

# What's next ?!



- **Chapitre 01**

**Biotechnologies appliquées  
aux problématiques environnementales**

**BIOTECHNOLOGIES**



## Chapitre II : Biotechnologies appliquées aux problématiques environnementales

### Plan

#### **2. Biotechnologies appliquées aux problématiques environnementales**

2.1. Changement climatique et évolution des écosystèmes

2.2. Gestion des ressources microbiologiques, végétales et animales

2.3. Pollution agro-environnementales (eau, air, sols)

**Références et sources**

# Objectif de La biotechnologie **environnementale**

La biotechnologie **environnementale**

→ une voie vers le  
**développement durable**

# Rappelez vous !

- **L'environnement** est le milieu naturel dans lequel les êtres vivants évoluent.
- La gestion de l'environnement utilise depuis longtemps des procédés de biotechnologie au sens large du terme.
- **La biotechnologie environnementale** peut être considérée comme l'extension de celle de la **Biotechnologie**.

# Rappelez vous !

- Les biotechnologies sont des technologies mettant ***en œuvre des organismes vivants ou leurs composants*** (essentiellement des enzymes) afin de **produire ou de dégrader** des molécules, de développer des connaissances scientifiques ou des services.
- Les organismes vivants, qui peuvent être des ***animaux, des plantes ou des micro-organismes***, sont employés pour leurs propriétés naturelles ou sont génétiquement modifiés.

# Rappelez vous !

Ils sont exploités dans de nombreux secteurs. On distingue :

- **les biotechnologies dites rouges**, utilisées dans le secteur de la santé : développement d'outils de diagnostic, mise au point de thérapies géniques...
- **les biotechnologies dites blanches**, appliquées au secteur industriel: synthèse biologique de molécules ou d'actifs cosmétiques, dégradation des déchets ménagers...
- **les biotechnologies dites vertes**, exploitées dans le secteur agricole et agroalimentaire : dégradation des lisiers et autres déchets agricoles, production de denrées alimentaires...
- **les biotechnologies dites ocres**, employées dans le secteur de l'environnement : dépollution des sols et des eaux, fabrication de compost...

# Introduction

- ***La biotechnologie environnementale*** utilise les innovations de la biotechnologie et de la microbiologie pour résoudre les problèmes environnementaux.
- En favorisant l'étude précise et l'analyse systématique des écosystèmes naturels à l'échelle de la molécule, cette discipline émergente sert également à mieux **comprendre le fonctionnement de notre planète.**
- En liant écologie et biotechnologie, elle sert à développer de nouveaux procédés **bios, plus propres et plus compétitifs** pour assurer l'équilibre naturel de la planète et de la biosphère.

# Les principaux secteurs de la biotechnologie environnementale

- Les principaux secteurs d'activité concernés par la biotechnologie environnementale sont actuellement :
  - la décontamination des sites pollués,
  - le traitement et le recyclage des déchets et des odeurs (Un sachet de plastique nécessite 400 ans pour qu'il soit dégradé!!),
  - le traitement de l'eau,
  - la surveillance des agents pathogènes dans l'environnement
  - et les énergies renouvelables.

# Avantages



Les **biotechnologies** **problématiques** environ de nombreux avantages:

- **un coût inférieur** à celui des procédés de **dépollution physico-chimiques**
- protection de **la santé publique** et des **systèmes agricoles**
- **valorisation des déchets** et **préservation du patrimoine biologique**..





المركز الوطني للبحث في البيوتكنولوجيا  
Centre National de Recherche  
en Biotechnologie

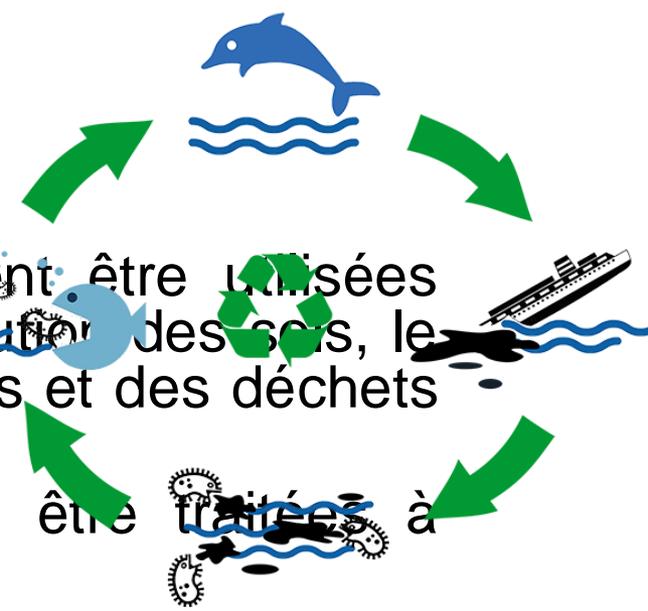
## Division Biotechnologie et Environnement

**Coordinateur de division :** GHERIB Abdelfettah

### **Thématiques de recherche :**

- Dépollution des écosystèmes aquatiques pollués par les activités *anthropiques* (Relatif à l'activité humaine. Qualifie tout élément provoqué directement ou indirectement par l'action de l'homme : érosion des sols, pollution par les pesticides des sols, relief des digues, ... . Du grec anthropos (homme).
- Phyto-remédiation et restauration des sols dégradés par les activités anthropiques
- Développement de bio-indicateurs de pollution et biomarqueurs de stress
- Valorisations des déchets pour des fins écologiques et socio-économiques

# Une gestion durable des déchets



- Les techniques de **bioremédiation\*** peuvent être utilisées dans diverses applications incluant la dépollution des sols, le traitement des eaux usées, des gaz polluants et des déchets solides.
- Les mauvaises odeurs peuvent également être traitées à l'aide de systèmes biologiques.
- Les produits ainsi *épurés* sont rejetés dans l'air, les égouts ou sont *enfouis*.
- Éventuellement, **ils peuvent être réutilisés**, par exemple le biogaz ou les composts issus des déchets municipaux.
- Cela permet d'assurer un allègement maximum des décharges et d'aboutir à une gestion des déchets durable sur le plan social, économique et environnemental.

La **bioremédiation** consiste en la décontamination de milieux pollués au moyen de techniques issues de la dégradation chimique ou d'autres activités d'organismes vivants.



## II- Biotechnologies appliquées aux problématiques environnementales



### Contenu de cours

- **Changement climatique et évolution des écosystèmes**
- Gestion des ressources **microbiologiques, végétales et animales**
- Pollution agro-environnementales (**Eau, Air, Sols**)

# Changement climatique et évolution des écosystèmes

- Le changement global, singulièrement le réchauffement climatique et l'augmentation de la fréquence des événements extrêmes, affecte les écosystèmes terrestres comme marins.

Les changements climatiques actuels sont très nettement conditionnés par

**le développement exponentiel des activités humaines**

et **surpassent largement les frontières de la variabilité naturelle.**



# Changement climatique et évolution des écosystèmes

Les écosystèmes terrestres et marins jouent un rôle essentiel dans la régulation du climat.

À l'heure actuelle, ils absorbent près de la moitié des émissions de dioxyde de carbone générées par l'homme.

Parallèlement, le changement climatique affecte les systèmes naturels.

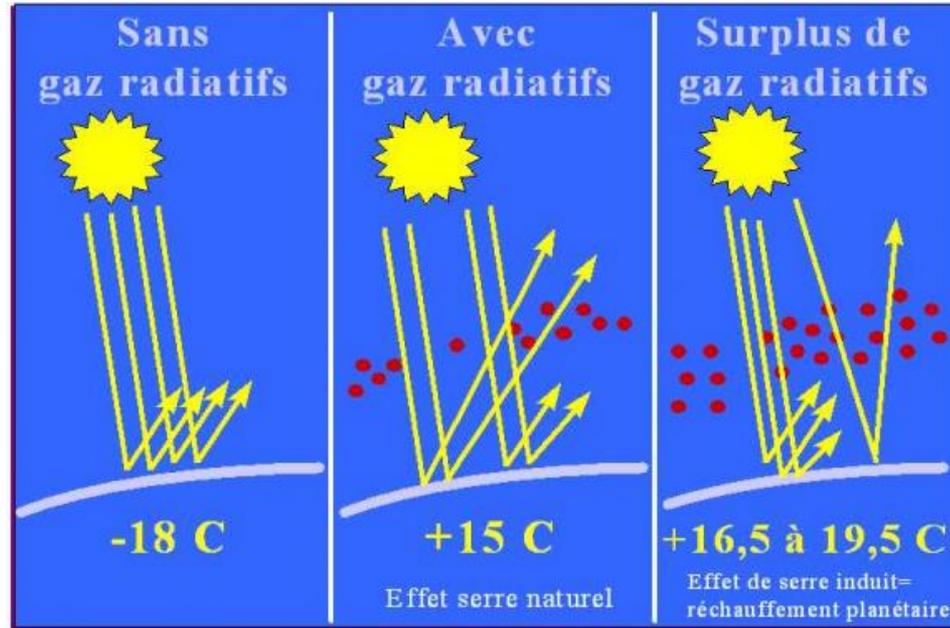


Figure 1 : L'effet de serre et son impact sur la température globale moyenne.

# Changement climatique et évolution des écosystèmes

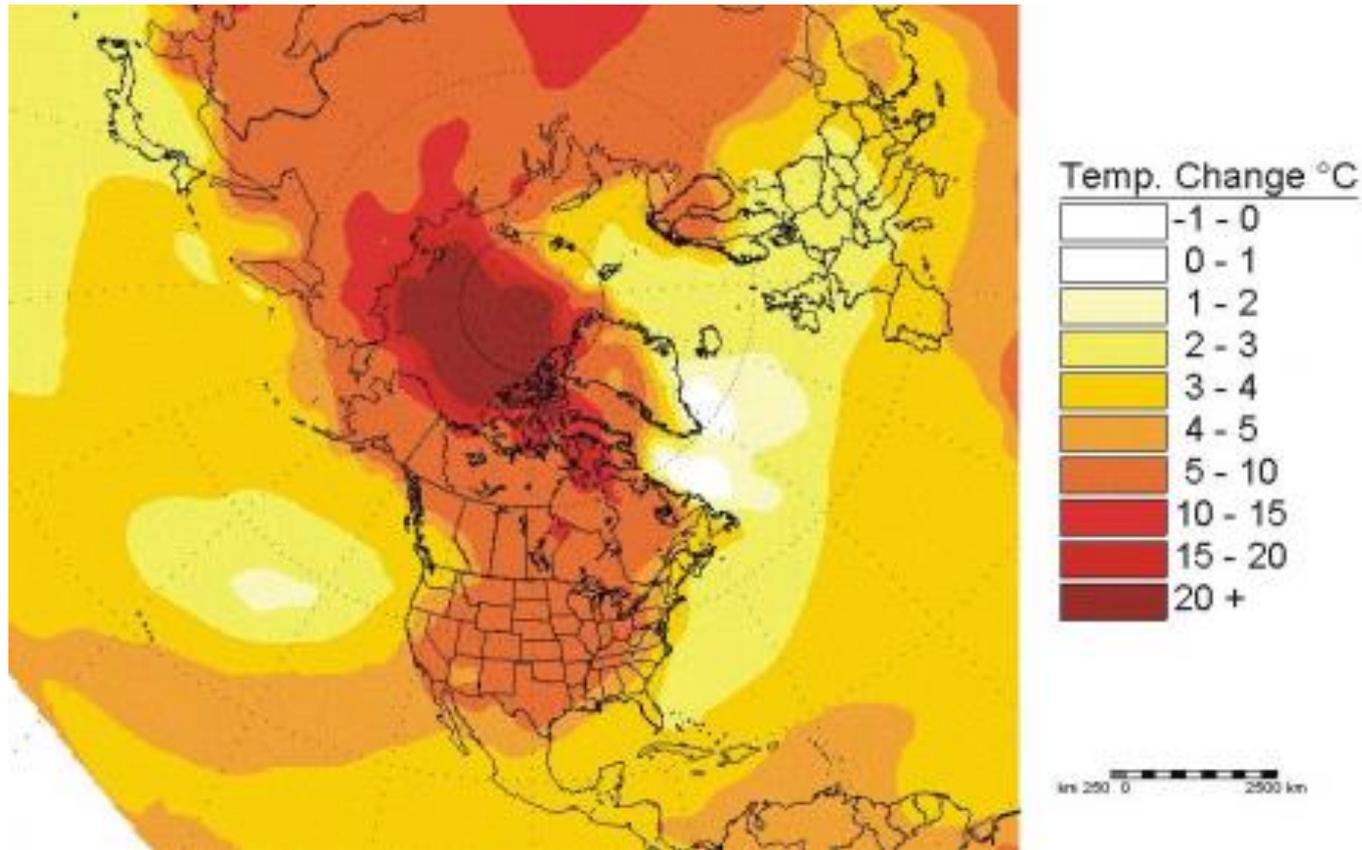


Figure 2 : Changement projeté de températures hivernales entre **1985 et 2090** considérant les effets combinés des augmentations prévues de gaz à effet de serre et d'aérosol de sulfate selon le Modèle Couplé de la Circulation Générale 1 d'Environnement Canada.



## II- Biotechnologies appliquées aux problématiques environnementales



### Contenu de cours

- Changement climatique et évolution des écosystèmes
- **Gestion des ressources microbiologiques, végétales et animales**
- Pollution agro-environnementales (**Eau, Air, Sols**)

## 2. Gestion des ressources microbiologiques, végétales et animales

- La gestion des ressources microbiologiques, végétales et animales a pour objectif :
  - d'organiser la collecte et la conservation des ressources génétiques des espèces utilisées et sélectionnées par l'homme, et ce sous forme d'échantillons du patrimoine génétique animal, végétal et microbien ;
  - de promouvoir la recherche dans le domaine de la conservation des ressources.

## Gestion des ressources microbiologiques, végétales et animales

- Ainsi, la gestion de ces ressources vise à sauvegarder les variétés végétales sélectionnées, les races animales et les souches microbiologiques utiles qui participent à l'histoire de l'homme et à son alimentation.

## Gestion des ressources microbiologiques, végétales et animales

- La conservation du patrimoine génétique se fait par aide à la préservation des espèces dans leur milieu lorsque c'est possible (conservation *in situ*),
- et par recueil et/ou cryoconservation des patrimoines génétiques (conservation *ex situ*).

# La conservation in situ

- C'est une technique de conservation de la faune et de la flore sauvages qui intervient sur le terrain dans le milieu naturel.
- C'est le processus de protection des espèces animales ou végétales en voie d'extinction dans leur milieu naturel, soit par protection ou assainissement de l'habitat lui-même, ou en défendant les espèces des prédateurs.
- L'avantage de la conservation in situ est qu'elle maintient la restauration des populations dans le milieu même où se sont développés leurs caractères distinctifs.



Les lieux de [conservation](#) des [espèces animales](#) ou [végétales](#) sont alors situés dans la [nature](#) ([réserves naturelles](#), [parcs naturels régionaux](#), [parcs nationaux](#) ou transnationaux, etc.).

# La conservation in situ

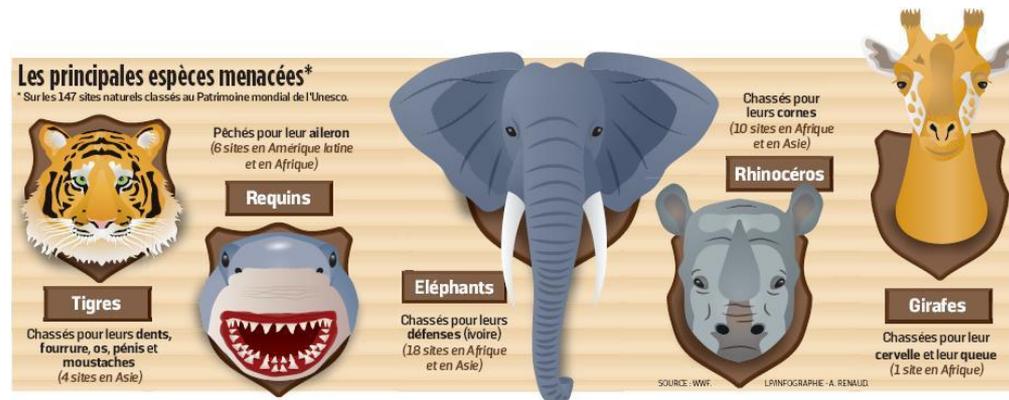
- La conservation de la nature est principalement fondée sur la conservation in situ. Il s'agit de la protection des habitats fauniques et floristiques. Aussi, les réserves sont maintenues suffisamment grandes pour permettre aux espèces visées d'exister en grand nombre. La taille de la population doit être suffisante pour permettre une [diversité génétique](#) nécessaire à la survie de cette population, de sorte qu'elle a de bonnes chances de continuer à s'adapter et à évoluer avec le temps. Cette taille des réserves peut être calculée, pour les espèces visées, par l'examen de la densité de la population dans des situations naturelles. Les réserves doivent être protégées de toute intrusion, ou de la destruction par l'homme, et contre d'autres catastrophes.

# La conservation *ex situ*

- La **conservation *ex situ*** signifie littéralement la conservation « hors site ». La conservation *ex situ* est une technique de conservation de la [faune](#) et de la [flore](#) sauvages qui intervient hors du [milieu naturel](#). Ce processus de protection d'une espèce menacée de plante ou d'animal permet d'enlever une partie de la population de l'habitat menacé et de la placer dans un nouvel environnement, qui peut être une aire sauvage ou sous les soins de l'homme.
- Les lieux de [conservation](#) des [espèces animales](#) ou [végétales](#) peuvent être :
- des [jardins zoologiques](#), des [parcs animaliers](#), des [parcs de vision](#) pour les espèces animales [terrestres](#) ;
- des [aquariums publics](#) pour les espèces animales aquatiques ;

# La conservation *ex situ*

- En dernier recours, la [conservation ex situ](#) peut être utilisée sur tout ou partie de la population concernée, lorsque la conservation in situ est trop difficile, voire impossible.
- Les parcs naturels sont sujets à de graves problèmes de braconnage, notamment en Afrique où des animaux de valeur sont attaqués (éléphant, panthère...).



## Gestion des ressources microbiologiques, végétales et animales

- En ce qui concerne les espèces végétales cultivées, des réseaux informels associant acteurs publics et privés effectuent une conservation nécessitant des cycles de multiplication réguliers.



## II- Biotechnologies appliquées aux problématiques environnementales



### Contenu de cours

- Changement climatique et évolution des écosystèmes
- Gestion des ressources microbiologiques, végétales et animales
- **Pollution agro-environnementales**  
(Eau, Air, Sols)



# Microorganismes ?



- Êtres vivants unicellulaires microscopiques
- Possèdent tout l'équipement enzymatique pour assurer leur métabolisme lorsqu'ils sont en présence d'une alimentation composée d'éléments chimiques simples (C, N, oligoéléments...)
- Véritables usines cellulaires



# Questions

- ❏ **Comment la biotechnologie nous vient-elle en aide dans nos efforts de décontamination de l'air, de l'eau et du sol ?**



# Ce qu'il faut savoir sur la biotechnologie



- science née lorsque l'homme a commencé à utiliser des microorganismes dans différents procédés de fabrication (pain, vin, fromage)
- aujourd'hui, on entend par biotechnologie toutes les utilisations industrielles d'organismes vivants
- science qui se situe au carrefour de la chimie, de la biologie et du génie génétique .



Avant que la biotechnologie nous offre des bactéries gloutonnes pour décontaminer, comment nettoyait-on l'air, l'eau et le sol?



<b>Méthodes physico-chimiques</b>	<b>Contaminants</b>
<b>Filtre ou colonne de rinçage</b>	<b>vapeurs toxiques dans l'air</b>
<b>Précipitation avec chlorure ferrique</b>	<b>matières organiques dans l'eau des égouts</b>
<b>Membrane d'encapsulation souterraine</b>	<b>essence dans le sol</b>



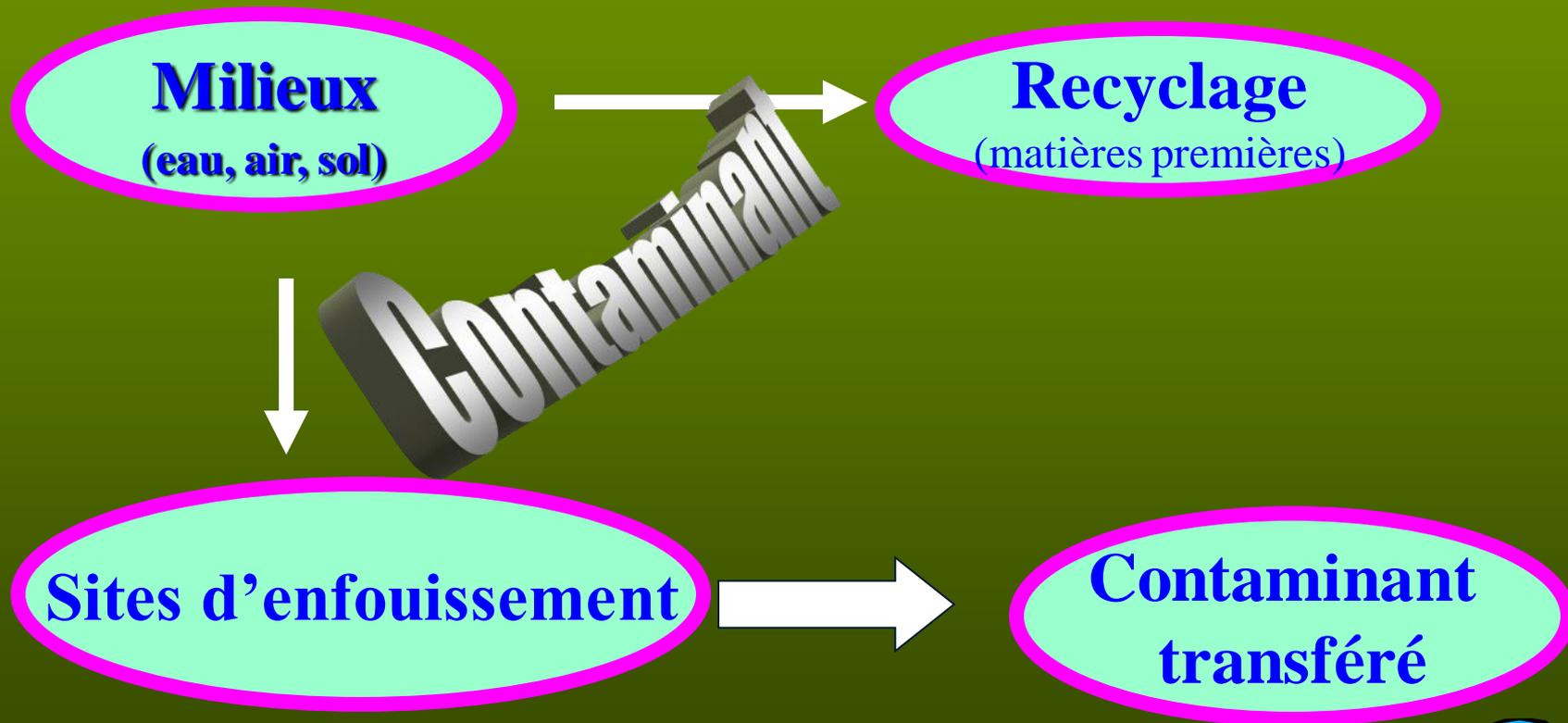
# Quelques exemples de bactéries et les contaminants utilisés



<b>Bactéries</b>	<b>Contaminants</b>
<i>Pseudomonas</i>	vapeurs toxiques dans l'air
<i>Streptothrix hyalina</i>	matières organiques dans l'eau des égouts
<i>Micrococcus</i>	essence dans le sol



Mais alors, si les méthodes physico-chimiques fonctionnent, quel avantage y a-t-il à utiliser les méthodes biologiques?





- ❑ Les bioprocédés de dépollution sont plus intéressants que les techniques physico-chimiques dans la mesure où l'efficacité/coût est bien supérieure (l'attaque gloutonne des bactéries permet une ÉLIMINATION complète du contaminant avec une consommation en énergie négligeable)
- ❑ Seul inconvénient : leur lenteur



# Biodépollution



 l'ensemble des procédés d'élimination de polluants, organiques ou minéraux, présents dans les milieux naturels par l'action de microorganismes.

 quatre types de procédés:

- **Biodégradation:** Décomposition d'un substrat organique, par action de microorganismes vivants.
- **Bioréduction:** Réduction des composés oxydés (nitrates, oxydes métalliques) par voie biologique
- **Biolixiviation:** Extraction des métaux contenus dans une boue, un sol, un sédiment ou un minéral par solubilisation provoquée par des microorganismes.
- **Biofixation/Biosorption:** "Fixation" de polluants, la plupart du temps, métalliques, présents dans un effluent liquide sur des microorganismes

# Types de polluants



composés chimiques

métaux

substances organiques

- **essentiels à la vie à très faibles doses** (oligoéléments= Na, K, Mn, Ca...), car ils sont impliqués dans le métabolisme cellulaire
- **non essentiels à la vie, métaux lourds** (Cd, Hg, Al et Pb) généralement présents à l'état de trace dans la biosphère

- **les hydrocarbures pétroliers** (gasoils, fuels, essences, kérosènes...)
- **déchets de l'exploitation du pétrole** (boues et résidus d'huiles[goudrons])
- **résidus organiques de l'industrie chimique** (alcools, acides ...)
- **composés organiques halogénés** (herbicides, fongicides, insecticides)



# Biodépollution de l'eau



- origine principale de la pollution de l'eau: l'activité humaine (industries, agriculture, décharges...)
- l'épuration biologique des eaux: procédé le plus utilisé pour restaurer la qualité de l'eau (cultures bactériennes libres (boues activées) ou fixées (lits bactériens et biofilms))
- Au Canada: mise au point d'un modèle pilote de réacteur en circuit fermé pour l'épuration des eaux usées : "REDSTAR" (REacteur à Disques STérilisables Amovibles Rotatifs) (culture de souches sélectionnées)



# pollution de l'air

- indicateurs actuels: oxydes de S, O, N, l'ozone et les particules en suspension. Les composés organiques volatils (C.O.V.), sont des molécules carbonées ( hydrocarbures aliphatiques et aromatiques)
- Les C.O.V. responsables de nuisances olfactives et parfois sont cancérigènes. Les méthodes physico-chimiques (incinération ou oxydation thermique) d'élimination des C.O.V., présentent des limites (apport d'énergie important et dégagement de composés toxiques).
- Une voie possible pour la dégradation des C.O.V. : avoir recours à des micro-organismes capables de les utiliser comme sources d'E et/ou de C)



## systemes de biodépollution de l'air (1)

La plupart des composés gazeux ne sont pas biodisponibles pour les microorganismes. Ils deviennent accessibles aux microorganismes lorsqu'ils se trouvent en solution.

⇒ biofiltres construits sur le principe d'une colonne de lavage, associée à un bioréacteur ( utilisation de cultures spéciales).

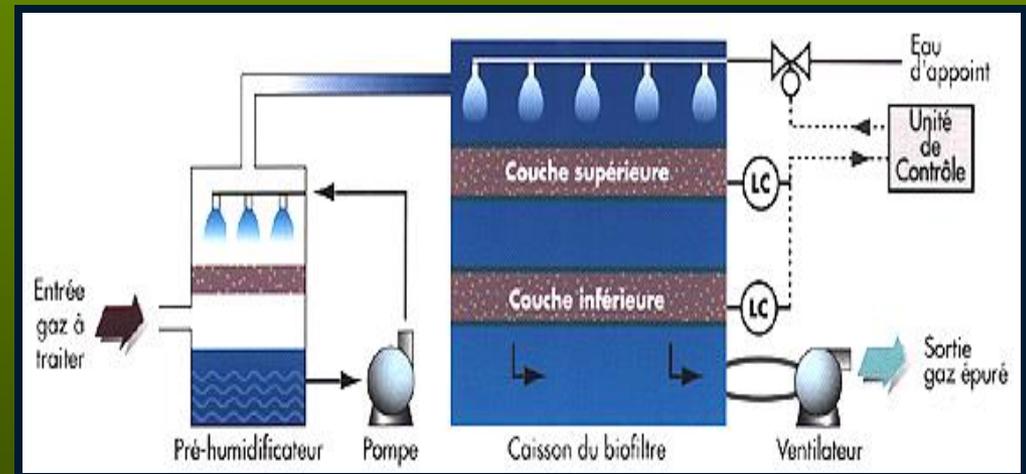


## systemes de biodépollution de l'air (2)

- En 1997, en Lausanne on a mis en service une unité de biofiltration pour l'épuration des émissions industrielles gazeuses contenant des solvants (brevet BioVent)
- Technique: Immobilisation de bactéries sélectionnées sur des biofiltres
- Résultat: réduction de la teneur en solvants toxiques jusqu'à 90%



# Exemple de biofiltre pour effluents gazeux (modèle Bioton)



05 juin 2001

Journée Mondiale de  
l'Environnement

39



# Biofiltre



Un **biofiltre** est un moyen utilisé pour le traitement des eaux polluées (biofiltration), ou de polluants gazeux en solution dans l'eau. Il constitue une autre technique d'épuration biologique à cultures fixées. Cette méthode est le plus souvent utilisée pour le traitement des eaux urbaines.

Un biofiltre peut être un dispositif d'épuration de l'air intérieur utilisant des plantes en pots (voir par exemple le programme Phyt'air) ou un mur végétalisé. L'efficacité de ce dispositif est remise en cause par l'ADEME en 2013<sup>[1]</sup>

Il peut aussi permettre de traiter des gaz ou des fumées chargés en composés organiques volatils, en solubilisant ces derniers dans de l'eau traitée ensuite selon les méthodes de la section suivante.

**Dans le domaine de l'air**



# Biofiltre



## Dans le domaine de l'eau

Le premier biofiltre[2] a été introduit en Angleterre en 1893. Il s'agissait d'un lit bactérien utilisé pour traiter des eaux usées. Depuis, cette technologie est utilisée efficacement dans le traitement de différents types d'eau.

En Europe, depuis le début du XXe siècle, on utilise le traitement biologique pour filtrer l'eau de surface afin de la rendre potable et cette technologie suscite aujourd'hui un intérêt grandissant à l'échelle planétaire.

La biofiltration est également utilisée couramment dans le traitement des eaux usées, l'agriculture et le recyclage d'eaux grises, car cette technologie permet de minimiser le renouvellement de l'eau tout en produisant une eau de meilleure qualité.





# Les plantes aussi !

les plantes absorbent 44 % de l'émission atmosphérique des hydrocarbures aromatiques polycycliques émis dans l'atmosphère

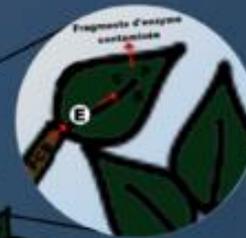
# GRANDS PRINCIPES DE LA PHYTOREMEDIATION

## PHYTO

### VOLATILISATION

Certaines plantes absorbent des contaminants et les libèrent dans l'atmosphère par la transpiration. Le contaminant arrive au niveau des feuilles, est transformé ou dégradé pour créer une substance moins toxique puis est libéré dans l'air.

Cette technique n'est possible que pour un très petit nombre de métaux. La volatilisation s'effectue tout au long de la vie de la plante, elle est donc continue.

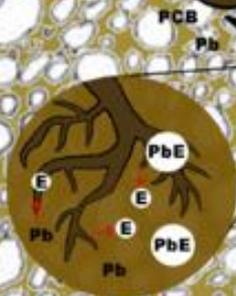


## PHYTO DEGRADATION

Des plantes absorbent et décomposent les contaminants par la libération d'enzymes ainsi que par des processus métaboliques comme l'oxydation et la réduction. Par ces processus les polluants organiques sont dégradés et incorporés dans la plante ou libérés dans le sol.

## PHYTO STABILISATION RHIZO FILTRATION

Certaines plantes peuvent séquestrer (rhizofiltration) ou immobiliser (phytostabilisation) les polluants en les absorbant au sein de leurs racines. Elles peuvent également libérer une enzyme qui convertit les contaminants en molécules moins toxiques. Cette stabilisation limite la migration des éléments nuisibles dans le sol par la lixiviation, l'eau et le vent.



## PHYTO EXTRACTION

Certaines plantes absorbent les contaminants (surtout les métaux, les métalloïdes et les radionucléides) avec leurs racines et les accumulent en grandes quantités dans leurs tiges et les feuilles. Ces plantes doivent être récoltées et éliminées comme des déchets spéciaux.

Ces plantes hyperaccumulatrices sont nombreuses pour le nickel (plus de 300 taxons), pour le cobalt et pour le cuivre. Leur diversité est plus faible pour les autres éléments trace métalliques.



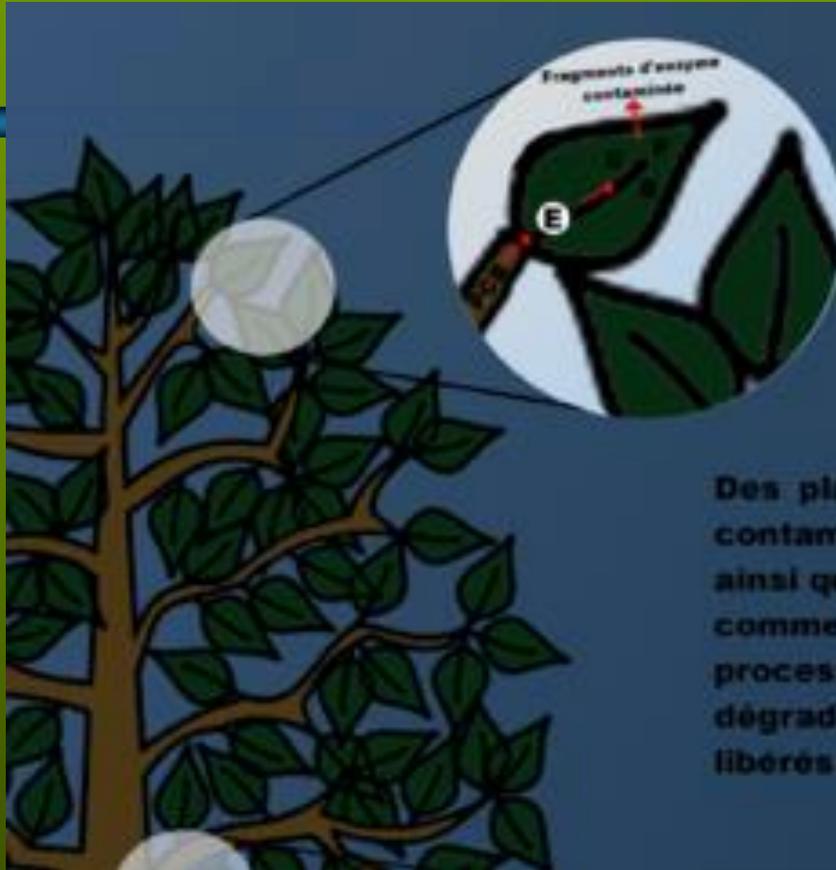
## PHYTO VOLATILISATION

Certaines plantes absorbent des contaminants et les libèrent dans l'atmosphère par la transpiration. Le contaminant arrive au niveau des feuilles, est transformé ou dégradé pour créer une substance moins toxique puis est libéré dans l'air.

Cette technique n'est possible que pour un très petit nombre de métaux. La volatilisation s'effectue tout au long de la vie de la plante, elle est donc continue.



Des pla  
contamin  
ainsi que  
comme l  
processu  
dégrader  
libérés d



## PHYTO DEGRADATION

Des plantes absorbent et décomposent les contaminants par la libération d'enzymes ainsi que par des processus métaboliques comme l'oxydation et la réduction. Par ces processus les polluants organiques sont dégradés et incorporés dans la plante ou libérés dans le sol.



## PHYTO STABILISATION RHIZO FILTRATION

Certaines plantes peuvent séquestrer (rhizofiltration) ou immobiliser (phytostabilisation) les polluants en les absorbant au sein de leurs racines. Elles peuvent également libérer une enzyme qui convertit les contaminants en molécules moins toxiques. Cette stabilisation limite la migration des éléments nuisibles dans le sol par la lixiviation, l'eau et le vent.



Sources : 1) Urbanomnibus, from brownfields to greenfields, a field guide to phytoremediation. 2) WJ



## PHYTO EXTRACTION

Certaines plantes absorbent les contaminants (surtout les métaux, les métalloïdes et les radionucléides) avec leurs racines et les accumulent en grandes quantités dans leurs tiges et les feuilles. Ces plantes doivent être récoltées et éliminées comme des déchets spéciaux.

Ces plantes hyperaccumulatrices sont nombreuses pour le nickel (plus de 300 taxons), pour le cobalt et pour le cuivre. Leur diversité est plus faible pour les autres éléments trace métalliques.  
to phytoremediation. 2) Wikimedia commons, meuble\_arbre.svg, 3) Wikimedia commons, loose\_soil.jpg.

Création graphique : Esthien Millescampx, Esthien Carvalho

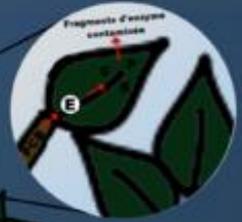


# GRANDS PRINCIPES DE LA PHYTOREMEDIATION

## PHYTO VOLATILISATION

Certaines plantes absorbent des contaminants et les libèrent dans l'atmosphère par la transpiration. Le contaminant arrive au niveau des feuilles, est transformé ou dégradé pour créer une substance moins toxique puis est libéré dans l'air.

Cette technique n'est possible que pour un très petit nombre de métaux. La volatilisation s'effectue tout au long de la vie de la plante, elle est donc continue.

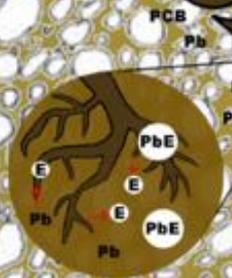


## PHYTO DEGRADATION

Des plantes absorbent et décomposent les contaminants par la libération d'enzymes ainsi que par des processus métaboliques comme l'oxydation et la réduction. Par ces processus les polluants organiques sont dégradés et incorporés dans la plante ou libérés dans le sol.

## PHYTO STABILISATION RHIZO FILTRATION

Certaines plantes peuvent séquestrer (rhizofiltration) ou immobiliser (phytostabilisation) les polluants en les absorbant au sein de leurs racines. Elles peuvent également libérer une enzyme qui convertit les contaminants en molécules moins toxiques. Cette stabilisation limite la migration des éléments nuisibles dans le sol par la lixiviation, l'eau et le vent.



## PHYTO EXTRACTION

Certaines plantes absorbent les contaminants (surtout les métaux, les métalloïdes et les radionucléides) avec leurs racines et les accumulent en grandes quantités dans leurs tiges et les feuilles. Ces plantes doivent être récoltées et éliminées comme des déchets spéciaux.



Ces plantes hyperaccumulatrices sont nombreuses pour le nickel (plus de 300 taxons), pour le cobalt et pour le cuivre. Leur diversité est plus faible pour les autres éléments trace métalliques.

Sources : 1) Urbanomnibus, from brownfields to greenfields, a field guide to phytoremediation. 2) Wikimedia commons, meuble arbre.svg. 3) Wikimedia commons, loose soil.jpg.



# Biodépollution des sols



- ❏ le processus le plus naturel de dépollution d'un sol fait intervenir les micro-organismes telluriques: **bioremédiation** (utilisation des polluants comme source de C et/ou d'E)
- ❏ Le développement de nouveaux procédés biotechnologiques pour épurer les sols de toxiques vise le plus souvent à augmenter les propriétés dépolluantes de microorganismes existants: **biostimulation**
  1. vérifier si la flore bactérienne "autochtone", est capable d'assainir le site.
  2. Prélever des échantillons sur le site contaminé et voir lesquels des microorganismes présents, survivent à une forte concentration du toxique,.
  3. améliorer de façon ciblée les conditions de l'environnement sur place (par l'apport de nutriments par ex.)



# Biodépollution des sols (2)

- **Bioaugmentation**: apport artificiel de souches bactériennes sélectionnées et cultivées en laboratoire
- La réussite d'une bioremédiation dépend de la forme sous laquelle se présente la substance à éliminer (**biodisponibilité**):
  - substances hydrosolubles (comme les pesticides) se retrouvent dans la nappe phréatique (donc traitement de l'eau)
  - toxique "reste accroché" dans la structure complexe du sol (donc problème)



# Un exemple en France

## dégradation des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)



- \*- Les bactéries classiques sont efficaces pour la dégradation des molécules composées de 1 à 3 noyaux benzéniques (solubilité)
- \* découverte de souches de champignons (pourriture blanche) qui dégradent les HAP à plusieurs noyaux . Ces organismes ont la particularité d'attaquer les polluants par des enzymes extracellulaires
- \* procédé permettant de produire industriellement des champignons filamenteux capables de dégrader ces HAP complexes par inactivation d'une enzyme (la catéchol dioxygénase) qui bloque l'ouverture du noyau benzénique et empêche ainsi la biodégradation.



# Un exemple au Canada



**Pile de sol contaminé**



**Tuyau d'aération**



# Cas des métaux lourds



Filtres souillés par les cendres sont traités par biolixiviation (immersion dans des solutions contenant des **thiobactéries**, des champignons - *Aspergillus niger*-):

- cendres peuvent servir de charges pour matériaux de construction
- métaux extraits réutilisés.



# Plantes Métallophages

- A l'échelle mondiale, on a décrit plus de 400 espèces de plantes "métallophages", capables d'absorber 0.1 à 1% de métal dans leurs bourgeons (moutarde dite de Bombay, le tabac et certaines variétés de saules).
- Après la récolte, les plantes gorgées de métaux lourds doivent être incinérées.



# Conclusion

- L'importance des problèmes d'environnement
- La biodépollution prend de plus en plus de place face aux techniques chimiques
- La biodépollution exploite à la fois la diversité génétique et la versatilité métabolique des micro-organismes pour transformer les polluants en sous-produits moins toxiques qui seront intégrés dans les cycles biogéochimiques
- Les micro-organismes permettent l'élimination d'un nombre important de composés xénobiotiques

# Sources

- <https://www.wikiwand.com/fr/>
- ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

# Objectif de La biotechnologie environnementale

## La biotechnologie **environnementale**

➔ une voie vers le **développement durable**



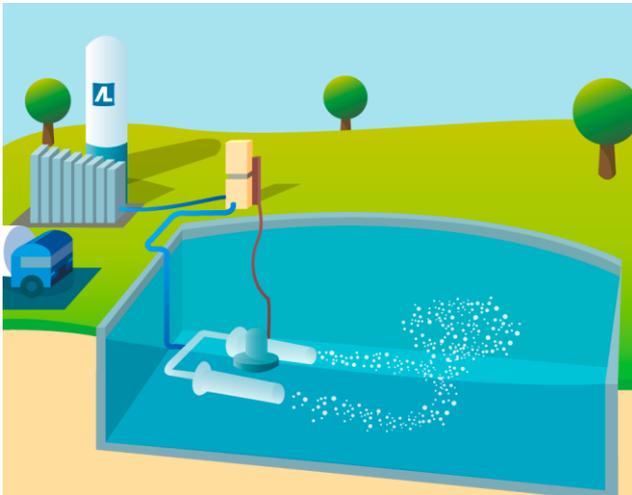


# Risques professionnels

- Ces derniers peuvent vivre dans un environnement pollué en se nourrissant du polluant présent qui est alors dégradé.
- Parmi les micro-organismes présents dans les eaux usées des stations d'épuration, certains (bactéries, moisissures, virus, parasites) peuvent présenter des risques pour la santé des salariés.

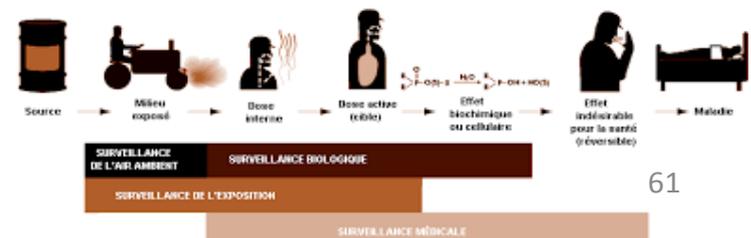
# Risques professionnels

- Les biotechnologies sont utilisées en dépollution des sols, secteur dont Les techniques de dépollution biologique sont les plus utilisées (**47 % des terres traitées**).



# Risques professionnels

- Ces microorganismes se trouvent également dans les boues, sur les surfaces en contact avec l'eau ou les boues, ainsi que dans l'air ambiant sous forme d'aérosols générés, notamment, par des jets d'eau à haute pression...
- Des mesures collectives et individuelles de prévention des **risques biologiques** doivent être appliquées de façon à protéger les salariés.



# Risques professionnels



- Les biotechnologies sont à l'origine d'applications extrêmement variées, qui se retrouvent dans de nombreux secteurs professionnels.
- Ces technologies génèrent des **risques professionnels** déjà connus par ailleurs (biologiques, chimiques...), qui doivent être évités en suivant les démarches de prévention habituelles.
- Cependant, les biotechnologies génèrent un risque spécifique, lié à la construction ou l'utilisation d'organismes génétiquement modifiés. Dans ce cas, l'évaluation des risques et des mesures prévention, effectuée de façon collégiale (chercheurs, services de prévention), est validée par des instances de ministères.

# Risques professionnels



- Une analyse des risques de premier niveau montre que le personnel opérant sur ces chantiers peut être exposé à des agents biologiques mais également à des polluants chimiques dont la nature dépend de l'activité de l'entreprise occupant anciennement le site.

# Risques professionnels



- L'**INRS** débute une campagne de mesurage afin d'identifier les principaux polluants chimiques et biologiques rencontrés sur ces chantiers de bio-dépollution des sols.
- Un certain nombre de mesures de prévention des risques peut d'ores et déjà être appliqué.



Institut National de Recherche et de Sécurité

# Risques professionnels

- Des micro-organismes sont également employés pour produire du compost, en dégradant la partie organique des déchets.
- Une étude INRS sur les risques chimiques et biologiques dans les plates-formes de compostage a mis en évidence un dégagement important **d'ammoniac**, dû à l'activité de la biomasse présente.
- Une autre étude épidémiologique conduite actuellement par l'INRS, recherche un lien possible entre **les problèmes respiratoires** observés chez les salariés des *centres de compostage et les expositions aux agents biologiques et chimiques*.