organici, minerali sau lumina, pornind astfel procesul de biodegradare. În stare naturală, aceste microorganisme vor reduce impactul poluării într-un timp destul de lung. Aici, intervine mâna omului astfel încât putem accelera procesul de reabilitarea a terenului.

Asta presupune analize precise: izolarea a familiei de bacterii active și de procesele bacteriene, metodele de implementări și extrapolarea principiului de la scara laboratorii la scara semi-industrială, ultimul popas înainte implementarea unui proces de tratare.

Prezența unor metale grele în apele freatice este o problemă frecventă cu implicații grave asupra sănătății. Cercetările în acest domeniu au ajuns la implementarea tratării prin bacterii sulfo-reductoare. Aceste bacterii transformă sulfatul în sulfuri care precipită metalele grele în ape, putând astfel fi recuperați și eliminați.⁽³⁾

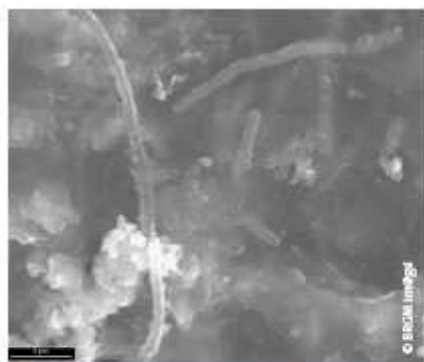
Cercetările au condus la implementarea tratării cromului și arsenicului: Bacteriile modifică starea de oxidare a metalului precum cromul, care trece din starea Crom 6 poluant solubil, periculos pentru sănătate și cancerigen, la starea Crom 3 puțin solubil, puțin toxic și chiar la doze mici, necesar sănătății.

² Les enjeux des Geosciences – Noiembrie 2006

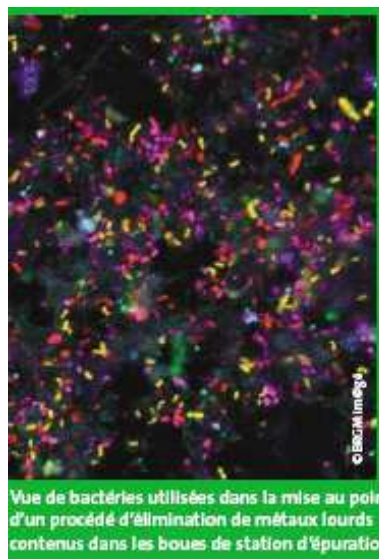
³ Program european METALBIOREDUCTION

Se estimează astăzi peste 450 de situri poluate numai în Franța de Crom⁽⁴⁾. Un proiect pilot « in situ » a fost implementat pe fostele ateliere de cromare la Bois-Colombes, lângă Paris.

Problematika arsenicului se aseamănă: se pot folosi procese bacteriene care transformă Arsenic 3 care este o formă toxică al metalului, la Arsenic 5, care se mai găsește sub formă naturală și care este mai puțin periculos.



Bactéries sulfato-réductrices engluées dans du sulfure d'arsenic.



Vue de bactéries utilisées dans la mise au point d'un procédé d'élimination de métaux lourds contenus dans les boues de station d'épuration.

4.2 Alte modalități de a folosi bacteriile

Folosirea bacteriilor nu se limitează numai la depoluare, ci și la extragerea metalelor valoroase. Această știință se cheamă Bio-hidrometalurgie. Anumite microorganisme pot degrada minereuri sulfurate principalii constituenți ai metalelor neferoase, favorizând recuperarea metalelor care le conțin. Această tehnică a fost implementată în Ouganda pentru minele de Cobalt. Acest proiect a făcut parte dintr- un program selecționat și sprijinit de Uniunea Europeană (BioMinE și Bioshale) ⁽⁵⁾.

⁴ A vedea <http://www.basol.ecologie.gouv.fr>

⁵ BioMinE a implicat 14 țări și 36 de parteneri – Bioshale a implicat 8 țări și 13 parteneri.

Scopul a fost identificarea resurselor minerale care puteau fi valorificate de biotehnologie precum cobaltul, cupru, nichel, argint, prezente în minereurile aflate în Europa Centrală și în Scandinavia.



Retraitement par biolixiviation de stériles miniers en Ouganda : le projet KCC a été l'occasion de développer un procédé innovant visant à exploiter économiquement un sous-produit minier cobaltifère dont le stockage avait de graves conséquences sur l'environnement local.

Bio-hidrometalurgia are în primul rând, un scop industrial: optimizarea recuperării metalelor cu tehnici mai ieftine și de a exploata zăcămintele cu concentrația metalelor mai slabe. Dar, această știință are și o ambiție asupra *mediului*. Într-adevăr, bio-hidrometalurgia evită degajarea dioxidului de sulf, gaz periculos produs în cantități mari de piro-metalurgie, procedeu de recuperare majoritar folosit astăzi.



Vue d'un essai de démonstration en cours de biolixiviation en tas (réalisé dans le cadre de Bioshale).

Exemplu de clasificarea bacteriilor

BIODEPOL (program european) a clasificat bacteriile în funcție de tipul de poluare.

Astfel, avem:⁽⁶⁾

Bacterii	Scopul – Finalitate
Bacterii care oxidează compuși sulfurați: Sulfuri și fier în condiții aerobă (prezența de oxigen). <i>Ex: Thiobacillus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Implementarea proceselor bio-hidrometalurgice pentru recuperarea metalelor din resursele minerale. • Drenaj minier acid
Bacterii oxidante sau reductoare a arsenicului în condiții aerobă sau anaerobă. <i>Ex: Thiobacillus, Rhizoctonia</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Implementarea procedurilor de tratarea apelor uzate, efluenților și solurilor contaminate de arsenic. • Studii a ciclului geochimic al arsenicului și fenomene de drenaj minier
Bacterii heterotrofe care degradează compuși organici în condiții aerobă și anaerobă <i>ex: Ralstonia eutropha</i>	Implementarea procedurilor de depoluare a efluenților, deșeurilor și solurilor. De exemplu, Bio-tratarea nisipurilor de turnătorie contaminate de fenol, Bio-degradare a pesticidelor
Bacterii reductoare a sulfaților în condiții anaerobe: <i>Ex Saccharomyces, Rhizopus, Chlorella, Thiobacillus, Zoogloea</i>	Folosirea tratării biologice a efluenților acizi minieri și industriali contaminați de metale grele (Cr...)
Bacterii care produc gaz metan și hidrogen	Degradarea materiilor organice în condiții reductoare precum bio-tratare a deșeurilor organice și recuperarea gazelor energetice
Bacterii care mineralizează carbonul sub	Fixarea dioxidului de carbon sub formă

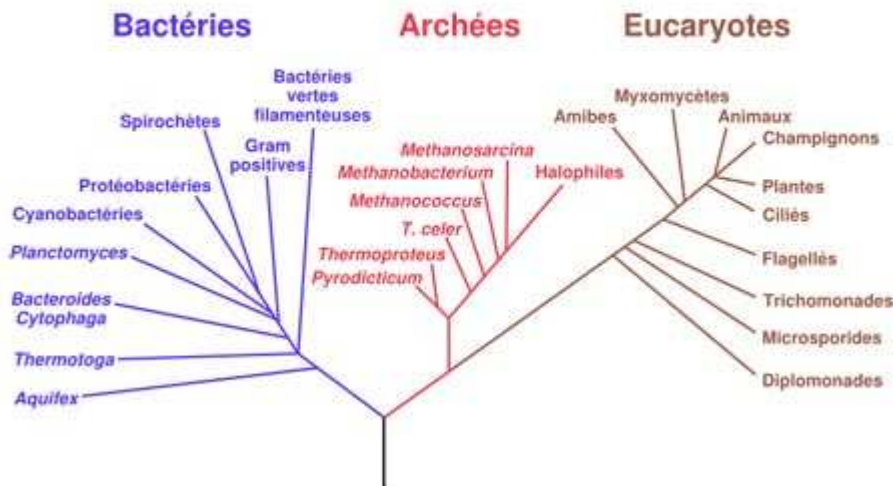
⁶ Sursa : Biodepol 99

formă de carbonați	minerală
--------------------	----------

Este important de a folosi un tip de bacterie pentru fiecare caz de Bio-remediere. S-a constatat că folosirea neadecvată a bacteriilor, poate duce la generarea unor produse mai toxice și mai mobile decât produsele inițiale.

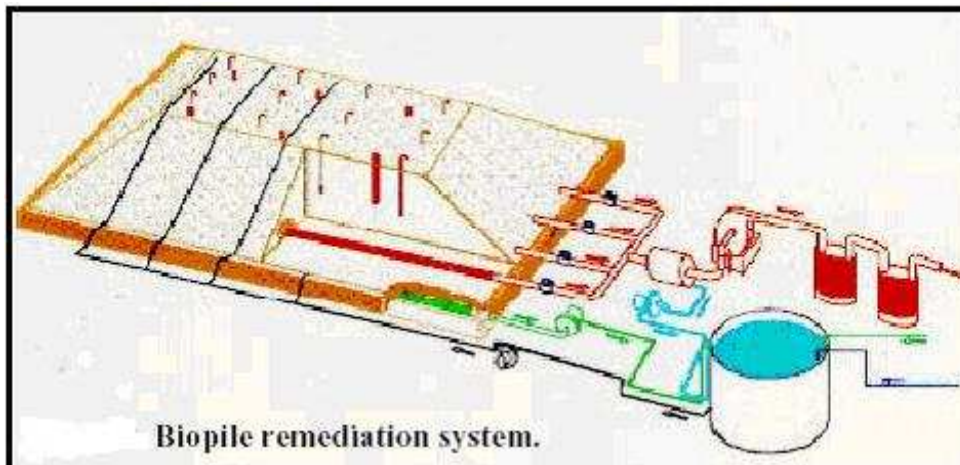
Nu numai bacteriile pot fi folosite pentru depoluarea solurilor: sunt și alte microorganisme precum drojdie sau archaeas. Aceste microorganisme sunt eucaryote, adică au un nucleu care conține informații genetice precum regnului animal. Pot trăi în condiții extreme de temperatură și presiune și s-a dovedit că pot transforma moleculele.

Arbre phylogénétique de la vie



4.3 Exemplu de decontaminare a unei zone cu biopilă (ex-situ)

Tratarea cu bacterii este însă folosită la ora actuală cel mai mult în cazul poluării cu hidrocarburi clasice precum benzina și motorină. Tehnică de implementare « Ex-situ » este pilăde bio-remediere. Se amestecă bacteriile cu nutrienți și se injectează prin țevile mari cu o cantitate de aer. Aerul catalizează buna dezvoltare a microorganismelor.



Se consideră că această procedură trebuie să durează cam 6 luni. Astfel se accelerează procesul natural care altfel s-ar desfășura în câțiva ani. Majoritatea terenurilor depoluate adică 60-70%, poate fi folosite chiar ca pământ agricol. Această metodă este însă limitată în funcția de tipul de teren și are dezavantajul că pământul trebuie excavat din zona poluată și adus la centru de retratare.

4.4. Exemplu de decontaminare in „situ” a zonelor poluate cu motorină

În prima etapă, se face o recoltare a solului pentru analiză la laborator. Apoi, se corectează pH solului cu adăugare de P și N. Bacterii se dezvoltă optim dacă raportul C/N/P este de 100/10/1 ⁽⁷⁾

⁷ Envirotop : societate de bio-remediere, Malmedy , Belgia

Bacteriile sunt pulverizate sub formă lichidă pe suprafața solului sau injectate în sol. Penetrarea lentă a bacteriilor și repetarea acestei manipulări permit degradarea poluantului.

Această metodă are și limitele ei și trebuie ținut cont de anumiți parametri:

- permeabilitatea solului
- condiții climatice locale
- tip de hidrocarbură și concentrația ei

Factorii de accelerare a bio-degradării:

- arăturile, o bună metodă de a pune în contact microorganismele cu hidrocarburile și de asemenea, oxigenarea.
- umidificarea în proporție de 20%
- ajustarea pH-ului

Fața de o metodă fizico-chimică, costul de depoluare este redus de 5 ori.

Limitele ei sunt legate de permeabilitatea solului, timpul alocat la remediere și adâncimea poluării. Într-adevăr, există o limită unde microorganismele pot acționa.

Exemplu concret cu metale grele ⁽⁸⁾

Societatea GAILARD RONDINO SA se înființează pe situl comunei Saint-Peray în 1908. Firma produce și comercializează stâlpi pentru telefoane sau curent electric și, de asemenea, jucării pentru parcul în aer liber pentru copii. Tratarea lemnului este o etapă importantă pentru linia de producție. Necesită folosirea unor produse chimice.

În cazul acesta, se va folosi creozotul pentru tratarea lemnului. Producția de-a lungul unui veac a condus la poluarea importantă a solului și a panzei freatice.

⁸ <http://www.sites-pollues.ecologie.gouv.fr>

În 1991, CGE (Compagnie Générale des Eaux) este îngrijorată de o concentrație anormală de crom (peste 5 ori față de norma autorizată) la apa unui puț din comună la un km din firmă. Se stabilește că firma este la originea poluării. Măsuri au fost imediat luate către locuitori din sat.

În 1992, firma este obligată de prefectură, să facă un studiu detaliat asupra apelor, solului și impactului asupra vegetației, aerului și stratul freatic. Un puț este instalat pentru a monitoriza apelor freatic.

În 1994, prefectura obligă firma Gaillard Rondino să foreze un alt puț pentru depoluare, mai important.

În 1995, Gaillard Rondino SA își oprește activitatea.

În 1996, Gaillard Rodino SA este obligată la depoluarea sitului. Lucrările vor începe în iulie. În paralel, are loc o evaluare a riscurilor asupra sănătății și posibilității de reabilitare a terenului.

În 1999, pământul este depoluat de creozot și în 2000 este totalmente depoluat.

Depoluarea stratului freatic

Pentru depoluarea terenului și a stratului freatic, se vor instala 2 foraje de depoluare. Apele vor fi pompate la 60 m³ pe oră și 120 m³ pe oră și aruncate pe Rhone.

Bio-degradarea pământului poluat

Pământul va fi amestecat cu coajă de pin la care se mai adaugă un nutrient pentru



activarea bacteriilor care sunt natural prezente în sol și care vor degrada creozotul. După un an, s-au răspândit pe tot terenul unde, din nou, crește un covor vegetal natural.

V. Folosirea plantelor

5.1. Introducere

Omul a știut întotdeauna să folosească plantele pentru supraviețuirea lui. Au fost folosite în primul rând ca resursă alimentară și apoi, ca material de construcții. De asemenea sunt folosite și pentru realizarea uneltelor. Omul, dar și maimuțele le folosesc de mult pentru caracteristicile terapeutice, pentru tratarea bolilor sau pentru a izgoni parazitii.

În secolul XVI, Andréa Cesalpino, botanist florentin, descoperă o plantă care crește numai pe stânci bogate în metale precum nichel. În 1814, studiile vor merge mai departe și vor descoperi o plantă *Alysum bertolonii* care acumulează în organismul ei o concentrație importantă de metalele prezente în sol. Însă, doar în 1970 se va dezvolta conceptul de folosire a caracteristicilor plantelor pentru fito-remediere.

Uniunea Europeană a pornit un program de cercetare de fito-remediere: PHYTOTEC.

Șapte țări sunt partenere : Polonia, Italia, Spania, Cechia, Țările de jos și Franța. Alte industrii și organisme de cercetări lucrează împreună precum Institutul Pasteur, Ineris, Agenția Apeim CEA, CNRSSP. Obiectivele urmărite sunt de a pune în comun rezultatele asupra metodelor de depoluare și costurilor aferente.

Fito-remedierea se poate face prin mai multe mecanisme. Ea, se declină în 2 categorii:

- Remedierea activă care distruge propriu-zis poluarea
- Remedierea pasivă care nu face decât să o stabilizeze

Tehnicile de depoluare cu plante sunt de 4 tipuri:

- Fito-stabilizare
- Fito-extracție

- Rizo-degradare
- Fito-volatilizare

5.2. Fito-stabilizare

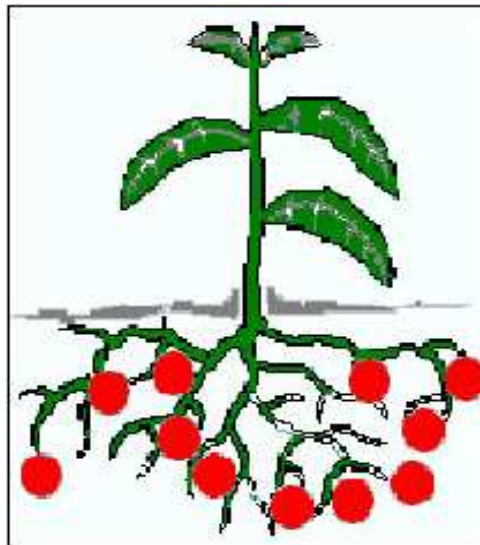
Fito-stabilizarea este o tehnică ce folosește plantelor cu rădăcini dezvoltate astfel încât se reduce mobilitatea poluanților conținuți în sol. Acești poluanți provin din:

- praf
- particule transportate de apă
- faună

Aceste 3 modalități de transport enumerate mai sus sunt cele mai importante cauze a unei recontaminări asupra zonei poluate

Rădăcinile fixează poluanți limitând circulația orizontală și verticală a lor. Această tehnică este folosită pentru ca prime măsuri în cazul unui sol poluat de :

- Metale
- Pesticide
- Solvenți
- Explozive
- Țiței și derivați



Ca să fie eficientă, trebuie îndeplinite anumite condiții:

- Poluanții nu pot migra ușor în sol
- Poluanții nu pot fi accesibili ușor faunei erbivore și insectelor via polenul
- Plantele trebuie să fie alese pentru capacitatea lor de a fixa poluanții dar de nu acumula poluanții.

- Gestiunea sitului poluat este indispensabilă. Pragul toxicității trebuie controlat astfel încât să rămână plantele în viață.

Plantele care sunt preconizate fac parte din familia graminee.

5.3. Fito-extracție

Fito-extracția este o metodă de decontaminare a solurilor de metale grele (cupru, argint, aur, mercur, cadmiu, plumb). Este bazată pe cultura plantelor având caracteristicile

toleranței și ale acumulării metalelor grele pe partea lor recoltabilă. Aceste plante acumulative sunt capabile, prin fiziologia lor adaptată, de a acumula până la 1% din poluant, față de materia lor uscată.

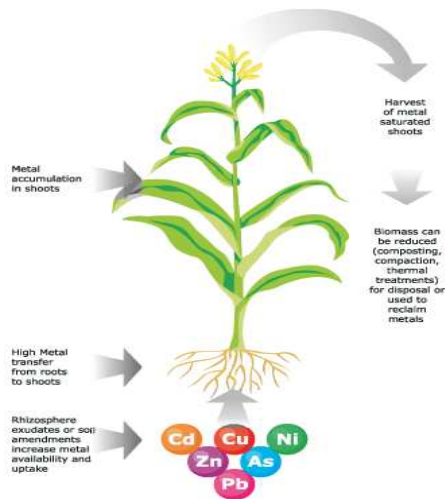


Figure 1 - Schematic representation of the processes involved in phytoextraction of metals from soils.

Plantele vor fi alese în funcția de natura poluantului, climatul și biomasa astfel încât pot acumula o cantitate mare de poluanți. Deseori, solul este contaminat de mai multe metale, ce impun o cultură de mai multe plante.

O dată recoltate, sunt incinerate și cenușa va fi stocată într-un loc securizat. Cultura se poate reînnoi până la scăderea concentrației acceptabile a metalelor în sol.

Sunt 2 tipuri de fito-extracție:

A. Fito-extracție continuă: Plantele utilizate sunt capabile să acumuleze însele o importantă cantitate de poluanți. Aceste plante pot acumula până la 1% din materia lor uscată cu zinc, nichel, seleniu, etc... Aceste plante nu pot trăi fără metale. Sunt numite metalofite.

Câteva exemple de plante metalofite.



Viola calaminaria
(panseluță calaminare)

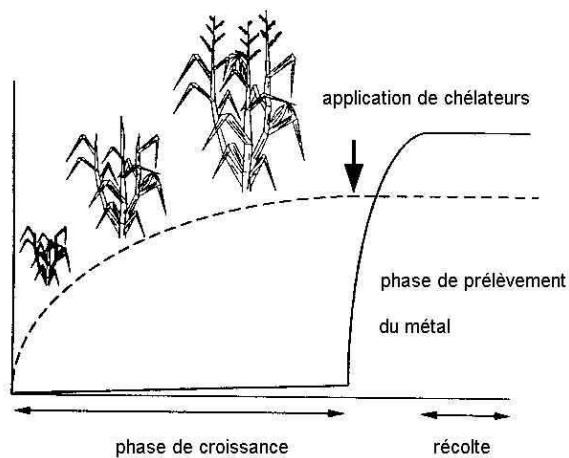


Thlaspi alpestre



Silene vulgaris

B. Fito-extracție indusă



Metalele prezente în sol nu sunt întotdeauna solubile în apa (bio-disponibile), Ioni metalici pot fi fixați alți ioni sunt indisponibili pentru plante. În acest caz, este recomandată folosirea moleculelor numite « Chelator » pentru eliberarea metalelor. De exemplu, pentru plumb, se recomandă EDTA: acid etilen

diamino tetra-acetic. Odată ce planta a ajuns la un nivel optim de creștere, chelatorii le permit să acumuleze metale grele. Printre plantele care folosite pentru astfel tip de poluare se numara muștarul și tutunul.

Procedeu a fost pus la încercare la Caldarache cu sprijinul programului PHYTODEC și s-a dovedit că 20% din zinc, 60% din cadmiu și 40% din plumb s-a extras din sedimentul folosit pentru experiență.

Fito-extracția este o metodă activă. Poluarea poate fi eliminată. O dată ce planta este saturată în poluant, se recoltează și se aduce la un centru specializat unde se poate eventual recicla: este Fito-mining.

Plantele nu sunt totuși un remediu miracol pentru depoluare. Plantele, fiziologic, nu pot absorbi decât o parte de metale grele care se găsesc în sol. Trebuie deci, recoltari succesive astfel încât zona să poate fi considerată ca depoluată. Costul depoluării este însă redus și practic se poate cifra pe manopera plantării.

În Europa, acest procedeu a avut succes: cel mai ilustru exemplu este cel de Maatheid în Belgia. Tratarea acestui sit, foarte poluat în zinc și cadmiu a fost realizat cu adaosul unui reziduu de incinerare: beringită, și apoi, replantat. Depoluarea s-a desfășurat într-un termen de 10 ani.

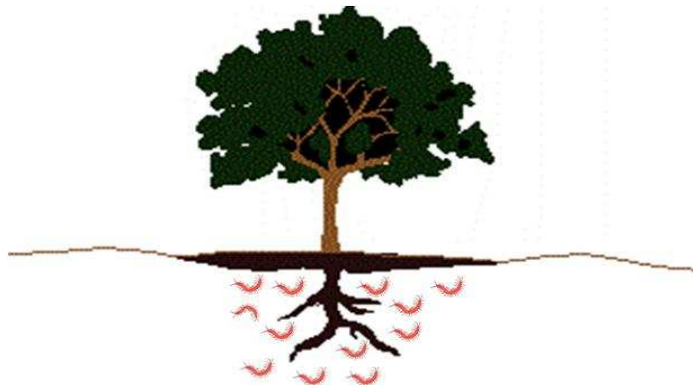
Astăzi sunt repertoriaste peste 320 de plante acumuloare de metale grele⁽⁹⁾ și sunt clasificate astfel:

- tip I: cele care acumulează Al, Ag, As, Be, Cr, Cu, Mn, Hg, Mo, Pb, Pd, Pt, Se, Zn, Naphtalène
- tip II: Nichel
- tip III: radionucleide, hidrocarburi și solvenți organici.

• ⁹ S.L. Hutchinsona, A.P. Schwab et M. K. Banks. « *Phytoremediation of Aged Petroleum Sludge. Effect of Irrigation Techniques and Scheduling* ». *Journal of Environmental Quality* 2001, 30:1516-1522

5.4. Rizo-degradare

Este utilizat mai mult pentru tratarea poluării cu hidrocarburi. Este realizat de plante și mai ales de microorganisme rizo-carpice (care trăiesc în rădăcini).



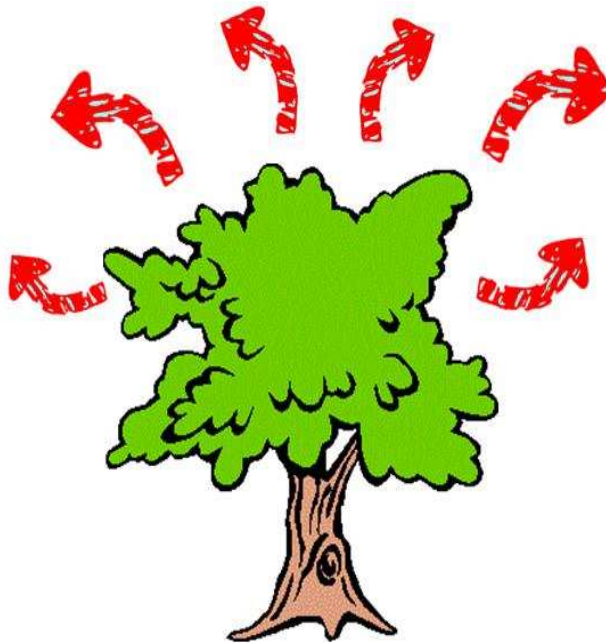
Principiu: microorganismele care trăiesc în rădăcinile plantelor, vor degrada hidrocarburile incorporate în sol. O concentrație de 7 tone pe hectar a poluantului permite o creștere normală a plantei și un ritm de degradare ridicat de microorganisme care trăiesc în rizosferă⁽¹⁰⁾. Aceste microorganisme pot fi bacterii precum *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Micrococcus* sau ciuperci precum *Aspergillus* sau *Penicillium* și au capacitatea de degradare a compușilor organici prezenți în sol. Fiind heterotrofe, vor lua ca hrană această materie organică după ce l-au degradat prin enzimele pe care le secretă. Aceste organisme trăiesc în mod natural în sol. Înșă, s-a demonstrat că prezența unor plante pe sol poluat, le cresc eficiența .

¹⁰ Chaîneau et al., 1995

5.5. Fito-volatizare

Plantele pot degrada de asemenea poluanți organici în celulele lor. Într-adevăr, aceste plante nu se comportă ca plante folosite la fito-extracție pentru ca nu sunt tolerante poluanților organici, nici hiper acumuloare. Inșă, pot absorbi poluanți, să ii degradeze și să ii respinga în atmosferă.

Poluanții și mai ales azotul, seleniu sunt predați bio-disponibile după călătoria lor în sanul plantei. Apoi, sunt evaporati în atmosferă prin frunze.



Unul dintre cei mai cunoscuti copaci care au această proprietate este plopul : permite o creștere rapidă, o capacitate de adaptare la diverse climate și permite eliminarea poluanților din sol⁽¹¹⁾.

¹¹ a vedea <http://echo.epfl.ch/e-drologie/chapitres/chapitre4/chapitre4.html>

5.6. Alte metode: fito-restaurare sau rizo-filtrare (pentru apele uzate)

Rizo-filtrarea folosește pentru depoluarea organică a apelor uzate plantele care dezvoltă o mare rizosferă (volum de sol supus influenței activității rădăcinilor).

Această metodă era cunoscută de greci și romani precum și în China antică, pentru a trata poluarea. Efectul depoluant al macrofitelor este cunoscut empiric, însă în 1950, niște cercetări în Germania vor dovedi că nu plantele însele au o activitate depoluantă ci bacteriile care trăiesc în jurul rizomilor lor.



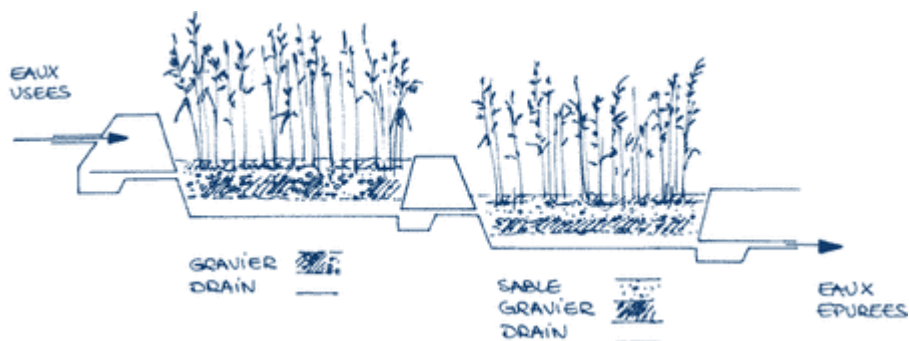
În Franța, în anii 1980, cercetările institutului Cemagref⁽¹²⁾ vor conduce la elaborarea filtrelor folosind stuful. În 1991, o societate privată, SINT⁽¹³⁾ lansează « phragmifiltre ». O altă societate, „Phytorestore” va dezvolta un sistem depoluant folosind macrofitele.

Această tehnologie poate înlocui avantajos tradiționala stația de epurare.

Apa trece printr-o sită unde este descotorosită de obiecte mari care nu pot fi degradate precum ambalaje de plastic, etc... și apoi este trimisă la primul etaj. Acest etaj se compune din 3 filtre paralele de la 0,6 la 2 mp pe locuitor și are o adâncime 0,2 – 0,6 m de masiv filtrant. Apa trece printr-un filtru fizic unde sunt oprite impuritățile și un filtru biologic datorită efectului bacteriilor. Al doilea etaj este compus din 2 filtre paralele, dimensionate de 0,4 la 1,5 mp pe locuitor pentru o adâncime de 0,3 - 0,5m de masă filtrantă și de dren. La acest nivel, apa trece doar la o tratare biologică.

¹² Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement

¹³ Societate de Inginerie Natura și Tehnica



Filtrele sunt constituite dintr- un substrat filtrant cu o granulometrie variabilă în funcție de adâncime. Drenul de ieșire limitează debitul. Capacitatea de percolare al filtrului este întotdeauna mai mare decât debitul apei la ieșire astfel încât apa poate sta pe filtru un timp necesar pentru tratare. Se consideră un debit de 0,05 litri de apa pe secundă și pe m² de filtru.

Planta folosită pentru astfel de epurare este stuful. S-a încercat alt tip de plante terestre și acvatice însă, datorită producției înalte de biomasă și de expunere îndelungată în apa, nu prea rezistă. Ei fixează nămolul și îi facilitează mineralizarea.

Astfel de filtre sunt estetice și nu necesită o curățare periodică. Sunt adaptate pentru localități care nu depășesc 2000 – 3000 de locuitori.

Exemplu: SAUDRUP pe malul fluviului MEUSE.

Înființare	Capacitate	Apa primită	Costul
1996	250 locuitori	200 locuitor	145 000 €

Număr de filtre	Suprafața totală	Alternanța
Primul etaj		
4	390 m-p	2 ori pe săptămâna
Al doila etaj		
2	270 m-p	Săptămânal

S-a observat un randament de 95% (poluanți reținuți prin filtrare față de poluanții total)

Fito-remediarea are multe puncte pozitive, pe plan de mediu și pe plan economic. Permite conservarea peisajului și de asemenea permite o activitate agricolă după depoluare. Pe plan economic, este mai avantajoasă decât alte metode. Fito-extracția permite producția produselor secundare precum metalele extrase din plante via cenuși. Aceste produse pot fi vândute și folosite. Arderea plantelor produce o energie care poate fi folosită.

Însă, fito-remediarea are limitele ei. Cea mai importantă este timpul de decontaminare. Fito-remediarea cere cel puțin 10 ani pentru a depolua un sol contaminat. Investiția este mică dar imobilizarea lungă a terenului poate fi o problemă economică.

Cercetările în Franța merg acum spre creația unor OGM care ar putea scurta durata tratamentului.

VI. Concluzii

Nici o metodă permite depoluarea completa a unui sol contaminat. Pentru a obține rezultate trebuie combinate mai multe metode.

Protecția mediului are numeroase subiecte precum reîncălzirea climatică, poluarea aerului, apelor și, mai puțin cunoscut, a solului.

Un sol poluat nu va recăpăta niciodată starea lui anterioară astfel încât, mai bine să nu poluezi decât să depoluezi un teren poluat. Cât cât îl vom lua în considerație și vom reacționa, mai bine vom putea stăpâni viitorul nostru, și vom păstra frumusețea și diversitatea planetei noastre pe care o vom transmite copiilor noștri.

