Biotechnologie microbienne

Sommaire

- **Introduction aux biotechnologies microbiennes : Définition, Histoire**
- **Les microorganismes d’intérêt biotechnologique**
- **Les procédés microbiens**
- **Applications environnementales**
  - Biodégradation, Bioremédiation
  - Diagnostique environnemental
- **Applications industrielles**
    - Fermentation
- **Applications agricoles**
    - OGM, Biofertilisants et Biopesticides
- **Applications médicales et pharmaceutiques**
- **Applications marines**
- **Éthiques et enjeux**

Biotechnologie microbienne

Introduction aux biotechnologies

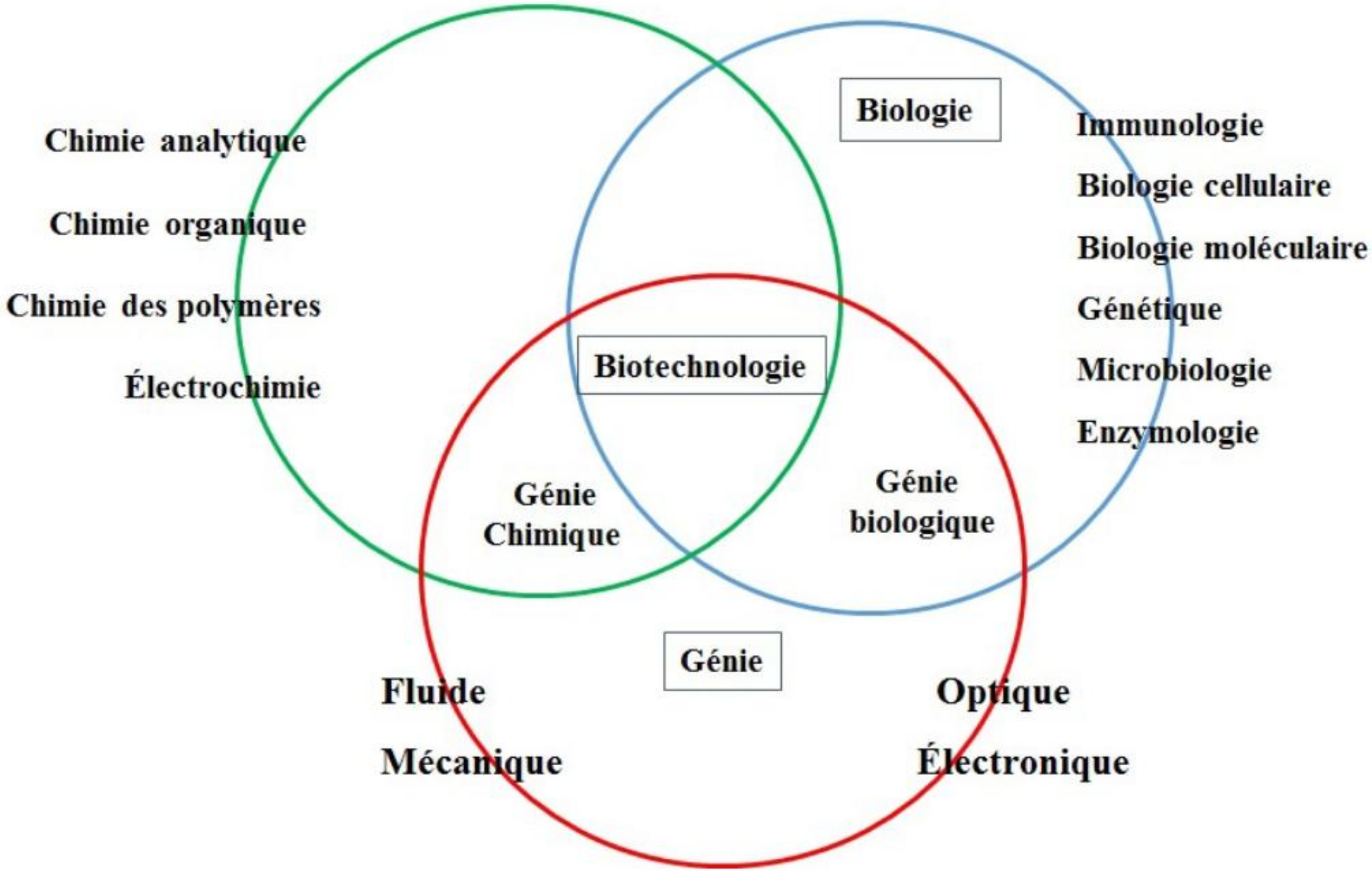
I.I. Définitions

La biotechnologie est une science multidisciplinaire qui englobe différentes techniques et procédés.

Le terme **Biotechnologie** a été utilisé par **Karl Ereky** en 1919.

Pour **Ereky**, le terme **biotechnologie** a indiqué le processus par lequel les matières premières pourraient être améliorées biologiquement en produits socialement utiles.

Selon l'Organisation de coopération et de développement économiques, l'OCDE, la définition des biotechnologies qui a été posée en 2005 est : « **L'application de la science et de la technologie à des organismes vivants, de même qu'à ses composantes, produits et modélisations, pour modifier des matériaux vivants ou non-vivants aux fins de la production de connaissances, de biens et de services** ».



Principales disciplines contribuant aux biotechnologies

I.II. Histoire des biotechnologies

<u>Biotechnologies anciennes ou de premières générations :</u>

La biotechnologie est mise en place par l'humanité, de manière empirique, depuis plus de 5 000 ans. Dès le début de la domestication des plantes et des animaux (l'apparition de l'agriculture et de l'élevage), l'homme s'est intéressé à la transformation des produits de sa production agricole.

Exemple : Le lait en lait caillé en l'exposant aux bactéries ; La farine en pain en ajoutant de la levure.

Ces biotechnologies sont fondées sur la maîtrise des techniques métaboliques de fermentation et de transformation des substrats.



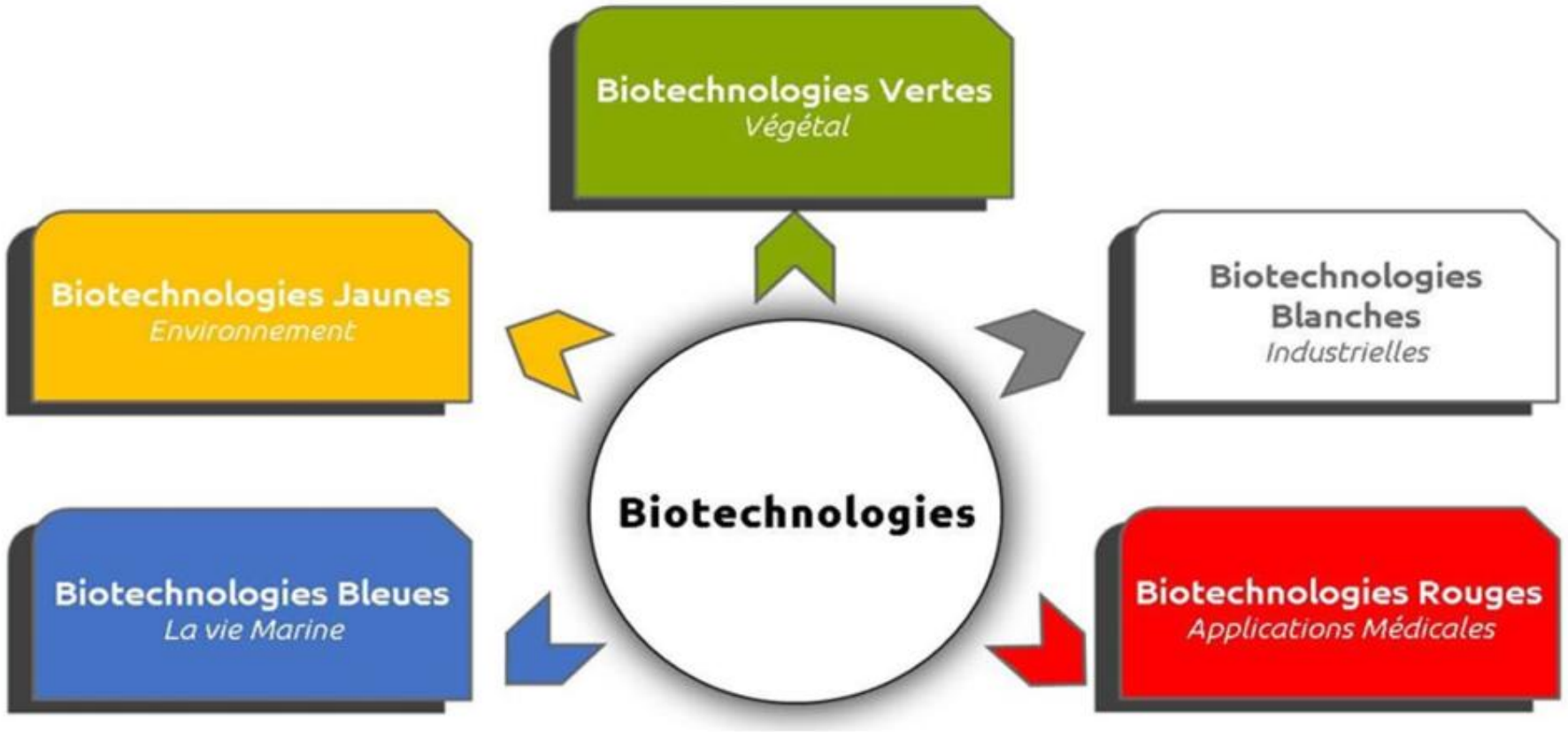
Biotechnologie de seconde génération :

L'évolution de la biotechnologie et l'élargissement de ces champs d'application sont fortement liés d'une part à la découverte et la compréhension de nouveaux concepts biologiques et surtout ceux de biologie moléculaire à savoir, l' ADN, le gène et son fonctionnent, et d'autre part avec le perfectionnement des procèdes techniques qui sont de plus en plus informatisés (numérisés)

Les biotechnologies modernes, basées sur la manipulation du ADN et sous-tendues par:

- Les techniques de génie génétique
- Les techniques de clonage des gènes et leur identification
- Les nanotechnologies
- La génomique (déchiffrage des génomes)
- La protéomique (technologie des protéines)

I.III. Applications



Principales applications de la biotechnologie

La biotechnologie rouge

La biotechnologie **rouge** rassemble toutes les utilisations de la biotechnologie liées à la médecine (santé humaine, médecine vétérinaire, cosmétologie, diagnostic, nouveaux procédés thérapeutiques moléculaires ou cellulaires), elle comprend la production de vaccins et d'antibiotiques, le développement de nouveaux médicaments, les techniques de diagnostic moléculaire, les thérapies de régénération et le développement du génie génétique pour guérir les maladies par la manipulation génétique.

Exemples : production de protéines recombinantes, production d'anticorps, production d'antimicrobiens...

La biotechnologie verte

La biotechnologie **verte** désigne les applications à l'agriculture. Elles recouvrent toutes les interventions *in vitro* sur les embryons, les organes, les tissus, les cellules ou l'ADN des végétaux (transgénèse, ou l'introduction de gènes d'intérêt d'une autre variété ou d'un organisme dans la plante). Elle permet de :

- Développer des plantes transgéniques pouvant croître dans des conditions environnementales particulières
- Maîtriser ou accélérer leur production, modifier leurs caractéristiques (création de nouvelles variétés, la production de biofertilisants et de biopesticides, développer des variétés ayant des propriétés nutritionnelles améliorées (ex: une teneur plus élevée en vitamines)

La biotechnologie bleue

La biotechnologie **bleue** repose sur l'exploitation des ressources maritimes pour créer des produits et des applications d'intérêt industriel. Compte tenu du fait que la mer présente la plus grande biodiversité, il existe potentiellement une vaste gamme de secteurs pour bénéficier de l'utilisation de ce type de biotechnologie.

De nombreux produits et applications de la biotechnologie bleue sont encore objet d'étude et de recherche, bien que certains d'entre eux soient réellement utilisés quotidiennement.

Exemples :

- l'isolement de molécules enzymatiquement actives, à partir des organismes marins, utiles dans le diagnostic et la recherche.
- Des matériaux comme les hydrocolloïdes et des gélifiants, sont déjà largement utilisés dans l'alimentation et la santé

La biotechnologie blanche

La biotechnologie blanche comprend toutes les utilisations de la biotechnologie liées aux procédés industriels.

Elle est moins consommatrice de ressources, que les procédés industriels traditionnels, ce qui la rend plus écoénergétique et moins polluante.

On trouve de nombreux exemples de biotechnologie blanche, comme l'utilisation de microorganismes dans la production de **produits chimiques**, la conception et la production de **nouveaux matériaux** à usage quotidien (matières plastiques, textiles ...) et le développement de **nouvelles sources d'énergie durables** comme les biocarburants.

La biotechnologie jaune

Les biotechnologies jaunes se rapportent aux biotechnologies utilisées dans la protection de l'environnement. Il s'agit d'utiliser les avancées biotechnologiques et microbiologiques afin de protéger et assainir l'environnement. En liant la biotechnologie à l'écologie, elles permettent de développer des procédés plus propres pour participer à l'équilibre.

Ses principaux secteurs sont la décontamination des sites pollués, le traitement et le recyclage des déchets, le traitement de l'eau, la surveillance des agents pathogènes dans l'environnement et les énergies renouvelables.

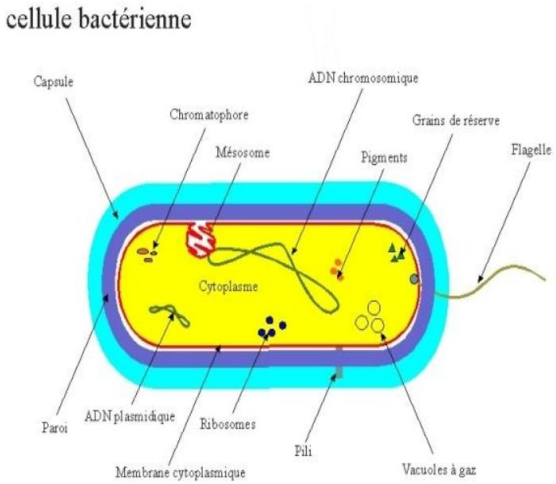
➢ Définition des micro-organismes

- Les **micro-organismes** (ou **microbes**) sont des **êtres vivants microscopiques**, c'est-à-dire **invisibles à l'œil nu**, qu'on ne peut observer qu'avec un **microscope**.

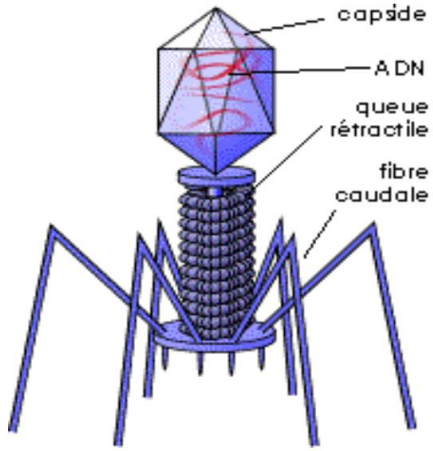
- Ils peuvent être **unicellulaires** (formés d'une seule cellule) ou **pluricellulaires très simples**, et vivent **partout dans la nature** : dans l'eau, le sol, l'air, les plantes, les animaux, et même dans le corps humain.

Type	Description	Exemple
Bactéries	Cellules simples sans noyau (procaryotes)	*Escherichia coli*, *Lactobacillus*
Champignons microscopiques	Peuvent être unicellulaires (levures) ou filamenteux (moisissures)	*Saccharomyces cerevisiae* (levure), *Penicillium*
Algues microscopiques	Contiennent de la chlorophylle, produisent de l'oxygène	*Chlorella*, *Spirogyra*
Protozoaires	Micro-organismes animaux unicellulaires	*Amoeba*, *Paramecium*
Virus	Particules infectieuses non vivantes sans structure cellulaire	Virus de la grippe, VIH

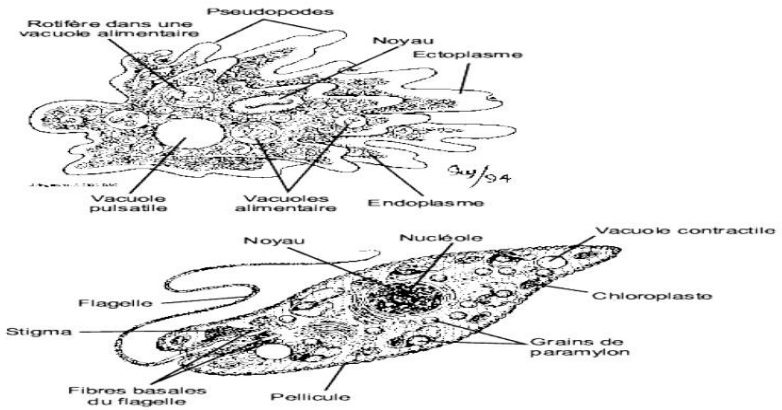
Bactérie



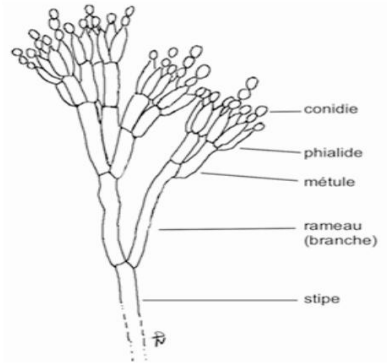
Virus

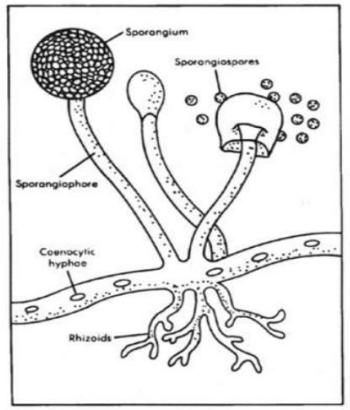


Protozoaires



Les mycètes



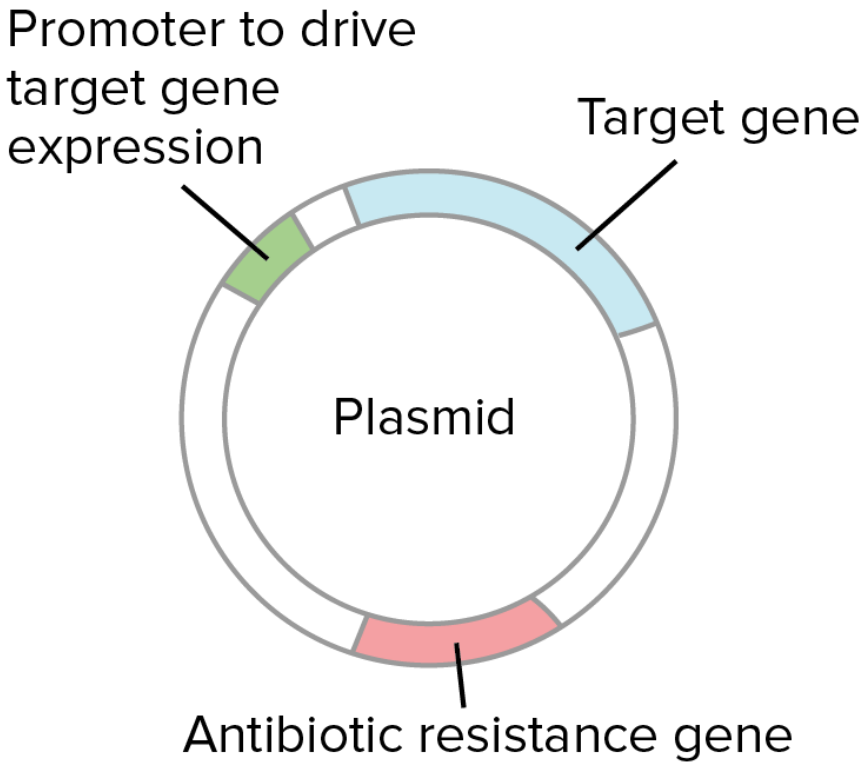






- On peut également transformer les microbes avec un gène d'intérêt de manière à ce qu'il produise une substance désirée.

Par exemple, **l'insuline humaine** est produite par des bactéries dans lesquelles le gène codant pour l'insuline humaine a été introduit



Biotechnologie microbienne

Les Procédés

Sélection des souches microbiennes :

Les produits microbiens d'intérêt biotechnologique comprennent :

- **Les cellules microbiennes elles mêmes** qui vont accomplir des réactions chimiques, comme exemples:
  - Les levures alimentaires destinés à la boulangerie, à la brasserie ou à la nourriture,
  - Les bactéries lactiques utilisées dans la fabrication du fromage.
- **Les métabolites élaborés par les cellules microbiennes**, comme exemples:
  - Les additifs alimentaires : aspartame
  - Les antibiotiques, les enzymes....

Les métabolites sont les produits intermédiaires du métabolisme. Il existe deux grandes classes de métabolites :

Les métabolites primaires : ils sont impliqués dans la phase de croissance en raison du métabolisme énergétique (glucides, lipides, acides aminés, nucléotides, produits de fermentation,...). Les voies de biosynthèse sont en général simples.

Exemple : l'alcool (éthanol) produit pendant la fermentation avec la levure et les bactéries. La formation de l'éthanol est parallèle à la croissance.

Les métabolites secondaires : Ils ne sont pas indispensables au développement de l'organisme, et n'ont pas de relation directe avec la synthèse des matières cellulaires et la croissance normale. Ils s'accumulent pendant la période qui suit la phase de croissance active. Les voies de biosynthèse complexes et longues,

spécifiquement à une espèce voire à une souche microbienne.

Exemple : antibiotiques, toxines, enzymes.

Critères de sélections des souches microbiennes :

La **souche de production** est le facteur le plus crucial pour le succès de tout procédés biotechnologiques entrepris. Elle doit présentée les propriétés suivantes :

- avoir une croissance rapide et à grande échelle
- production des métabolites à grande échelle sur un intervalle de temps court
- croissance sur des milieux de culture disponibles et bon marché (non exigeante)
- avoir des propriétés biochimiques stables
- facile à manipuler génétiquement
- non pathogène et sans production de sous-produits nocifs

Moyens d'obtention des souches microbienne :

- Il y a deux moyens d'obtentions des microorganismes
  - Soit les obtenir déjà isolées et purifiés à partir des collections de microorganismes (ATCC ou IP) , ces collections fournissent des souches pour l'enseignement, la recherche et l'industrie.
  - Soit les isoler à partir des habitats naturelles (sol, eau, matières organiques…). Pour cela, il faut envisager des moyens rapides et efficaces pour les isoler en utilisant des techniques reposant sur la combinaison en une seule étape **l'isolement** de la souche et **la mise en évidence de la propriété recherchés (Techniques de screening ou le criblage.**

Conservation des souches :

La conservation des souches microbienne a pour objectifs de

- garder leurs puretés
- garder les cultures vivantes sans multiplication
- conserver leurs propriétés d'origine

Deux facteurs sont pris en considération lors de la sélection d'une méthode de conservation pour une culture donnée.

- La durée de conservation souhaitée (conservation à court terme et à long terme)
- La nature de la culture à préserve

Criblage pour des molécules bioactives :

- Plusieurs techniques peuvent être mises en œuvre pour le criblage des molécules bioactives , en effet, on adapte la technique selon l'activité biologique recherchée.
- **Le criblage microbien** est un processus d'identification et de sélection de micro-organismes à partir d'un mélange, souvent réalisé pour trouver des souches produisant des substances utiles comme des enzymes ou des antibiotiques

1) Préparation de l'inoculum :

- En microbiologie, l'inoculum est un échantillon du matériel contenant des microorganismes utilisée pour initier une culture.
- Pour la biotechnologie, l'inoculum constitue l'ensemble de la biomasse nécessaire pour ensemencer un fermenteur de production de grande capacité.
- Le nombre de cellules microbiennes ou de spores utilisés pour inoculer de grandes quantités de milieu de production dans un fermenteur doit être suffisant pour compléter la fermentation en un minimum de temps.

2) Stratégies de criblages des antimicrobiens :

- Pour le criblage des antimicrobiens, la technique adaptée dépend du fait d'utiliser directement la souche (*Tests d'antagonisme*) ou bien l'extrait après sa production sur le milieu de culture et son extraction.
- Dans le cas d'utilisation de la souche d'intérêt directement, parmi les techniques les plus réalisées :
  - La technique de cylindre d'agar
    La technique de stries croisées
- Dans le cas d'utilisation des extraits, des surnageants ou de filtrats, les techniques les plus utilisées sont :
  - La technique des puits
  - La technique des disques en papier
  - La technique d'empoisonnement du milieu de culture

⚙ *Méthode : Technique de cylindre d'agar (Agar plug diffusion method)*

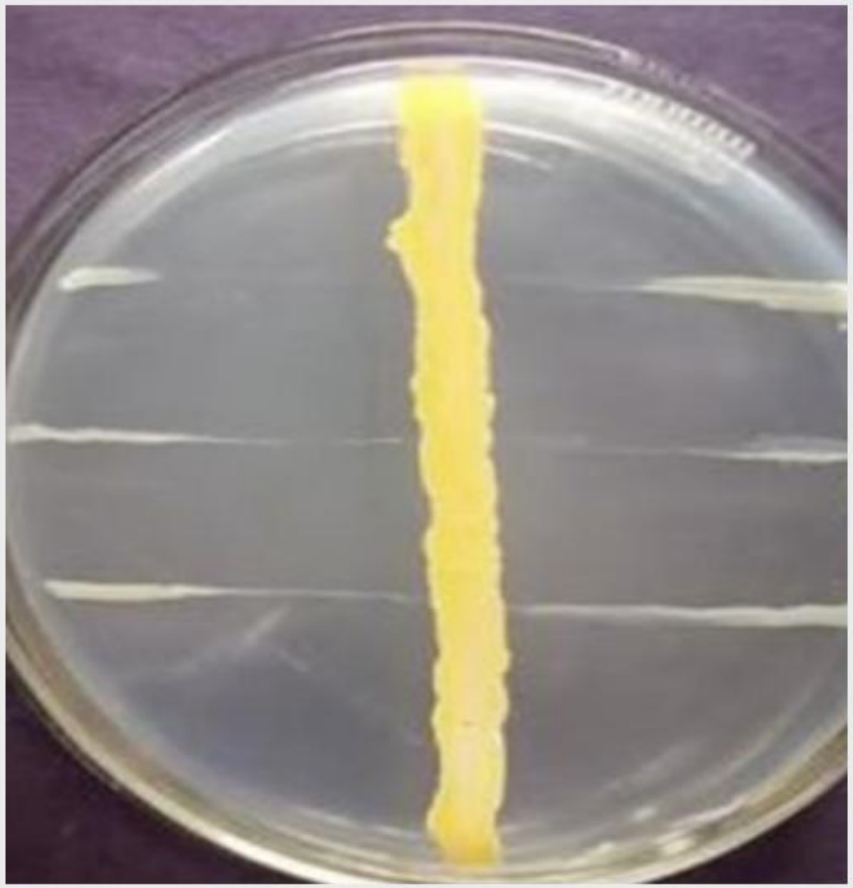


Technique de cylindre d'agar (Agar plug diffusion method)

Principe

- Ensemencer la souche d'intérêt en stries serrées sur le milieu gélosé adéquat,
- Incuber à température et temps idéaux pour sa croissance
- Prélever de cylindres d'agar de 6 mm de diamètre à l'aide d'un emporte pièce, et les déposer à la surface du milieu gélosé (Muller Hinton , Sabouraud) préalablement ensemencé par les germes test,
- Maintenir les boites à 4°C pendant 2h avant l'incubation
- Incuber à température et temps idéaux pour les germes test et mesurer les zones d'inhibition formées (24h à 37°C pour les bactéries et 48 à 72 h à 25°C pour les champignons).

Méthode : Technique de stries croisées (Cross streak method)

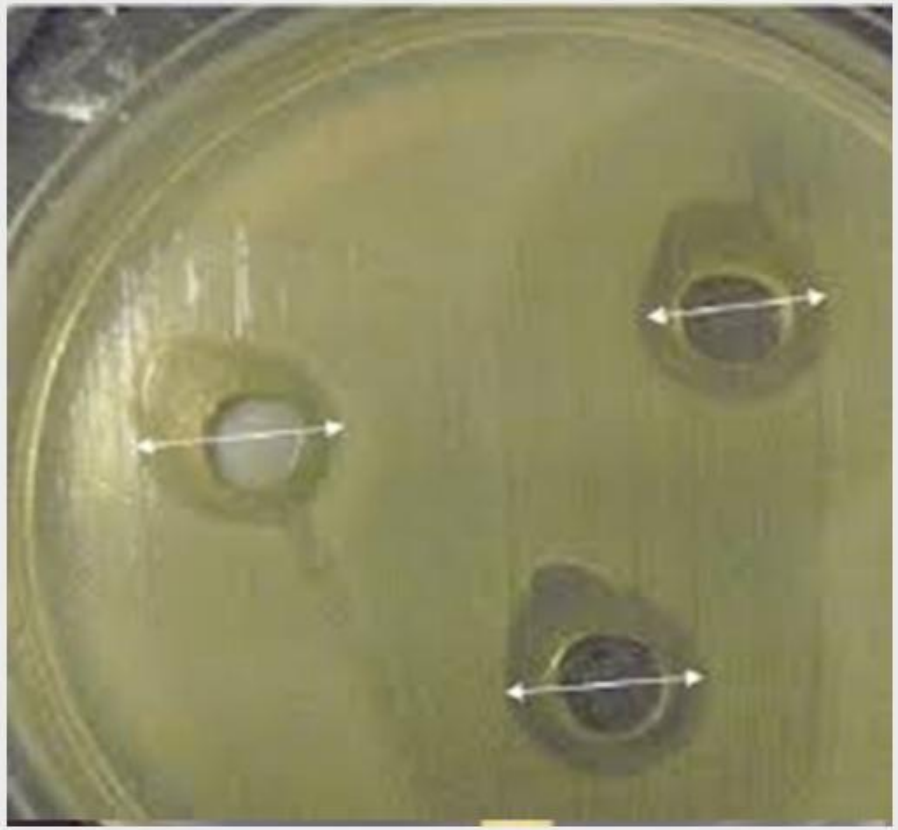


Technique de stries croisées (Cross streak method)

Principe

- Ensemencer la souche d'intérêt en un seul strie sur le milieu gélosé adéquat,
- Incuber à température et temps idéaux pour permettre la croissance (et production)
- Ensemencer les germes cibles en stries perpendiculaires (sur la même boite),
- Incuber à température et temps idéaux pour les germes cibles
- Mesurer les zones d'inhibition formées entre les bords de strie du souche productrice et des stries des germes cibles

Méthode : Technique des puits (Agar well diffusion method)

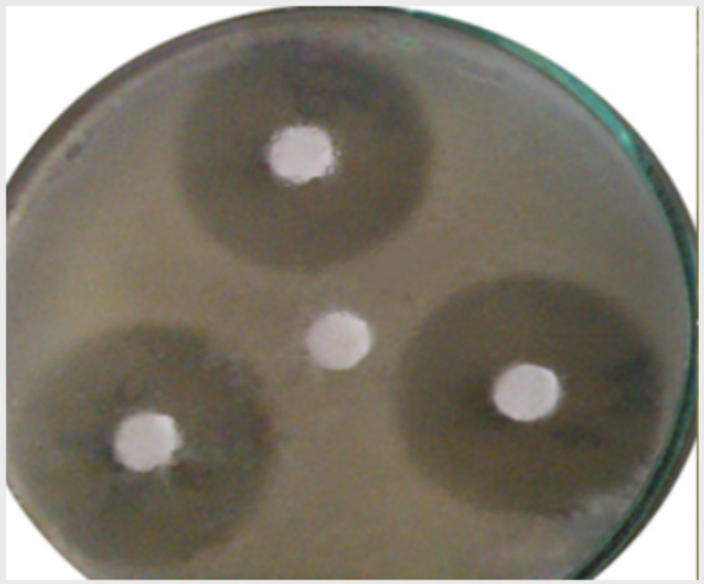


Technique des puits (Agar well diffusion method)

Principe

- Ensemencer germes cibles en stries serrées à la surface du milieu gélosé adéquat,
- Creuser des puits (6 mm de diamètre) dans la gélose à l'aide d'un emporte pièce
- Remplir les puits avec (50-100 µL) du surnageant, l'extrait ou le filtrat
- Maintenir les boites à 4°C pendant 2h avant l'incubation
- Incuber à température et temps idéaux pour les germes cibles
- Mesurer les diamètres zones d'inhibition formées.

Méthode : Technique des disques en papier (disc diffusion method)



Technique des disques en papier (disc diffusion method)

Principe

- Imbiber des disques de papier Whatman (N1) préalablement stérilisés à l'aide d'une micropipette et laisser sécher.
- Déposer les disques chargés, aseptiquement, à la surface de la gélose préalablement ensemencées par les germes cibles
- Maintenir les boites à 4°C pendant 2h avant l'incubation
- Incuber à température et temps idéaux pour les germes cibles
- Mesurer les diamètres zones d'inhibition formées.

Méthode : Technique d'empoisonnement du milieu de culture (Poisoned food method)



Technique d'empoisonnement du milieu de culture (Poisoned food method)

Principe

Elle est principalement utilisée pour évaluer l'effet antifongique contre les moisissures

- Incorporer le surnageant (filtrat ou extrait) dans la gélose en surfusion à une concentration déterminée.
- Homogénéiser, puis verser le milieu dans des boîtes de Pétri.
- Inoculer la gélose par un disque de mycélium (5 mm de Φ) en le déposant au centre de la plaque.
- Inoculer une boite contrôle (gélose sans surnageant) par un disque de mycélium de la même culture.
- Incuber dans des conditions adaptées à la souche fongique testée.
- Mesurer les diamètres de croissance fongique dans les boites de contrôle et d'échantillon.
- L'effet antifongique est estimé par le taux d'inhibition de la croissance mycélienne (%) selon la formule suivante : ***T= (Dc - Ds) 100 / Dc***
    - ***T :*** Taux d'inhibition de la croissance mycélienne en %.
    - ***Dc :*** Le diamètre (en mm) de la zone de la croissance mycélienne sur la boite contrôle
    - ***Ds :*** Le diamètre (en mm) de la zone de la croissance mycélienne sur la boite contenant le surnageant

Stratégies de criblages des enzymes :

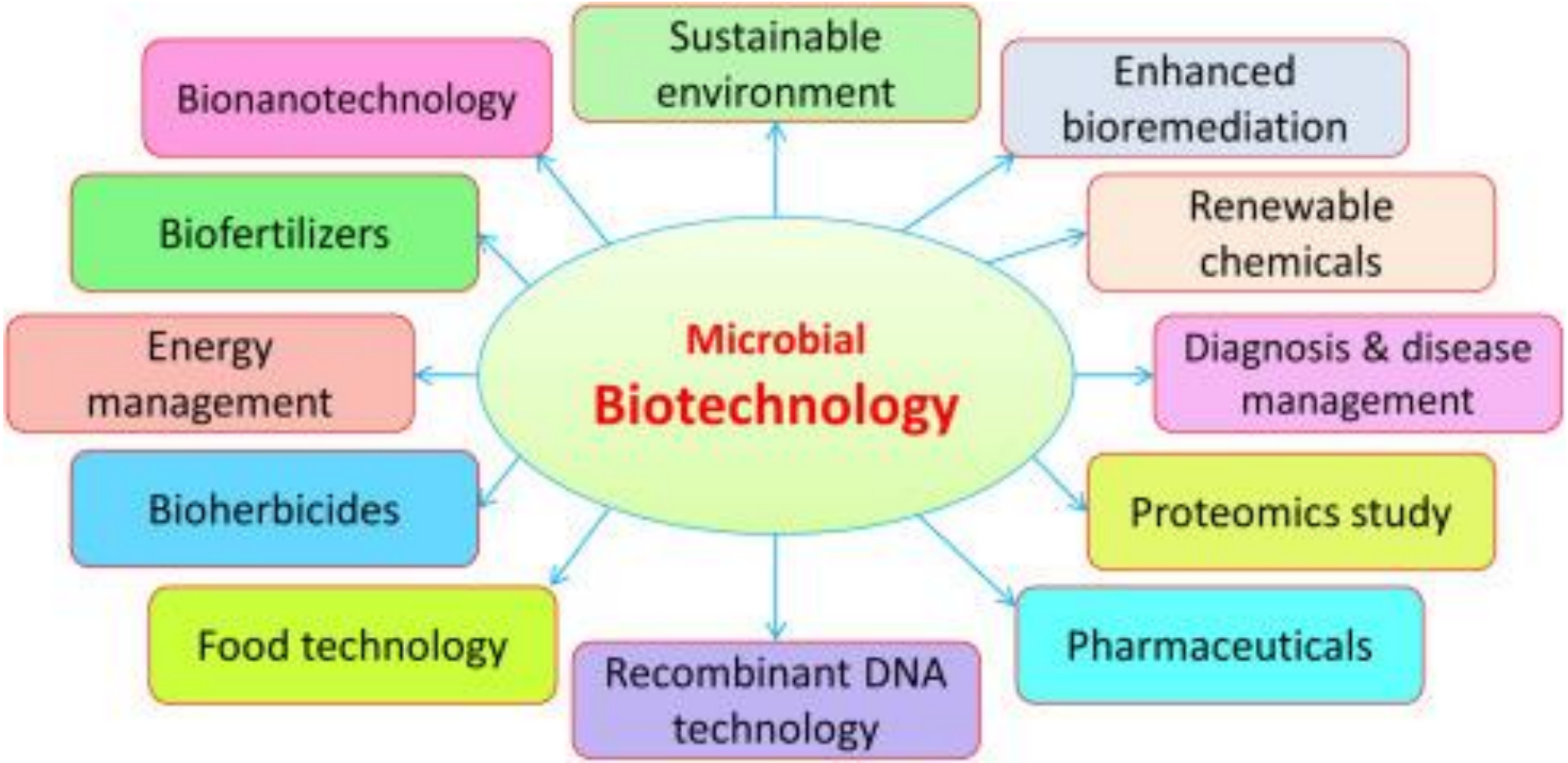
- Les enzymes sont induites par la présence d'un substrat, de ce fait, les microorganismes producteurs d'enzymes sont recherchés dans les habitats où les substrats à hydrolyser sont abondants
- **Exemple**:
  - Les microorganismes producteurs de cellulases sont recherchés dans les sols forestiers riches en cellulose.
  - Les producteurs de lactase dans les produits laitiers

Méthode :

- Pour mettre en évidence l'activité enzymatique d'une souche, il faut utiliser des milieux gélosés contenant le substrat spécifique de l'enzyme. On peut utiliser :
- Directement, la souche isolée (ensemencement par spot ou en une seule strie).
- L'extrait enzymatique obtenu d'une culture sur milieu liquide en utilisant les techniques des puits ou des disques en papier .

Remarque :

- L'extrait enzymatique peut être obtenu :
- Soit après centrifugation de la culture (le surnageant) ou après filtration (le filtrat) dans le cas ou l'enzyme est **extracellulaire**
- Soit en récupérant les cellules après destruction (chimique, physique ou enzymatique) dans le cas ou l'enzyme est **intracellulaire**


Microbial
Biotechnology
Sustainable environment
Enhanced bioremediation
Renewable chemicals
Diagnosis & disease management
Proteomics study
Pharmaceuticals
Recombinant DNA technology
Food technology
Bioherbicides
Energy management
Biofertilizers
Bionanotechnology

Biotechnologie microbienne

Applications environnementales :

Le développement, l'utilisation et la réglementation des systèmes biologiques pour l'assainissement des environnements contaminés (terre, air, l'eau) et pour une utilisation respectueuse de l'environnement processus.

Qu'ont-ils tous en commun ?

- **L'avènement de la révolution industrielle :**
  - **augmentation des produits et des déchets**
  - **les gens ont déménagé en ville**
  - **augmentation de la population humaine**



Déchets :

Solide : décharges, usines de combustion, y compris de valorisation énergétique des déchets, valorisation

boues, compostage

Liquide : septique : traitement des eaux usées, injection en puits profond.

Gaz : combustibles fossiles, chlorofluorocarbures

Dangereux – tout ce qui peut exploser, prendre feu, libérer des fumées et des particules toxiques ou provoquer de la corrosion

Test des déchets :

peau de banane	0,5 an
Déchets de bois/sciure	4 ans
Papier ciré	5 ans
Gobelet en polystyrène	20 ans
boîte de conserve	100 ans
Canette de soda en aluminium	500 ans
Carton en plastique	500 ans
Bouteilles en verre	> 500 ans

Il n’y a pas de déchets dans la nature :

Des roches et du sol aux plantes et aux animaux, à l'air et à l'eau et vice-versa :

= Recyclé en grande partie par **Microbes**



La bioremédiation trouve sa place:

Les entreprises commencent à se spécialiser dans le nettoyage des déversements de déchets toxiques en utilisant un mélange de **bactéries** et de **champignons**, car le nettoyage de ces déversements nécessite généralement les efforts combinés de plusieurs souches.

Les biotechnologues commencent à concevoir des « super bactéries » pour nettoyer les déchets. C'est la **bioremédiation**.

Cependant, il existe de nombreux micro-organismes dans la nature qui dégradent les déchets. C'est la **biodégradation**.

Les marais et les zones humides naturels ont fait le travail !

Qu'est-ce qui doit être nettoyé ?

- **Tout**!

Comment les polluants pénètrent-ils dans l’environnement ?

- **Ruissellement, lixiviats, air**

Ainsi, la manière dont la bioremédiation est utilisée dépend de

- **Qu'est-ce qui est contaminé ? (lieux)**
- **Sur les types de produits chimiques qui doivent être nettoyés**
- **La concentration des contaminants (quantité et durée)**

Table 9.1 TWENTY OF THE MOST COMMON CHEMICAL POLLUTANTS IN THE ENVIRONMENT

Chemical Pollutant	Source
Benzene	Petroleum products used to make plastics, nylon, resins, rubber, detergents, and many other materials
Chromium	Electroplating, leather tanning, corrosion protection
Creosote	Wood preservative to prevent rotting
Cyanide	Mining processes and manufacturing of plastics and metals
Dioxin	Pulp and paper bleaching, waste incineration, and chemical manufacturing processes
Methyl t-butyl ether (MTBE)	Fuel additive, automobile exhaust, boat engines, leaking gasoline tanks
Naphthalene	Product of crude oil and petroleum
Nitriles	Rubber compounds, plastics, and oils
Perchloroethylene/ tetrachloroethylene (PCE), trichloroethene (TCE), and trichloroethane (TCA)	Dry cleaning chemicals and degreasing agents
Pesticides (atrazine, carbamates, chlordane, DDT) and herbicides	Chemicals used to kill insects (pesticides) and weeds (herbicides)
Phenol and related compounds (chlorophenols)	Wood preservatives, paints, glues, textiles
Polychlorinated biphenyls (PCBs)	Electrical transistors, cooling and insulating systems
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and polychlorinated hydrocarbons	Incineration of wastes, automobile exhaust, oil refineries, and leaking oil from cars
Polyvinylchloride	Plastic manufacturing
Radioactive compounds	Research and medical institutions and nuclear power plants
Surfactants (detergents)	Manufacturing of paints, textiles, concrete, paper
Synthetic estrogens (ethinyl estradiol)	Female hormone (estrogen)-related compounds created by a variety of industrial manufacturing processes
Toluene	Petroleum component present in adhesive, inks, paints, cleaners, and glues
Trace metals (arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, silver)	Car batteries and metal manufacturing processes
Trinitrotoluene (TNT)	Explosive used in building and construction industries

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

Principes fondamentaux des réactions de nettoyage :

COMMENT les microbes peuvent convertir de nombreux produits chimiques en composés inoffensifs ?

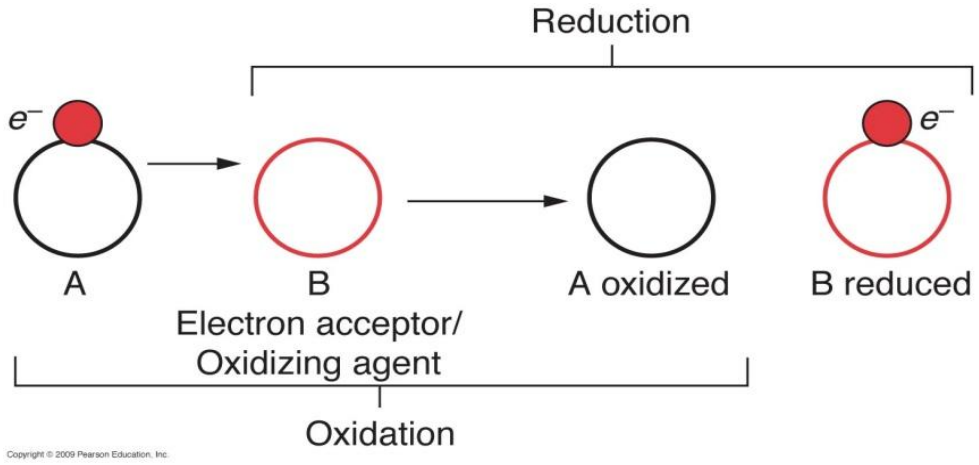
- Aérobie ou anaérobie ?
- Les deux impliquent des réactions d’oxydation et de réduction

Biotechnologie microbienne

Principes fondamentaux des réactions de nettoyage

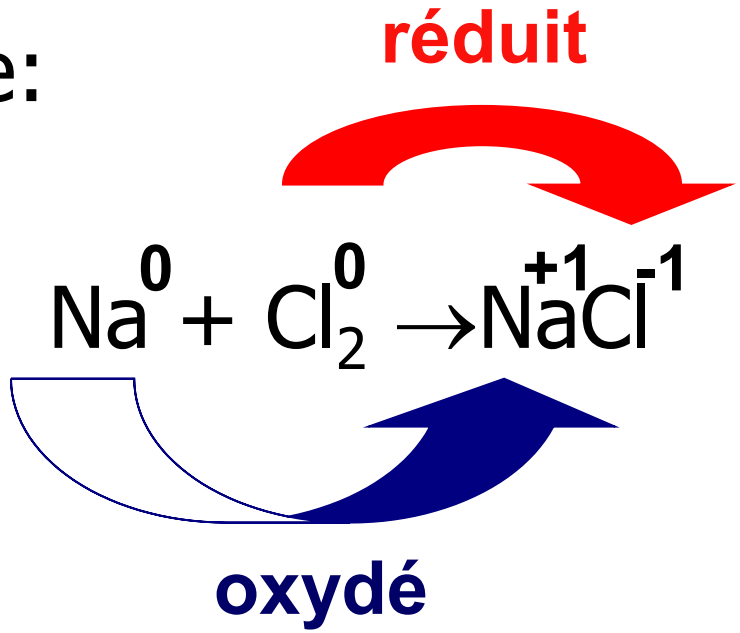
Réactions d'oxydation et de réduction :

- **L'oxydation** implique la suppression d'un ou plusieurs électrons et **La réduction** implique l'ajout d'un ou plusieurs électrons
- Les agents oxydants gagnent des électrons et les agents réducteurs en perdent.



Les réactions sont généralement couplées et les réactions appariées sont connues comme étant des **réactions redox**

- Exemple:



Biodégradation aérobie et anaérobie

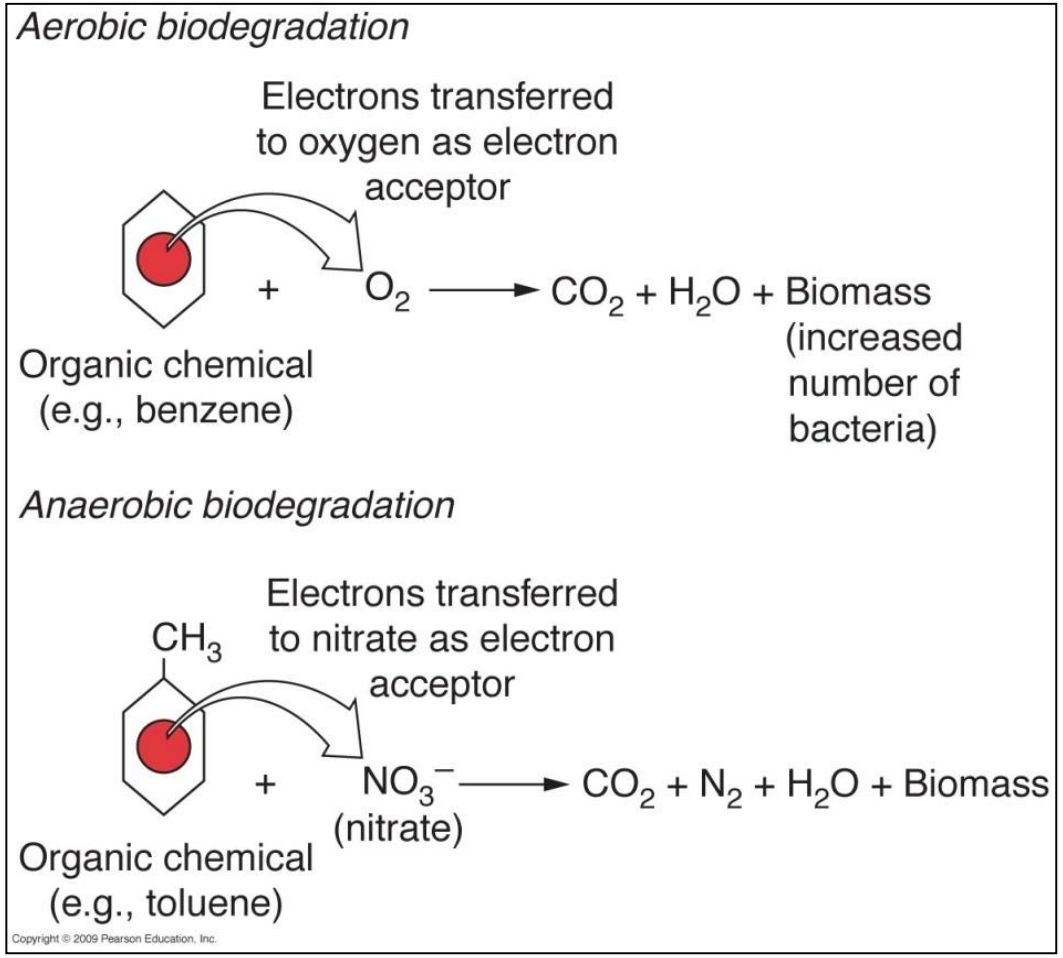
Aérobique

L'oxygène est réduit en eau et les molécules organiques (par exemple le pétrole, le sucre) sont oxydées

Anaérobie

Un composé inorganique est réduit et les molécules organiques sont oxydées (par exemple, le nitrate est réduit et le sucre est oxydé)

REMARQUE : De nombreux microbes peuvent effectuer une respiration aérobie et anaérobie ; le processus qui produit le plus d'ATP est utilisé en premier !



Biodégradation aérobie et anaérobie

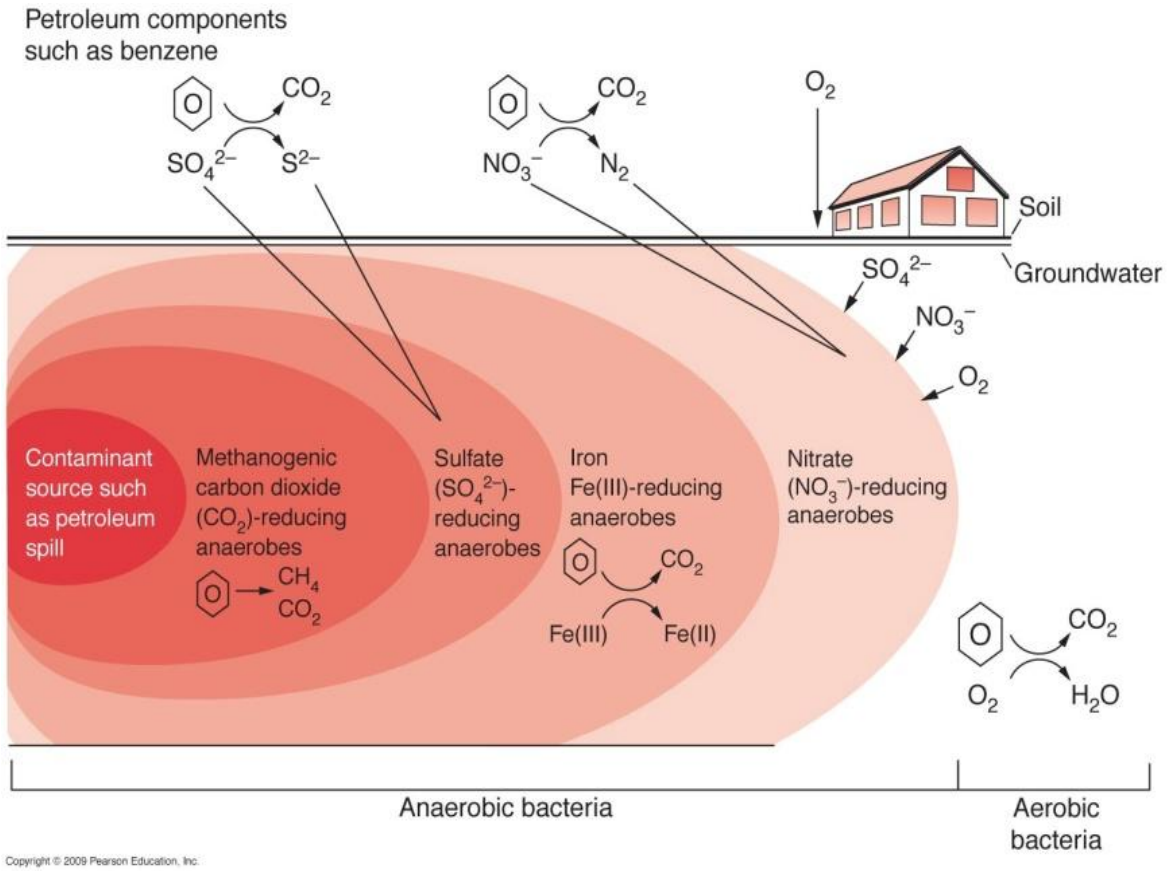
Les acteurs : les microbes métabolisants

Le site contient généralement une variété de microbes

Au plus près du contaminant : les anaérobies

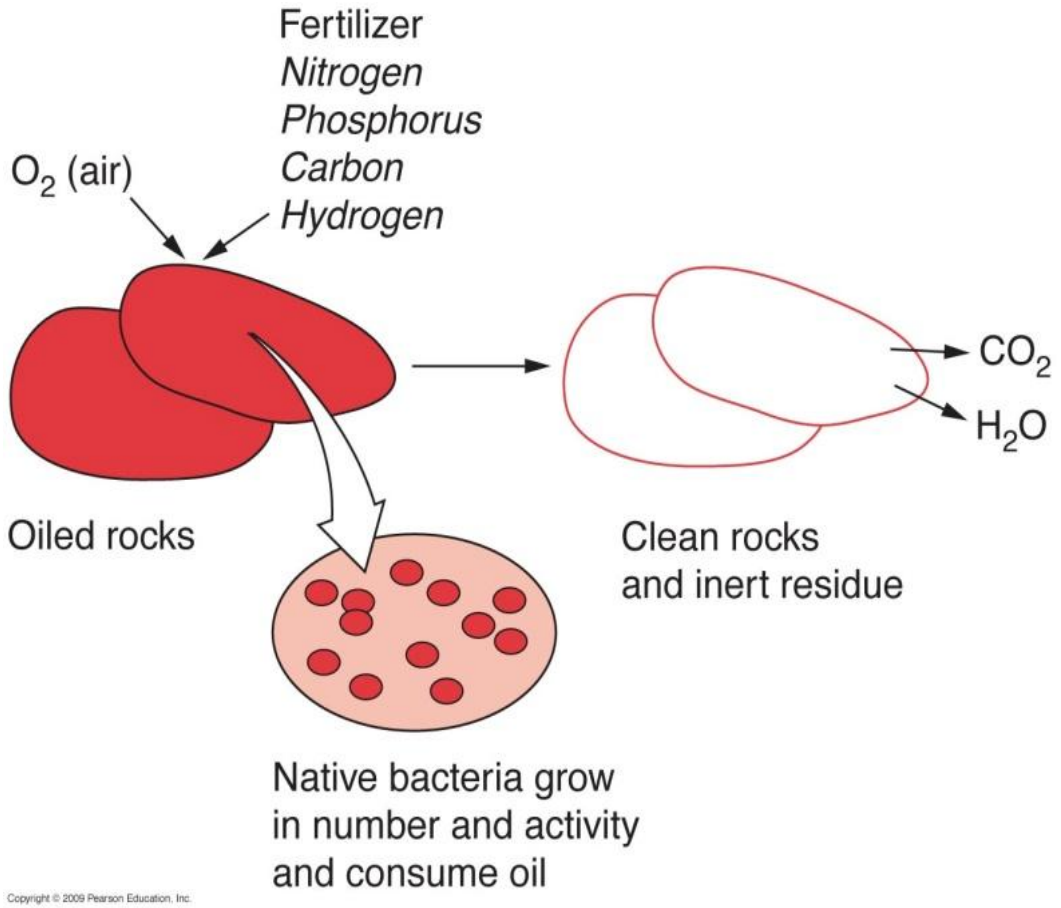
Les plus éloignés : les aérobies

- Les bactéries les plus courantes et les plus efficaces sont les microbes indigènes (par exemple : **Pseudomonas** dans le sol)
- Les champignons et les algues sont également présents dans l'environnement et font un bon travail de « nettoyage » des produits chimiques (les champignons le font mieux que les bactéries).



Programmes de génomique de bioremédiation

- Stimuler la bioremédiation
  - Ajoutez des engrais (enrichissement en nutriments) à stimuler la croissance de micro-organismes indigènes
  - Ajout de bactéries ou de champignons pour aider les populations indigènes
  - les microbes sont connus sous le nom bioaugmentation ou ensemencement

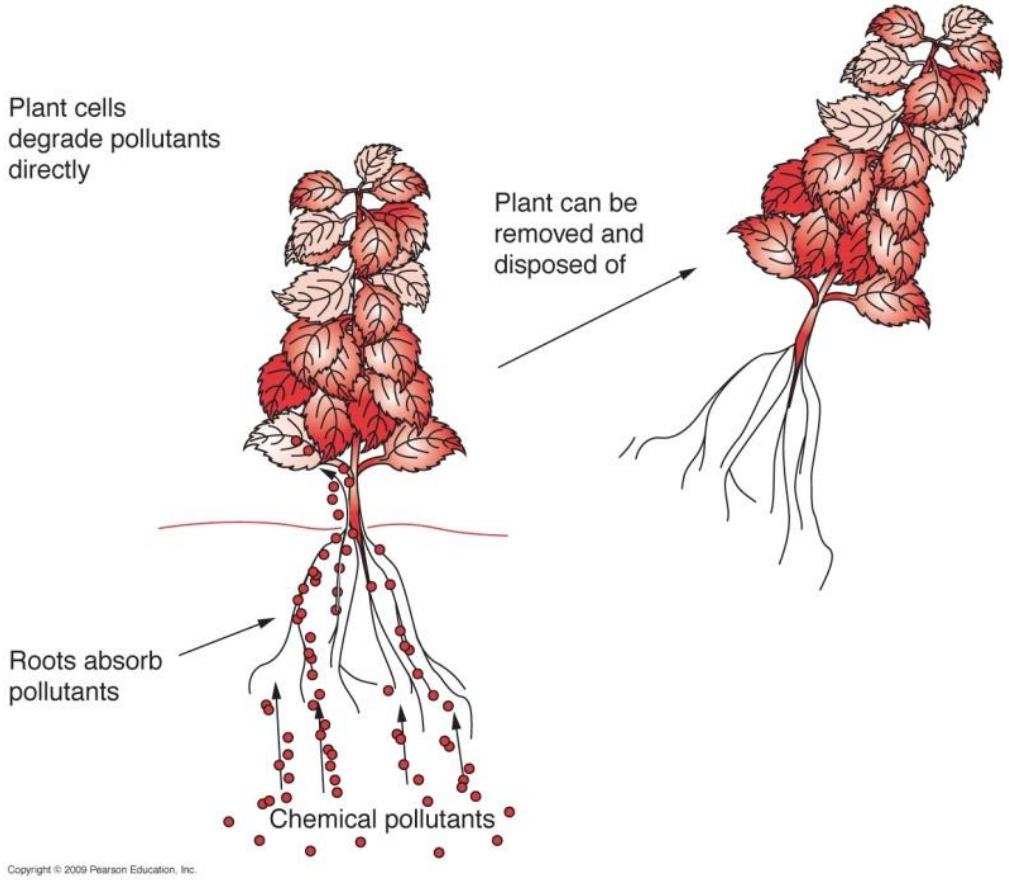


Définition de la Phytoremédiation

La **phytoremédiation** est une **technique de dépollution naturelle** qui utilise des **plantes vertes** pour **éliminer, absorber, transformer ou immobiliser** les **polluants présents dans les sols, l'eau ou l'air**.

En d'autres termes :

➤ Ce sont les **plantes qui nettoient l'environnement.**



Biotechnologie microbienne

Sites et stratégies de nettoyage

Les produits chimiques présentent-ils un risque d’incendie ou d’explosion ?

Les produits chimiques constituent-ils une menace pour la santé humaine, y compris celle des travailleurs chargés du nettoyage ?)

Le produit chimique a-t-il été rejeté dans l’environnement à la suite d’un incident isolé ou y a-t-il eu une fuite à long terme provenant d’un conteneur de stockage ?

Où la contamination a-t-elle eu lieu ?

La zone contaminée se trouve-t-elle à la surface du sol ? Sous terre ? A-t-elle une incidence sur l'eau ?

Quelle est la taille de la zone contaminée ?

Nettoyage des sols :

Soit le supprimer (ex situ bioremédiation) ou in situ(en place)

En place :

Si l'aérobie peut nécessiter une bioventilation

Plus efficace dans les sols sableux

Supprimé:

Phase en suspension, phase solide, compostage, landfarming

Bioremédiation de l’eau:

- La **bioremédiation de l’eau** repose sur l’action de **micro-organismes** capables de **décomposer la matière organique** et d’**éliminer les polluants** présents dans les eaux usées.

- Ces micro-organismes utilisent la **matière organique comme source d’énergie et de carbone**, ainsi que des **nutriments essentiels** comme l’**azote (N)** et le **phosphore (P)**.
Selon la **présence ou l’absence d’oxygène**, différents **processus biologiques** peuvent se produire.

➢ **Rôle du donneur final d’électrons**

Le donneur final d’électrons est un facteur fondamental du métabolisme microbien, car il détermine le type de système biologique et le rendement énergétique de la degradation.

1. Systèmes aérobiques

Donneur d'électrons : Oxygène (O_2)

Caractéristiques :

- Rendement énergétique élevé.
- Forte croissance bactérienne → beaucoup de boues produites.

Application : Traitement classique des eaux usées avec aération.

2. Systèmes anaérobies

Donneur d'électrons : Matière organique elle-même.

Résultats :

- Production de **biogaz (CO_2 + CH_4)**.
- **Peu de boues** formées.

Avantage : Le biogaz peut être **valorisé en énergie** pour l'installation.

3. Systèmes anoxiques

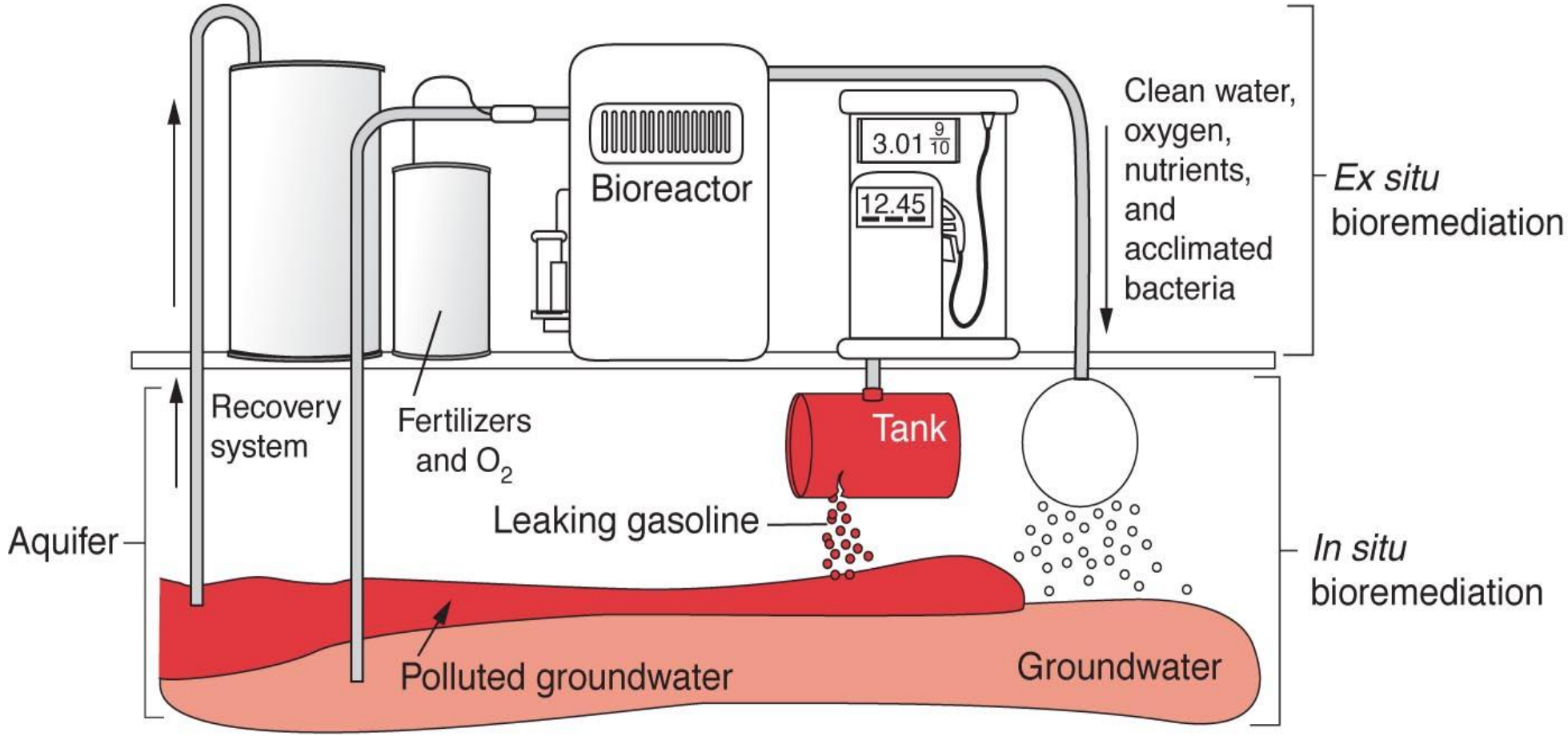
Donneur d'électrons : Nitrates, sulfates, hydrogène, etc.

Cas typique : Dénitrification → transformation des nitrates (NO_3^-) en azote gazeux (N_2).

Utilité : Élimination **biologique de l'azote** des eaux usées.

Bioremédiation de l'eau :

- Nettoyage des eaux souterraines



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

Biotechnologie microbienne

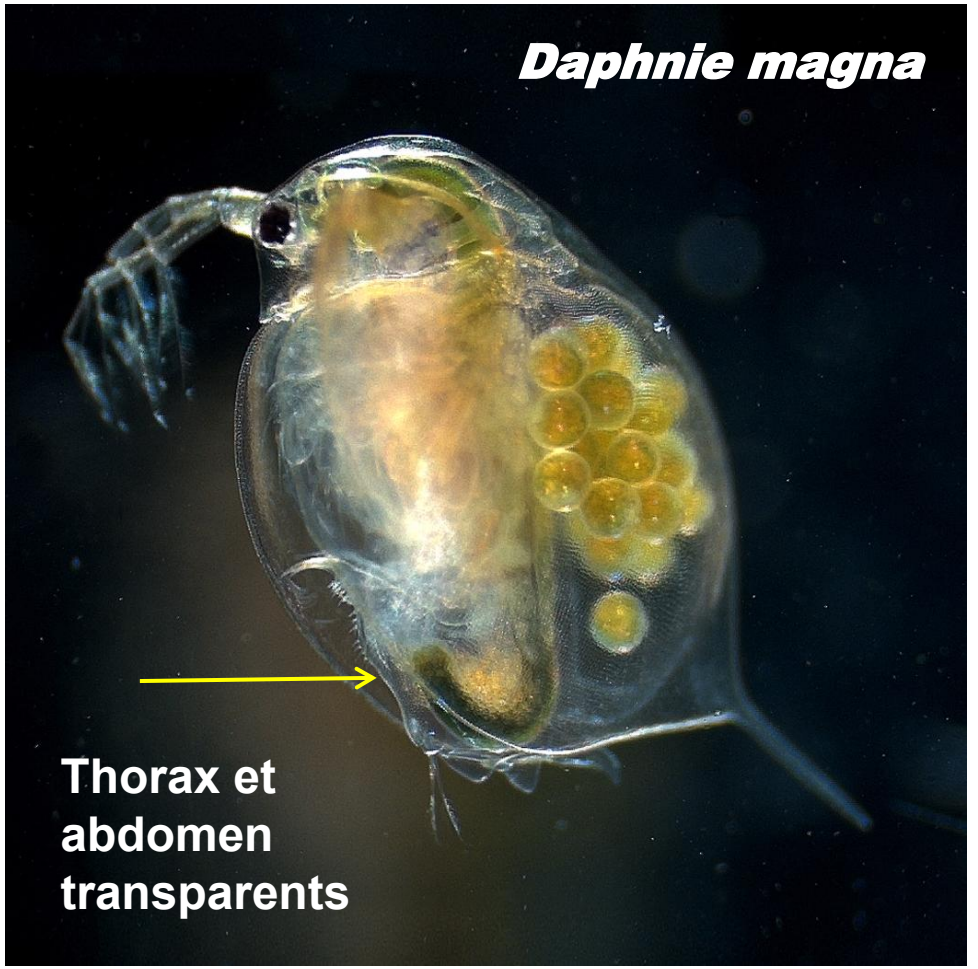
Diagnostique environnemental

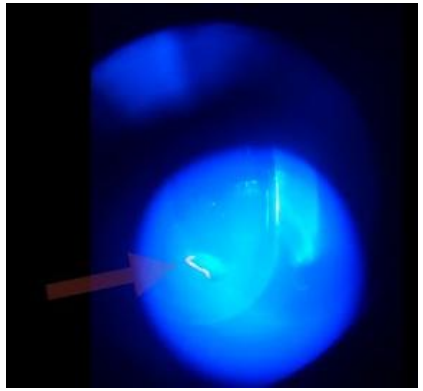
Diagnostique environnemental :

Un nouveau domaine de recherche prometteur consiste à utiliser des organismes vivants pour détecter et évaluer les niveaux nocifs de produits chimiques toxiques.

Quand on est en bonne santé Daphnies se nourris avec un substrat sucré (b-galactoside attaché à un marqueur fluorescent), ils métabolisent le sucre et fluorescent sous la lumière UV.

Quand les Daphnie sont stressés par les toxines, ils n'ont pas la capacité enzymatique de digérer le sucre et ne fluorescent donc pas sous la lumière UV.





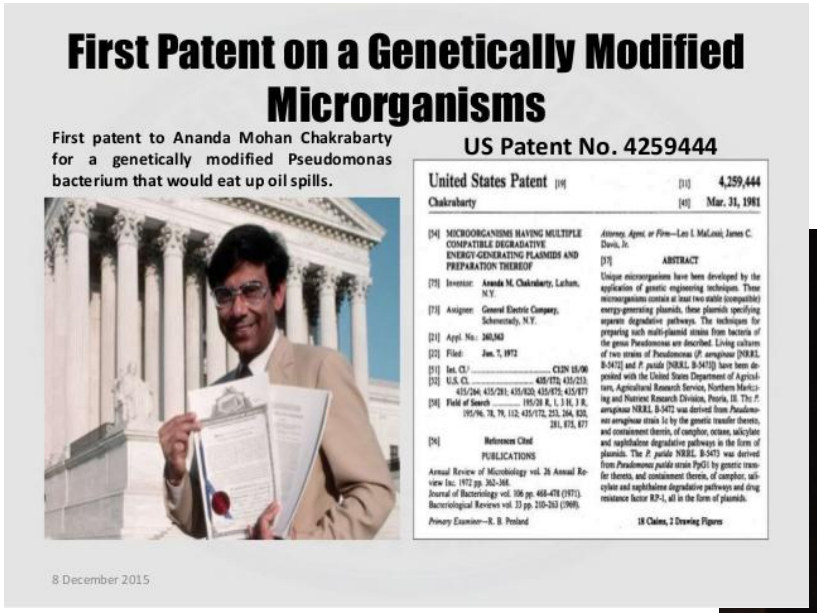
La réduction de la toxicité consiste à ajouter des produits chimiques aux déchets dangereux afin de diminuer la toxicité.

Par exemple, si la toxicité résulte de métaux lourds, de l’EDTA sera ajouté aux déchets et l’effluent sera testé à nouveau pour déterminer si la toxicité a été réduite de manière acceptable.

- L'EDTA chélate (se lie aux) métaux, les rendant ainsi indisponibles pour nuire aux organismes dans un plan d'eau particulier.

Application de souches génétiquement modifiées pour la dépollution :

- Bactéries mangeuses de pétrole : Ananda Chakrabarty
- Métaux lourds (bioaccumulation) : Les bactéries séquestrent les métaux lourds et radioactifs
- Biocapteurs: gènes lux





Catastrophes environnementales : études de cas en biorestauration :

La marée noire de l'Exxon Valdez

En fin de compte, ce sont les microbes indigènes qui ont fait le meilleur travail.

Champs pétroliers du Koweït

Pose un problème en raison des conditions environnementales


Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

Stratégies et défis futurs de la bioremédiation

Génétique microbienne

Nouveaux types de microbes (de l'océan, etc.)

Matières radioactives

MEILLEURE DÉTERMINATION DES RISQUES ET ÉVALUATION DES SITES EXISTANTS

Carrières en biotechnologie environnementale :

- **Biodégradation**

Stations d'épuration, agriculture biologique

- **Bioremédiation**

Des entreprises de nettoyage de l'environnement et des laboratoires développent des superbactéries

- **Biocatalyse**

Plastiques, produits dégradables et recyclables

- **Autre**

Sociétés minières, sociétés pétrolières

Biotechnologie industrielle

Principe :

- Le principe de la biotechnologie industrielle est d'utiliser des micro-organismes et des enzymes pour créer des produits biosourcés et améliorer les produits pour le bien-être humain et la sécurité environnementale.
- Il se concentre uniquement sur l’utilisation de micro-organismes vivants pour produire des produits chimiques, des biocarburants et des bioproduits de manière durable et efficace, afin de réduire les déchets industriels et pollution.

Concept clé :

- La méthode courante qui est à la traîne dans la production d’aliments et de boissons est la **Fermentation**.
- Il s'agit d'un processus métabolique anaérobie dans lequel des micro-organismes comme des bactéries ou des levures décomposent des molécules organiques telles que les sucres, pour produire de l'énergie.
- Les micro-organismes transforment les sucres en **Acides**, **gaz** et **alcools**.

Fermentation :

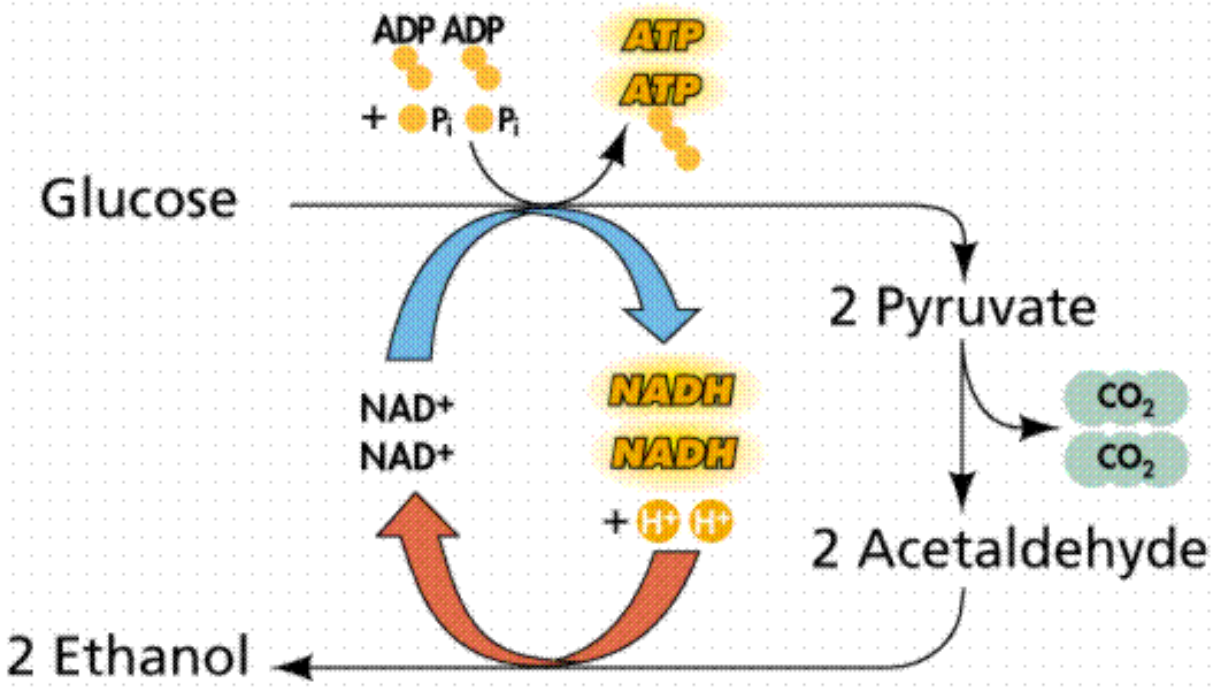
- Dans les industries des boissons, la production de boissons à base d’alcool est suivie par la fermentation alcoolique.
    - **Exemples**: Boissons gazeuses, vin, bierre…

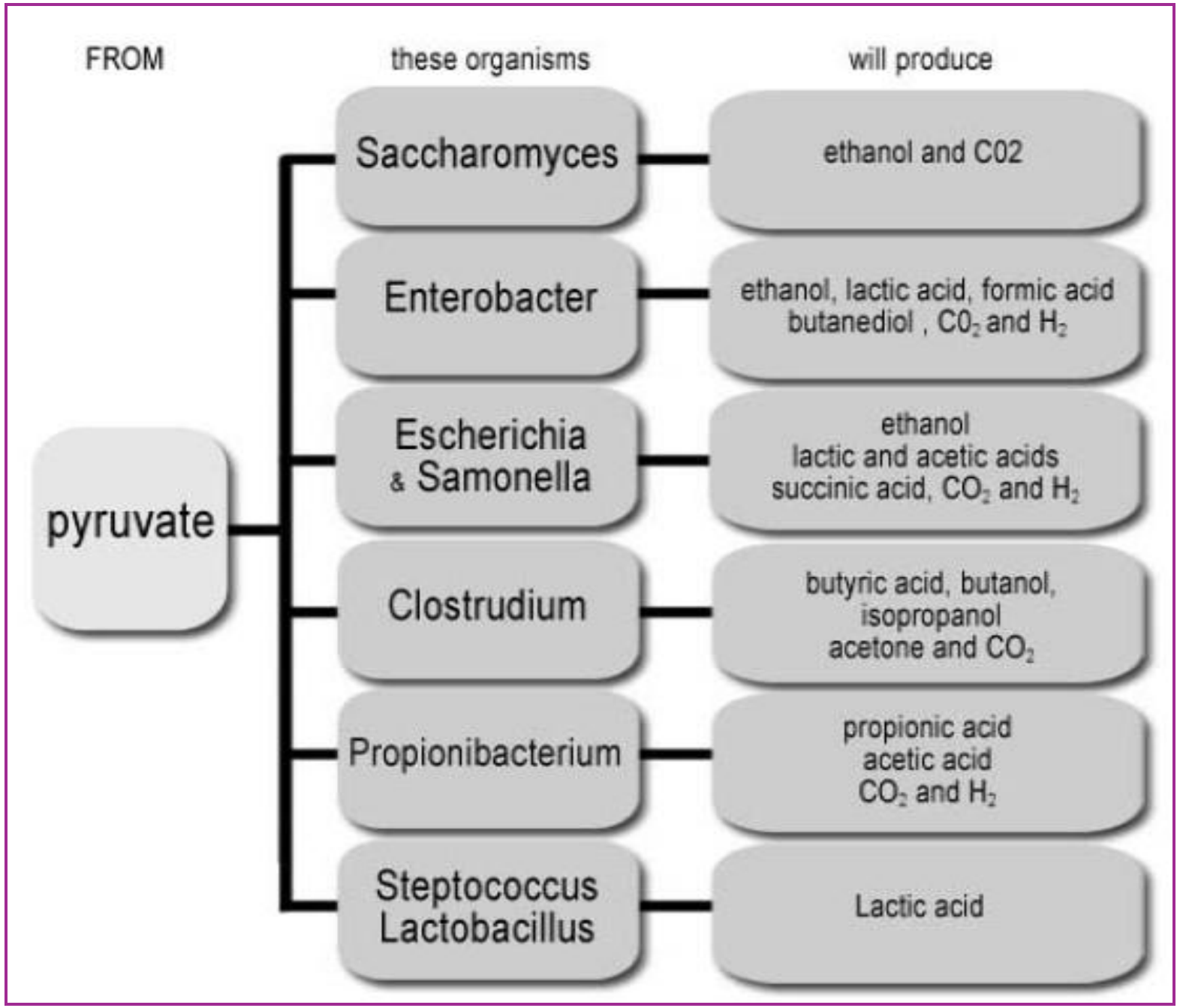
Fermentation :

- Dans les industries laitières, la production de produits laitiers est suivie par Fermentation lactique.
    - **Exemples**: Fromage, Beurre, Yaourt, Glaces…

La zymologie :

La zymologie est l'étude de la fermentation, qui se concentre sur les processus biochimiques liés à celle-ci, notamment ceux impliquant les enzymes et les levures



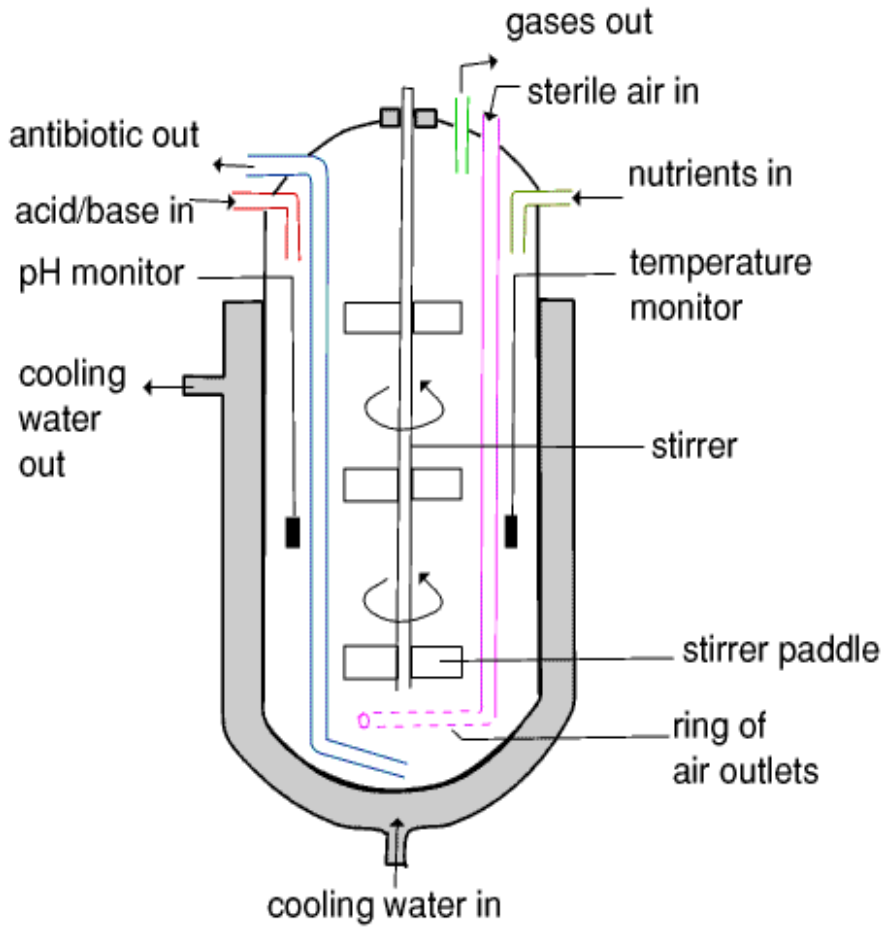

FROM
these organisms
will produce
pyruvate
Saccharomyces
ethanol and C02
Enterobacter
ethanol, lactic acid, formic acid
butanediol , C0$_2$ and H$_2$
Escherichia
& Samonella
ethanol
lactic and acetic acids
succinic acid, CO$_2$ and H$_2$
Clostrudium
butyric acid, butanol,
isopropanol
acetone and CO$_2$
Propionibacterium
propionic acid
acetic acid
CO$_2$ and H$_2$
Steptococcus
Lactobacillus
Lactic acid

Quelques produits de fermentation importants

Produit	Organisme	Utiliser
Éthanol	*Saccharomyces cerevisiae*	Solvants industriels, boissons
Glycérol	*Saccharomyces cerevisiae*	Production d'explosifs
Acide lactique	*Lactobacillesbulgare*	Alimentation et produits pharmaceutiques
Acétone et butanol	*Clostridium acetobutylicum*	Solvants
α-amylase	*Bacillus subtilis*	Hydrolyse de l'amidon

ÉCHELLE INDUSTRIELLE

Le fermenteur est l'équipement de base utilisé pour la fermentation. Il contient les supports pour réaliser la fermentation et crée un environnement pour la fermentation à grande échelle.



web.ukonline.co.uk/webwise/spinneret/microbes/penici.htm)

EXIGENCES

- ✓ **Culture pure**: organisme, quantité, état physiologique
- ✓ **Milieu stérilisé :** pour la croissance des micro-organismes
- ✓ **Fermenteur de graines :** inoculum pour initier le processus
- ✓ **Fermenteur de production**: grand modèle
- ✓ **Équipement** :

i. dessiner le milieu de culture

ii. séparation des cellules iii) collecte des cellules

iii. purification du produits

iv. traitement des effluents.

TECHNIQUES DE FERMENTATION

Techniques d'immersion en surface (état solide).

- micro-organismes cultivés à la surface d'un substrat liquide ou solide.
- compliqué et rarement utilisé dans l'industrie.
- Champignons, pain, cacao, tempeh

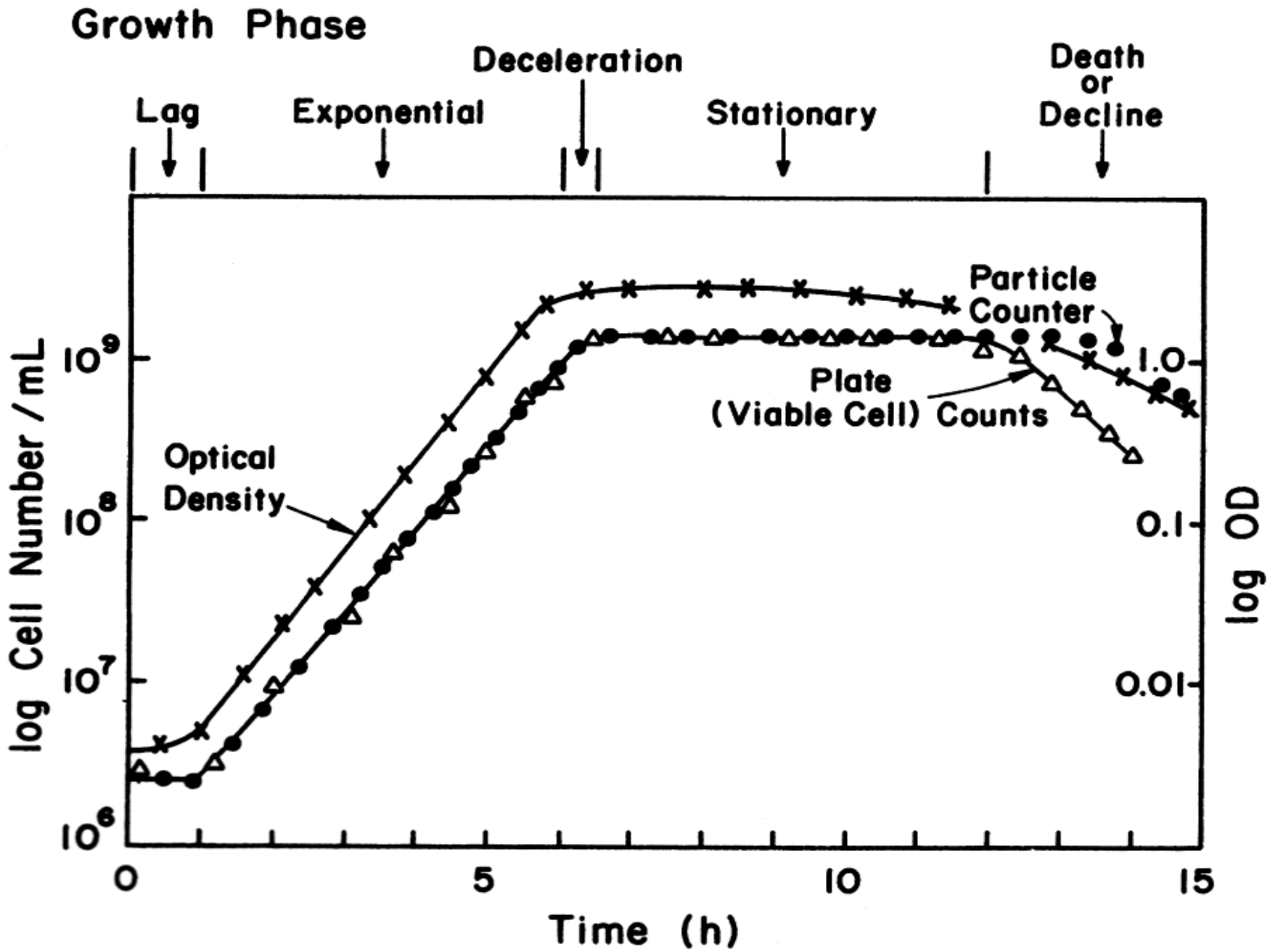
- les micro-organismes se développent dans un milieu liquide.
- (biomasse, protéines, antibiotiques, enzymes et traitement des eaux usées) sont réalisés par des procédés d'immersion.

TYPES BASÉS SUR LA CULTURE

- **BATCH FERMENTATION**

Substrat nutritif stérile, inoculé, cultivé jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de produit fabriqué, « récolté » et nettoyé pour un autre essai.

- ❑ **phase de latence**(s'adapter à leur environnement)
- ❑ **croissance exponentielle**(croître en nombre)
- ❑ **phase stationnaire**(arrête de grandir)
- ❑ **phase de mort**


Growth Phase
Lag
Exponential
Deceleration
Stationary
Death or Decline
Particle Counter
Plate (Viable Cell) Counts
Optical Density
log Cell Number / mL
10^9
10^8
10^7
10^6
1.0
0.1
0.01
log OD
0
5
10
15
Time (h)

- **FERMENTATION CONTINUE**

❑ Le substrat est ajouté en continu au fermenteur et la biomasse ou les produits sont continuellement éliminés au même rythme.

❑ Dans ces conditions, les cellules restent dans la phase logarithmique de croissance

- **FED-BATCH FERMENTATION**

❑ Le substrat augmente au fur et à mesure de la fermentation. commence par lots avec une faible concentration de substrat.

❑ substrat initial est consommé, ajout du milieu de fermentation

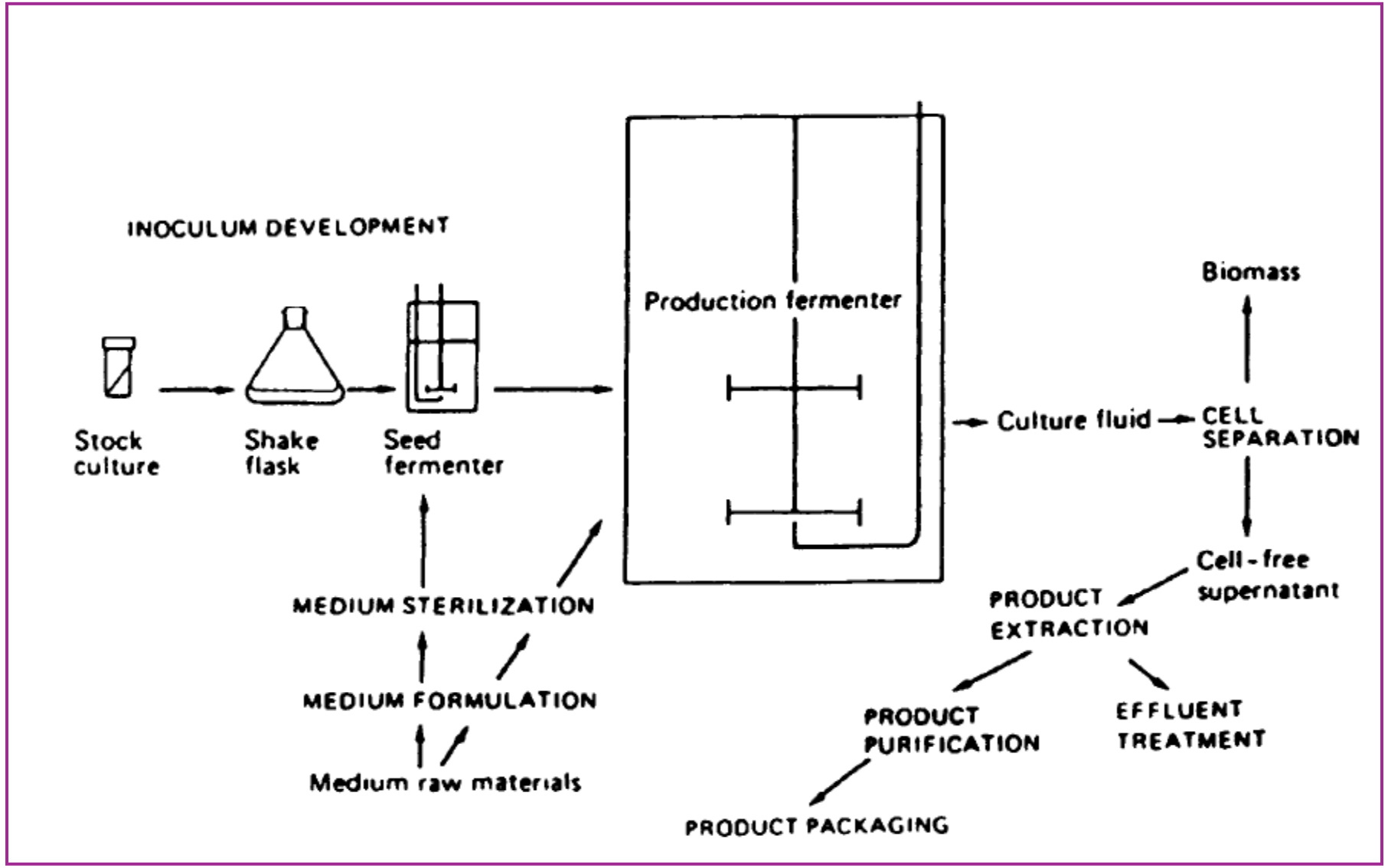
GAMME DE FERMENTATION TECHNOLOGIE

❑Cellule microbienne (biomasse)	Levure
❑Enzymes microbiennes	Glucose isomérase
❑métabolites microbiens	Pénicilline
❑produits alimentaires	Fromage, yaourt, vinaigre
❑Vitamines	B12, riboflavine

Examples of foods and food additives manufactured using industrial fermentation processes in developing countries[a]

Alcoholic beverages	Wines, beer
Milk and milk products	Cultured milks, yogurts, cheeses
Flavors	Monosodium glutamate, nucleotides
Organic acids	Lactic acid, citric acid, acetic acid
Amino acids	Lysine, glutamic acid
Vitamins	Vitamins A, C and B_{12}, riboflavin
Enzymes	Amylases, proteases, invertases

[a] From Deshpande and Salunkhe (2000).



A generalized, schematic representation of a fermentation process

- PF STANBURY, A. WHITAKER ET SJ HALL, PRINCIPES DE LA TECHNIQUE DE FERMENTATION

AVANTAGES

1. Préserves et enrichit les aliments, améliore la digestibilité et renforce le goût et la saveur des aliments.

2. Potentiel d'amélioration sécurité alimentaireen contrôlant la croissance et multiplication d'un certain nombre d'agents pathogènes dans les aliments.

3. contribution importante à nutrition humaine, en particulier dans les pays en développement, où la situation économique Les problèmes constituent un obstacle majeur à la garantie de la sécurité alimentaire.

AVANTAGES

3-Faible consommation d'énergie en raison des conditions d'exploitation douces, des coûts d'investissement et d'exploitation relativement faibles et des technologies relativement simples.

4- Ils provoquent des modifications très spécifiques et contrôlées des aliments en utilisant des enzymes.

5- Conservation et détoxification des aliments.

6- Traitement des déchets.

7- Produit lié à la santé.

Table 41.7 Major Categories and Examples of Fermented Milk Products

Category	Typical Examples
I. Lactic fermentations	
Mesophilic	Buttermilk
	Cultured buttermilk
	Långofil
	Tëtmjolk
	Ymer
Thermophilic	Yogurt, laban, zabadi, labneh, skyr
	Bulgarian buttermilk
Therapeutic	Biogarde®, Bifighurt®
	Acidophilus milk, yakult
	Cultura-AB®
II. Yeast-lactic fermentations	Kefir, koumiss, acidophilus-yeast milk
III. Mold-lactic fermentations	Viili

Source: Table 3.1, p. 58. In B. A. Law, editor. 1997. *Microbiology and Biochemistry of cheese and fermented milk*, 2nd ed. New York: Chapman and Hall.

INCONVÉNIENTS

Dangereuse contamination microbienne dans les aliments fermentés

- Présence de contamination microbienne dans plusieurs produits alimentaires fermentés.
- Contamination par *Aspergillus flavus* observée dans les cultures de démarrage traditionnelles utilisées pour le riz fermenté, et la sauce de soja.
- Ces contaminations peuvent **entraîner des troubles alimentaires graves** et des **incidents d'empoisonnement**.
Les risques pour la **santé humaine** incluent notamment :

l'**obésité** (liée à des déséquilibres métaboliques causés par certains micro-organismes),
- **mycotoxines** (comme l'aflatoxine produite par *A. flavus*).

CH LEE, 1989

Applications agricoles

La biotechnologie microbienne joue un rôle incontournable dans le domaine agricole.

Les micro-organismes sont largement utilisés pour la production de biofertilisants et de pesticides, insecticides et herbicides microbiens.

Les OGM (Organisme Génétiquement Modifié) :

Le terme OGM est généralement associé à un organisme (animal, végétal, bactérie) qui a été modifié par des techniques de génie génétique.

Ces techniques, réalisées en laboratoire, permettent d'ajouter de nouveaux gènes, ou de supprimer ou modifier des gènes déjà présents dans l'organisme, afin, généralement, de lui faire acquérir de nouvelles caractéristiques.

Le champ d'application des techniques OGM est large, allant de l'agriculture à l'industrie, en passant par le domaine médical.

Transgenèse:

La technique historique qui a longtemps été utilisée pour créer des OGM est la transgenèse. Elle consiste à ajouter un ou plusieurs gènes d'une autre espèce dans le génome de l'organisme, dans le but d'en modifier les caractéristiques.

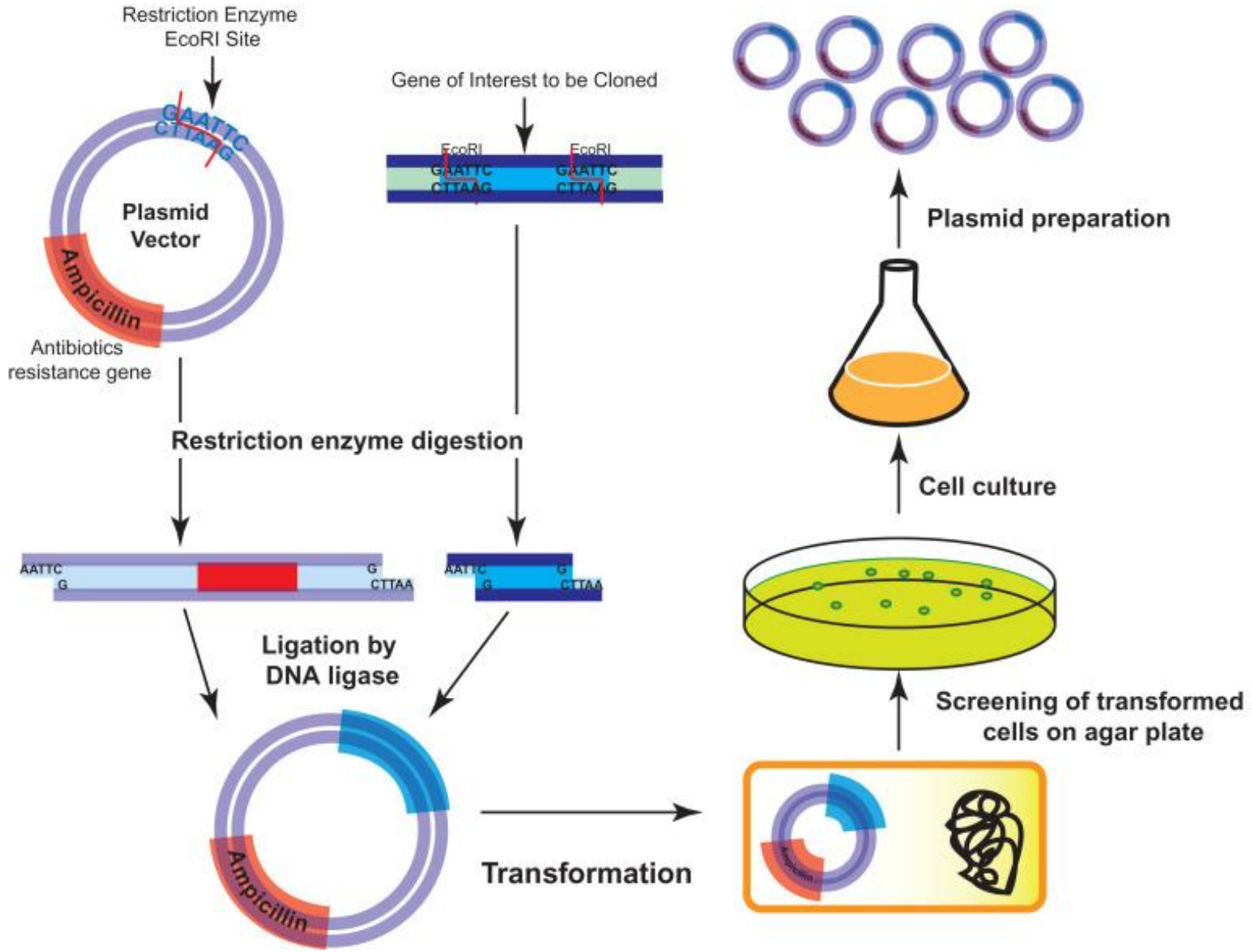
Contrairement à la technique de croisement traditionnelle qui ne s'applique qu'à des espèces proches parentes ou identiques, la transgenèse peut être réalisée à partir d'espèces différentes.

Le maïs MON810 a été commercialisé pour la première fois en 1997 et figure parmi les cultures génétiquement modifiées les plus vendues au monde. Il est issu de transgenèse : il a été conçu par l'ajout d'un gène provenant d'une bactérie du sol ***Bacillus thuringiensis*** qui permet à la plante de produire une molécule insecticide.



Le Plasmide est défini comme une forme d'« ADN nu » dépourvue de système d'encapsulation complexe, permettant l'injection directe et l'expression de gènes dans les cellules cibles, bien que son efficacité de transfert de gènes soit généralement inférieure à celle des méthodes d'administration plus sophistiquées. »

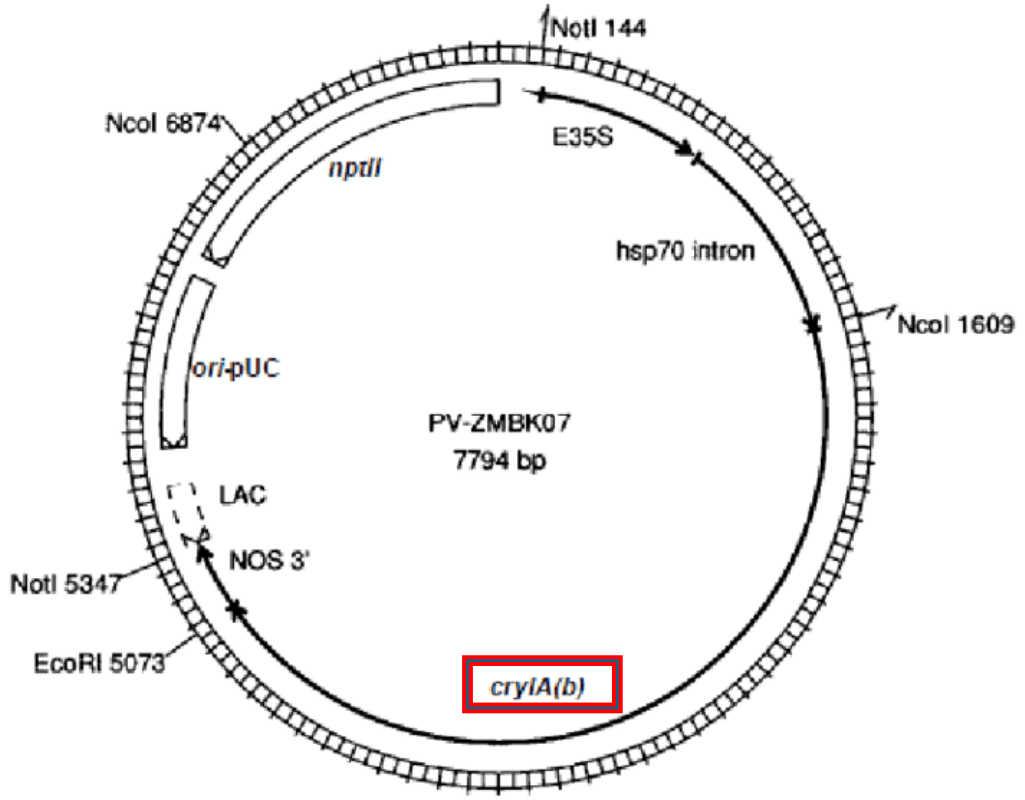
Les enzymes de restriction (endonucléases) sont des enzymes bactériennes participant à un mécanisme de défense des bactéries vis-à-vis des virus. Elles catalysent la coupure de l'ADN non méthylé en des endroits caractérisés par une séquence spécifique de nucléotides (**site de restriction**).


Restriction Enzyme
EcoRI Site
GAATTC
CTTAAG
Plasmid
Vector
Ampicillin
Antibiotics
resistance gene
Gene of Interest to be Cloned
EcoRI
EcoRI
Restriction enzyme digestion
AATTC
G
G
CTTAA
Ligation by
DNA ligase
Ampicillin
Transformation
Screening of transformed
cells on agar plate
Cell culture
Plasmid preparation

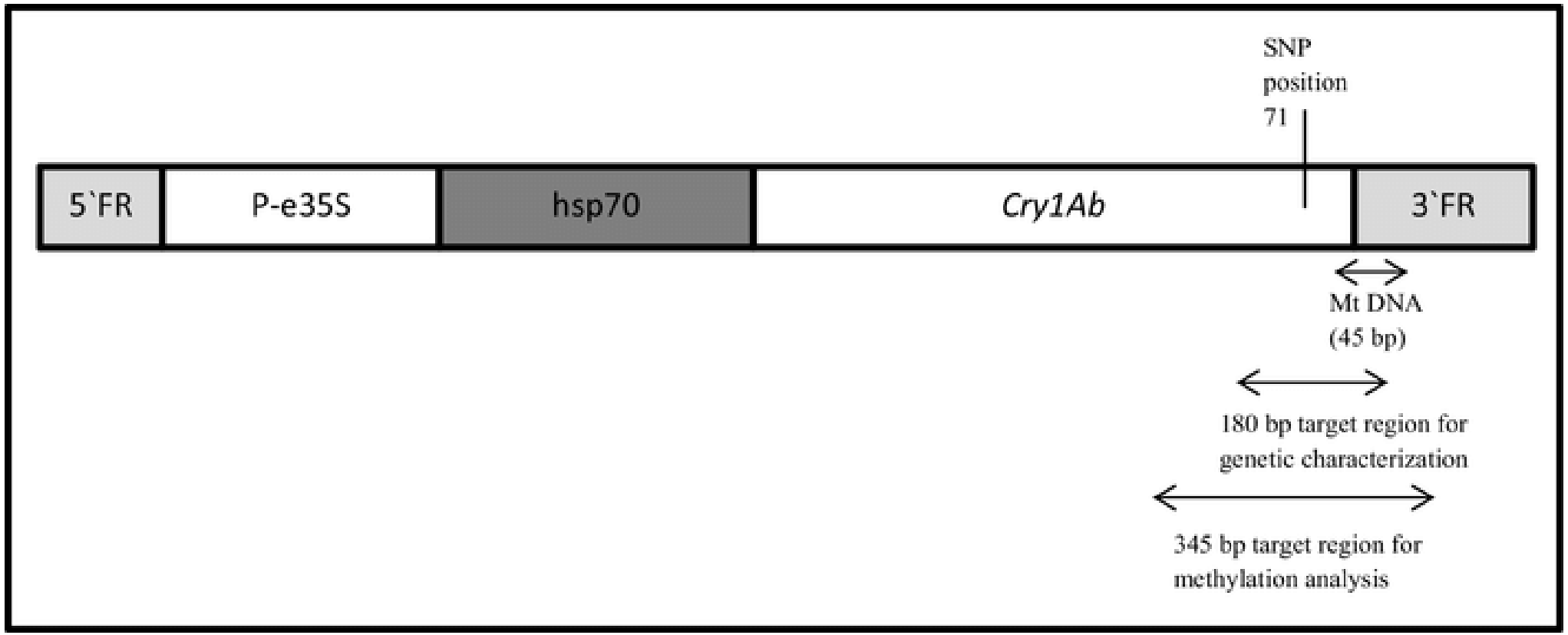
Le mais MON810 est conçu pour rendre le maïs résistant à certains insectes ravageurs, notamment la pyrale du maïs (***Ostrinia nubilalis***).



Le plasmide MON810 est le vecteur d'ADN utilisé pour insérer le gène de résistance dans les cellules de maïs.



Plasmide utilisé pour produire le maïs MON810 (EFSA, 2009).

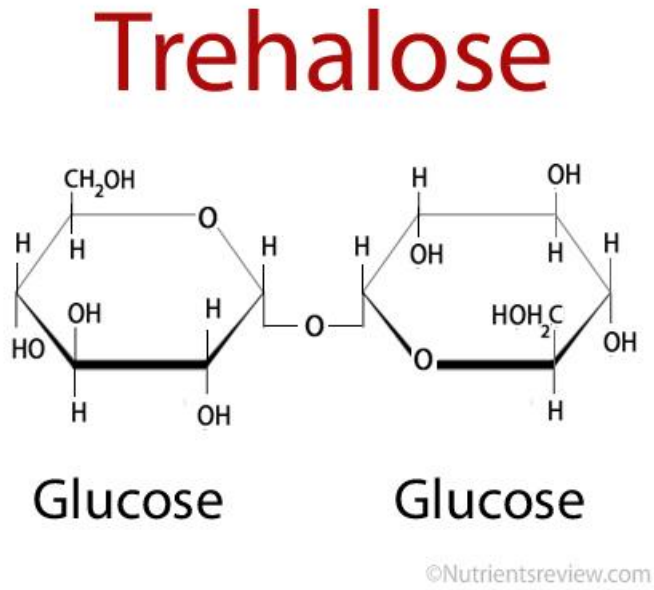


*Gène **cry1Ab** (provenant de Bacillus thuringiensis) : code la protéine Cry1Ab mortelle pour certains insectes mais inoffensive pour l'homme et les animaux..*

Capacité à se développer dans des environnements difficiles:

L'extension de l'aire de répartition des plantes peut être obtenue en leur conférant des caractéristiques telles que la tolérance au froid, à la chaleur et à la sécheresse ; la capacité de supporter une forte humidité ou de fortes concentrations de sel ; et la résistance à la carence en fer dans les sols très alcalins.

Les tolérances aux stress environnementaux sont probablement des **caractères polygéniques** et, par conséquent, peuvent être difficiles à transférer d'un organisme à un autre.



Les Biofertilisants:

Ce sont des substances produites par des micro-organismes tels que les bactéries, les champignons et les algues. Ces microorganismes aident les plantes à absorber les nutriments et à fixer l'azote atmosphérique dans le sol.

Les biofertilisants sont économiques, respectueux de l'environnement et augmentent le rendement des cultures. **C'est pourquoi ils sont recommandés de préférence aux engrais chimiques**.

- Ex. : biofertilisants bactériens: **Rhizobium**, **Azospirillum** et **Azotobacter**.

- Ex. : biofertilisants fongiques: **mycorhizes**

- Ex. : engrais biologiques à base d’algues: **Azolla**

Les mycorhizes :

lorsqu'elles sont utilisées comme biofertilisants, améliorent l'absorption du P, du Zn, du S et de l'eau, ce qui conduit à une croissance uniforme des cultures et à une augmentation du rendement, et améliore également la résistance aux maladies racinaires et la rusticité des plants transplantés



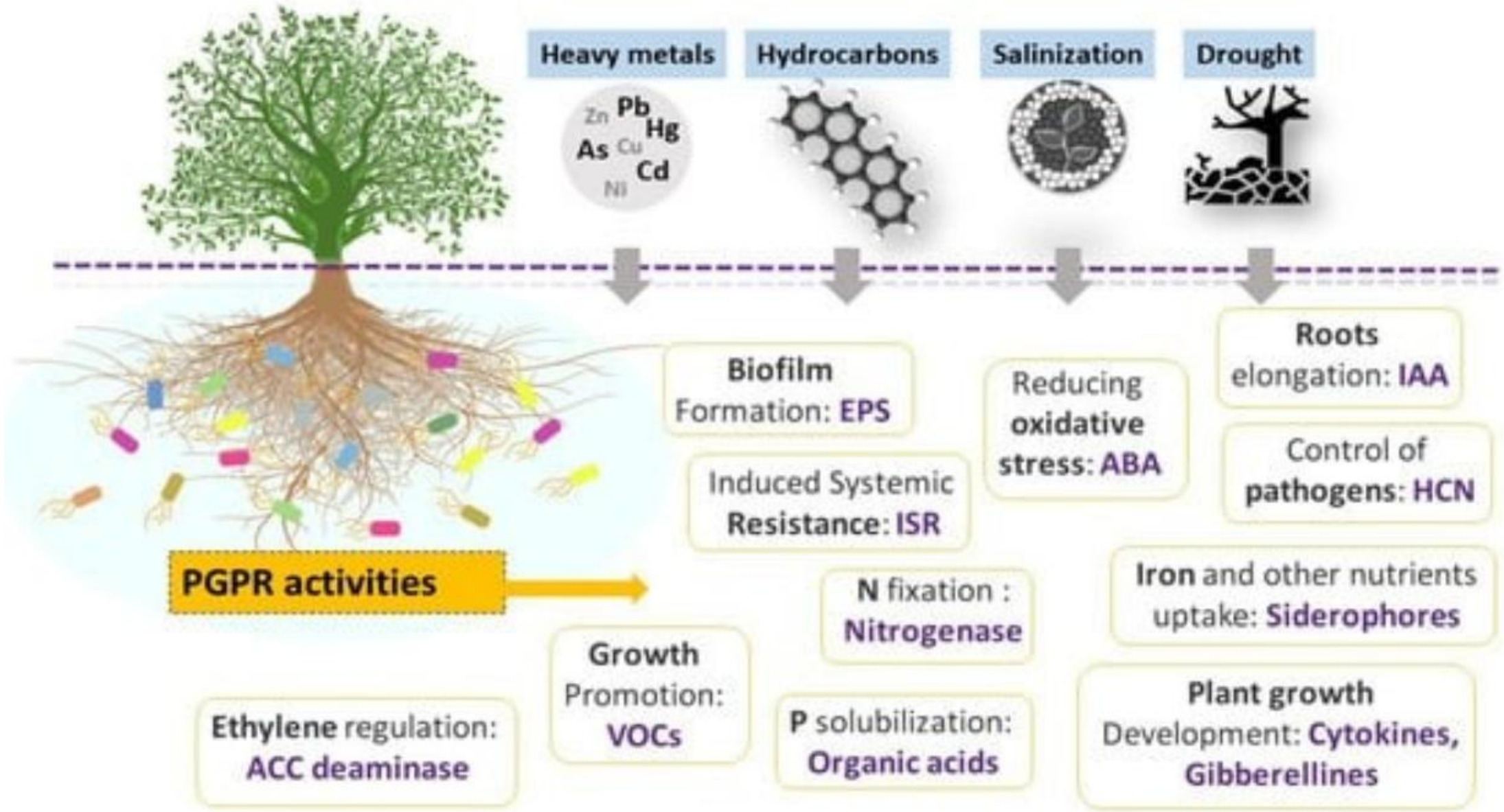


Rhizobactéries favorisant la croissance des plantes (PGPR) :

Ce terme a été utilisé pour inclure un large éventail de rhizobactéries qui améliorent la croissance des plantes en contribuent à la fixation de l'azote atmosphérique, assurent l'absorption des nutriments en solubilisant le phosphate et en produisant des molécules biologiquement actives qui influencent la croissance des plantes : Exemples: Pseudomonas, Bacillus, Klebsiella, Azotobacter, Enterobacter...

1) **Rhizobactéries symbiotiques qui envahissent l'intérieur de la cellule :** (PGPR intracellulaires, par exemple, bactéries nodulaires, Azorhizobium, Allorhizobium, Bradyrhizobium, Mesorhizobium et Rhizobium)

2) **Rhizobactéries libres qui existent à l'extérieur des cellules végétales** (PGPR extracellulaires, par exemple,Bacillus, Pseudomonas, Azotobacter,Agrobacterium, Pseudomonas et Serratia)



Plant growth-promoting rhizobacteria

De manière générale, les **PGPR** agissent en synthétisant des composés particuliers ou des phytohormones pour les plantes (appelés « **biostimulants** »), en facilitant l'absorption de certains nutriments de l'environnement (appelée « **biofertilisation** ») et en protégeant les plantes contre les maladies (appelées « **bioprotecteurs** » ou « **biocontrôle** »).

Les Biopesticides:

L’utilisation prolongée de pesticides chimiques affecte généralement la fertilité des sols et a des effets néfastes sur les êtres humains et les animaux.

Le terme biopesticide est utilisé pour tous les types d'agents de lutte biologique, comme contre les insectes : les pesticides microbiens et contre les herbes sauvages : les herbicides microbiens.

L'un des biopesticides microbiens les plus utilisés est ***Bacillus thuringiensis*** (Une bactérie Gram+ largement utilisée pour tuer les insectes et autres arthropodes.)

Biotechnologie médicale

Les applications de BM dans le domaine de la santé, notamment dans l'industrie pharmaceutique. Elle inclut la production de vaccins, d'antibiotiques et le développement de médicaments et de thérapies génétiques pour traiter les maladies et améliorer la qualité de vie.

1

Production de médicaments :

Utilisation de micro-organismes génétiquement modifiés pour produire des substances actives, comme l'insuline pour traiter le diabète, ou des anticorps monoclonaux pour le traitement de cancers.



2

Thérapie génique :

Techniques permettant de traiter ou de prévenir des maladies génétiques en introduisant, modifiant ou réparant des gènes à l'intérieur des cellules humaines.



3

Vaccins :

Développement de vaccins recombinants, comme ceux contre le cancer ou les maladies infectieuses, en utilisant des techniques biotechnologiques pour produire des antigènes spécifiques.



4

Diagnostic médical :
Les biotechnologies rouges permettent également la mise au point de tests diagnostiques plus précis, comme les tests PCR pour la détection des infections, ou les biomarqueurs pour des maladies comme le cancer.

5

Biofabrication de protéines thérapeutiques :
Par exemple, la production d'hormones, de facteurs de croissance ou d'enzymes utilisées dans des traitements médicaux spécifiques.

6

Médecine régénérative :
Applications visant à réparer ou remplacer des tissus et des organes endommagés à l'aide de cellules souches et de biotechnologies avancées.

1/ Production des médicaments et de vaccins

Exemple : Insuline humaine

Saccharomyces cerevisiae, une levure, est utilisée pour produire de l'insuline humaine. Avant l'utilisation de la biotechnologie, l'insuline était extraite de pancréas d'animaux, mais avec l'ingénierie génétique, les chercheurs ont inséré le gène humain responsable de la production d'insuline dans la levure. Cette méthode permet de produire de l'insuline de manière plus éthique et à un coût bien plus faible.

Exemple : Vaccins recombinants

Des micro-organismes comme (E. coli) sont utilisés pour produire des antigènes, qui sont des composants d'un vaccin. Par exemple, le vaccin contre l'hépatite B utilise une protéine de surface du virus de l'hépatite B, produite par E. coli génétiquement modifié, pour stimuler la réponse immunitaire sans risquer une infection réelle.

2/ Production d'antibiotiques et d'agents antimicrobiens

Exemple : Pénicilline

La pénicilline, l'un des premiers antibiotiques découverts, est produite à partir du champignon Penicillium notatum. Ce micro-organisme produit naturellement la pénicilline, un composé qui tue ou inhibe la croissance des bactéries, et il a révolutionné le traitement des infections bactériennes.

Exemple : Streptomycine

La streptomycine, un antibiotique utilisé pour traiter la tuberculose, est produite par la bactérie Streptomyces griseus. Ce micro-organisme est une source importante d'antibiotiques naturels, qui sont ensuite isolés et utilisés dans la médecine moderne.

3/ Thérapie génitiques et génie génitique

Production d'hormones et d'enzymes thérapeutiques
Des micro-organismes comme Escherichia coli sont modifiés génétiquement pour produire des protéines humaines, comme l'hormone de croissance humaine ou des enzymes utilisées dans le traitement de maladies métaboliques. Par exemple, l'enzymothérapie est utilisée pour traiter les patients atteints de la maladie de Gaucher, une maladie génétique rare. L'enzyme défectueuse dans ces patients peut être produite à grande échelle par des bactéries génétiquement modifiées.

Exemple : Thérapie génique
Les micro-organismes sont également utilisés pour transporter des gènes thérapeutiques dans les cellules humaines. Par exemple, des virus modifiés génétiquement (non pathogènes) sont utilisés comme vecteurs pour insérer des gènes correctifs dans les cellules des patients atteints de maladies génétiques, comme la fibrose cystique.

4/ Diagnostique médical

Test de détection rapide du VIH

Les micro-organismes génétiquement modifiés, comme certaines souches d'E. coli, peuvent être utilisés dans des tests diagnostiques pour détecter la présence d'anticorps contre des virus comme le VIH. Ces micro-organismes sont capables de produire des protéines virales spécifiques qui réagissent avec les anticorps dans les échantillons de sang, permettant un diagnostic rapide.

Tests de grossesse

Des tests de grossesse modernes utilisent des anticorps produits par des micro-organismes pour détecter l'hormone hCG (gonadotrophine chorionique humaine) dans les urines. Ces anticorps sont créés par des bactéries ou des levures qui ont été génétiquement modifiées pour reconnaître spécifiquement cette hormone.

5/ Bioproduction et fermentation

Production de vitamines et d'acides aminés

Des bactéries et des levures sont utilisées pour produire des vitamines essentielles, telles que la vitamine B12, (bacillus). et des acides aminés comme la glutamine. Ces substances sont souvent utilisées dans les compléments alimentaires et les médicaments.(Escherichia coli,)

Production d'enzymes

Les micro-organismes sont utilisés pour produire des enzymes qui sont ensuite utilisées dans des traitements médicaux, comme la lactase, utilisée pour traiter l'intolérance au lactose, ou encore des enzymes digestives utilisées dans la gestion des troubles digestifs.

Défis et risques liés à l'utilisation des micro-organismes

LES DÉFIS

01

Contrôle de la croissance :
Les micro-organismes peuvent se multiplier très rapidement dans des conditions favorables, rendant leur contrôle difficile.

02

Exigences environnementales :
Ils nécessitent des conditions spécifiques (température, humidité, pH) pour fonctionner efficacement.

03

Coût élevé :
L'équipement et les laboratoires spécialisés sont indispensables pour les manipuler en toute sécurité.

04

Expertise scientifique :
Une connaissance approfondie est nécessaire, surtout pour traiter les espèces potentiellement dangereuses.

LES RISQUES

01

Propagation des maladies :
Certains micro-organismes peuvent provoquer des infections graves s'ils échappent au contrôle.

02

Pollution environnementale :
Leur utilisation excessive dans l'industrie ou l'agriculture peut contaminer les sols et les eaux.

03

Résistance aux antibiotiques :
Un usage abusif, notamment en agriculture, peut favoriser l'émergence de résistances aux antibiotiques.

04

Interactions imprévues :
L'introduction d'un nouveau micro-organisme dans un écosystème peut entraîner des déséquilibres environnementaux.

Biotechnologie marine

L'exploration de la biodiversité sous-marine pourrait permettre d'élaborer de nouveaux produits pharmaceutiques ou des enzymes industriels capables de supporter des conditions extrêmes, et donc porteurs d'une grande valeur économique. À long terme, ce secteur devrait créer des emplois à haut niveau de qualification et offrir d'importants débouchés commerciaux en aval.

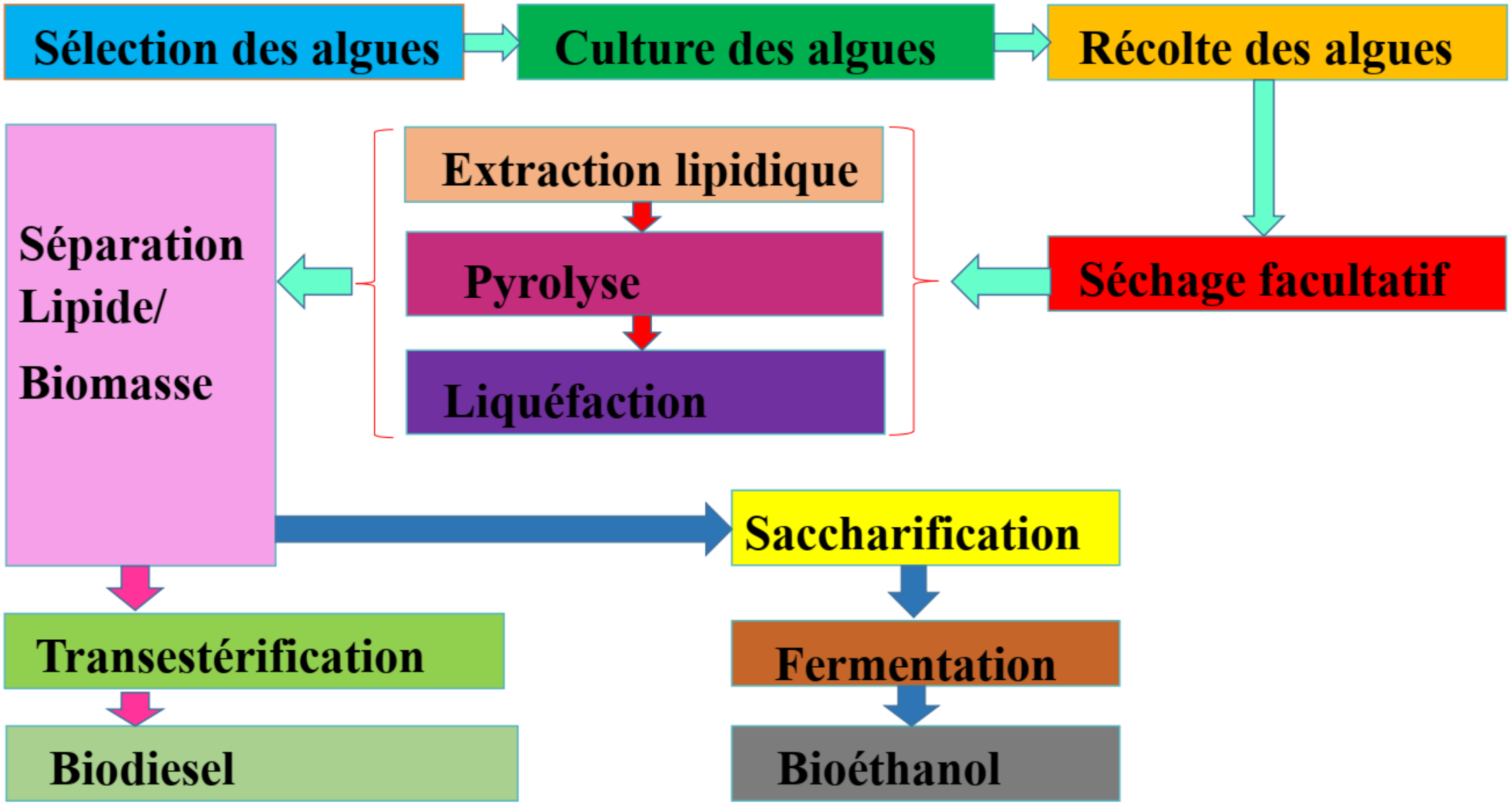
La biotechnologie marine peut irriguer de nombreux domaines d’application tels que la santé, la pharmacologie, la cosmétologie (crèmes), l'industrie agro-alimentaire (compléments alimentaires, engrais, etc.) mais aussi dans le secteur de l’énergie (biocarburants notamment) et dans d’autres domaines

Exemple de la production d’un biocarburant :

Transformation en bioéthanol :

La fermentation de saccharose est effectuée en utilisant des levures commerciales comme Saccharomyces ceveresiae.

En premier lieu, l'enzyme invertase de la levure catalyse l'hydrolyse du saccharose pour le convertir en glucose et fructose. Deuxièmement, la zymase, une autre enzyme aussi présente dans la levure, transforme le glucose et le fructose en éthanol.


Sélection des algues
Culture des algues
Récolte des algues
Séchage facultatif
Extraction lipidique
Pyrolyse
Liquéfaction
Séparation Lipide/ Biomasse
Transestérification
Biodiesel
Saccharification
Fermentation
Bioéthanol

Avantages des biocarburants :

- Moins chers que l'essence.
- Ils Peuvent être fabriqués à partir des déchets des cultures.
- Leur matière première est renouvelable
- La sécurité : En réduisant la dépendance sur les sources d'énergies étrangères.
- Des créateurs de nouveaux emplois
- Facilement biodégradables.
- Faible émission de carbone.

D’autres exemples :

Domaine de la santé

Une molécule algale **SC2310**, extraite d’une algue rouge amplifie la réponse immunitaire de l’hôte. La molécule **SC2310** est expérimentée dans le traitement des maladies hématologiques sensibles au système immunitaire (comme la leucémie, les mélanomes de la peau ou certaines tumeurs cancéreuses touchant les reins).

Domaine de la pharmacologie

Les champignons marins

Les micromycètes ont été la source de molécules de première importance en santé comme les statines. En milieu marin, leur étude est beaucoup plus récente, mais aujourd'hui les champignons « marins » constituent un des principaux réservoirs pour la recherche de nouvelles molécules d'intérêt, que ce soit pour des applications en santé humaine, animale ou végétale mais aussi en nutrition.

Domaine des cosmétiques

Des scientifiques ont effectué des recherches sur un exopolysaccharide (EPS SEAFILL)

Cet EPS a été sécrété en bioréacteur à partir de microorganismes marins isolés de la Mer d'Iroise

L'utilisation de l'EPS SEAFILL améliore la fermeté de la peau et son élasticité

Des tests in vivo ont démontré que l'EPS a un effet de lissage de la peau et de réduction des rides après 15 minutes seulement après son application

Biotechnologie microbienne

Éthiques & enjeux

1. Domaine agricole : Les OGM soulèvent la question de la sécurité alimentaire et environnementale, car ils peuvent modifier les écosystèmes ou entraîner une dépendance des agriculteurs envers les grandes firmes semencières. Sur le plan éthique, on débat du droit de breveter le vivant et de l'impact sur les petits producteurs, notamment dans les pays en développement.

2. Domaine environnemental : L'usage d'organismes génétiquement modifiés pour dépolluer les milieux naturels pose des questions de sécurité écologique, car ces micro-organismes pourraient se propager de manière incontrôlée. Éthiquement, il faut trouver un équilibre entre innovation et préservation de la biodiversité, sans perturber les équilibres naturels.

3. Domaine industriel : Les biotechnologies industrielles permettent une production plus durable, mais elles soulèvent la question de la consommation de ressources biologiques et de la justice économique entre pays producteurs et industriels.

4. Domaine biomédical : Les biotechnologies médicales, comme la thérapie génique ou le clonage, posent la question des limites de la manipulation du corps humain et du patrimoine génétique. Sur le plan éthique, elles remettent en cause des notions fondamentales comme la dignité humaine, l'équité d'accès aux soins et la frontière entre traitement et amélioration de l'humain.