

# Programme Pédagogique

## Socle commun 2<sup>ème</sup> année

### Domaine

### Sciences de la Nature et de la Vie

### Filière Biotechnologies

2021-2022



Faculté des Sciences  
Département des sciences de la nature et de la vie  
2 eme Année Licence  
Intitulé de Licence : **Biotechnologies**



جامعة محمد بوضياف - المسيلة  
Université Mohamed Boudiaf - M'sila

# Introduction aux **Biotechnologies**

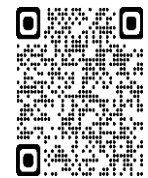


**BIOTECHNOLOGIES**

Prepared by:  
DEHIMAT Abdelouahab, PhD



a-ouahab.dehimat@univ-msila.dz



<https://www.linkedin.com/in/abdelouahab-dehimat-320a7057/>

**2021 - 2022**



# Biotechnologie



جامعة محمد بوضياف - المسيلة  
Université Mohamed Boudiaf - M'sila

**Semestre:** 3<sup>ème</sup> Semestre

**UE :** Unité d'Enseignement Fondamentale 1

**Matière:** **Introduction aux biotechnologies**

## Objectifs de l'enseignement

Cette matière s'intéresse à donner un aperçu global sur les domaines d'application de la Biotechnologie (environnement, agronomie, industrie et médicale).

**Semestre:** 4<sup>ème</sup> Semestre

**U.E:** Unité d'Enseignement Fondamentale 1

**Matière :** **Biotechnologies et applications**

## Objectifs de l'enseignement

Cette matière s'intéresse particulièrement à la description des secteurs utilisateurs de la biotechnologie



# Biotechnologie

Semestre: 3<sup>ème</sup> Semestre

UE : Unité d'Enseignement Fondamentale 1

Matière: **Introduction aux biotechnologies**

## Objectifs de l'enseignement

Cette matière s'intéresse à donner un aperçu global sur les domaines d'application de la Biotechnologie (environnement, agronomie, industrie et médicale).

## Contenu de la matière

### 1. Introduction

- 1.1. Les origines des biotechnologies
- 1.2. Evolution des biotechnologies dans le temps
- 1.3. Les grands enjeux actuels des biotechnologies et bionanotechnologies
- 1.4. Définition des biotechnologies vertes, blanches, et rouges
- 1.5. Les produits types de biotechnologies
- 1.6. Domaines industriels concernés
- 1.7. Les défis d'innovation biotechnologiques

### 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)

### 3. Biotechnologies en agronomie à des fins alimentaires

- 3.1. Biotransformation et conservation
- 3.2. Production de matrices alimentaire en bioréacteurs
- 3.3. Sécurité, traçabilité et qualité des aliments

### 4. Biotechnologies et l'industrie à des fins non alimentaires

- 4.1. Bioénergie
- 4.2. Biomatériaux et agro-polymères
- 4.3. Biomolécules et activités cellulaires

### 5. Biotechnologies microbiennes et infectiologie

- 5.1. Diagnostics
- 5.2. Nouvelles voies thérapeutiques
- 5.3. Lutte contre le dopage et l'utilisation de stupéfiants

Matière: **Introduction aux biotechnologies**



# Biotechnologie

Semestre: 4<sup>ème</sup> Semestre

U.E: Unité d'Enseignement Fondamentale 1

Matière : **Biotechnologies et applications**

## Objectifs de l'enseignement

Cette matière s'intéresse particulièrement à la description des secteurs utilisateurs de la biotechnologie

## Contenu de la matière

### 1. La Signification économique des microorganismes

### 2. Utilisation des microorganismes dans les fermentations alimentaires

- 2.1. Pain
- 2.2. Fromage
- 2.3. Lait
- 2.4. Autres

### 3. Métabolites microbiens d'importances économiques

- 3.1. Enzymes
- 3.2. Ethanol
- 3.3. Acide citrique
- 3.4. Antibiotiques
- 3.5. Autres

### 4. Application des biotechnologies dans le domaine médical

- 4.1. Production d'hormones
- 4.2. Production de vaccins

### 5. Application des biotechnologies dans le domaine animal

- 5.1. Les biotechnologie de l'embryon
- 5.2. Culture cellulaire animale pour des productions industrielles

### 4. Application des biotechnologies dans le domaine médical

- 4.1. Aperçu historique du développement des cultures *in vitro*
- 4.2. Totipotence
- 4.3. Culture *in vitro* et son utilisation

Matière : **Biotechnologies et applications**

# Introduction aux Biotechnologies



BIOTECHNOLOGIE

**Semestre 3**

| Unités d'enseignement   | Matières                            | Crédits | Coefficients | Volume horaire hebdomadaire |      |    | VHS<br>(15 semaines) | Autre* | Mode d'évaluation |     |        |     |
|---|-------------------------------------|---------|--------------|-----------------------------|------|----|----------------------|--------|-------------------|-----|--------|-----|
|   | Intitulé                            |         |              | Cours                       | TD   | TP |                      |        | CC*               |     | Examen |     |
| U E Fondamentale<br>Code : UEF 2.1.1<br>Crédits : 6<br>Coefficients : 3 | Introduction aux<br>Biotechnologies | 6       | 3            | 3h00                        | 1h30 | -  | 67h30                | 82h30  | x                 | 40% | x      | 60% |

Cette matière s'intéresse à donner un aperçu global sur les domaines d'application de la biotechnologie :

## Objectif de la matière

- Environnement
- Agronomie
- Industrie
- Médicale

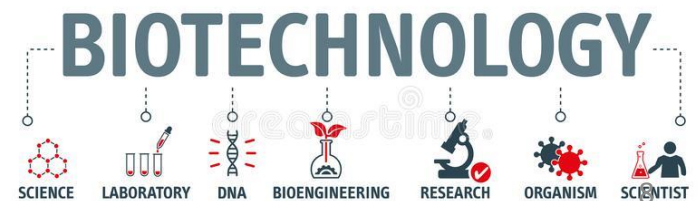
# Mode d'évaluation



- **Contrôle contenu (40%)**
  - Projet Personnel + Interrogation
- **Examen (60%)**
  - QCM
  - QROC
  - Problématiques (analyse d'article)

# En quelques mots !

Ce cours permet d'introduire l'étudiant à la biotechnologie et à ses principaux domaines d'application. L'étudiant voit les fonctions d'un biotechnologue et se familiarise avec les habiletés professionnelles requises. Il est informé sur les industries et autres établissements où se pratique la biotechnologie.





# Contenu de la matière



1

## Introduction

2

## Chapitre 01

Biotechnologies appliquées  
aux problématiques environnementales

3

## Chapitre02

Biotechnologies  
en agronomie à des fins alimentaires

4

## Chapitre 03

Biotechnologies  
et l'industrie  
à des fins non alimentaires

5

## Chapitre 04

Biotechnologies  
microbiennes  
et infectiologie

6

## Projets Personnels

# Contenu de la matière

## I- Introduction

- Les origines des biotechnologies
- Evolution des biotechnologies dans le temps
- Les grands enjeux actuels des biotechnologies et biotechnologies
- Définition des biotechnologies **vertes**, blanches, et **rouges**
- Les produits types de biotechnologies
- Domaines industriels concernés
- Les défis d'innovation biotechnologiques

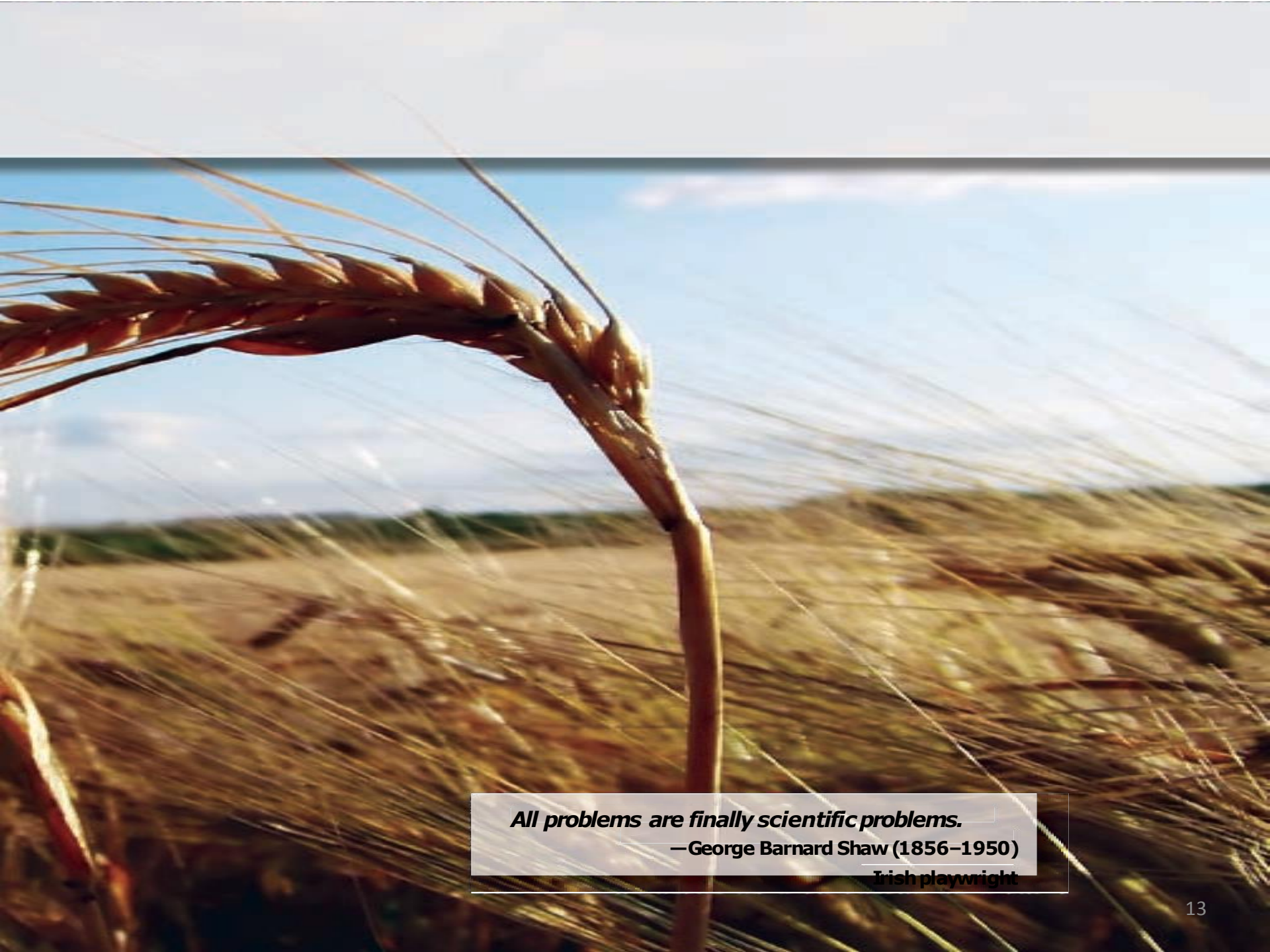


Que ce que la

**“Biotechnologie” ?**

# 1 Qu'est-ce que la biotechnologie?





***All problems are finally scientific problems.***

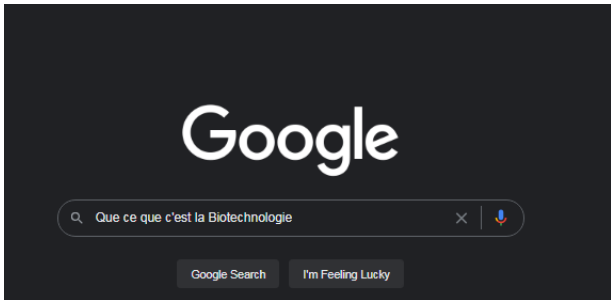
**—George Barnard Shaw (1856–1950)**

**Irish playwright**



Qu'est ce que la  
Biotechnologie ?

SEARCH



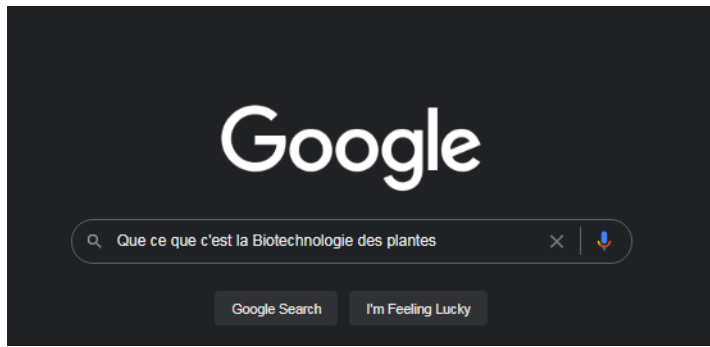
- Aujourd'hui, moins de 20 ans plus tard, si vous « **Google** » « **biotechnologie** », vous obtiendrez plus de 119 millions de « clics ». Il existe des milliers d'entreprises de biotechnologie dans le monde et la plupart des grandes universités ont des cours ou des programmes officiels de biotechnologie .



Qu'est ce que la  
Biotechnologie des plantes ?

SEARCH





- Une recherche sur Google pour *la « biotechnologie des plantes »* à elle seule générera plus de 15 millions de visites, et il ne se passe presque pas un jour sans que vous ne trouviez une référence à la biotechnologie dans les grands journaux.

# Définitions

- Fondée sur plusieurs disciplines scientifiques:
  - *biochimie,*
  - *microbiologie*
  - *biologie cellulaire,*
  - *biologie et génétique moléculaire,*
  - *enzymologie,*
- *«La biotechnologie est une science qui repose sur l'utilisation du potentiel biochimique et des capacités génétiques des organismes vivants en vue de produire des composés ou rendre des services, pouvant être utiles ou non à l'Homme et à l'industrie »*

# D'autres Définitions

- **Biotechnologie** : 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 ». Cette définition vient de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE).

Aujourd'hui, ces biens et services sont produits par la manipulation génétique.

Les **BT** regroupent l'ensemble des procédés et techniques d'utilisation des ressources du vivant : êtres vivants (microorganismes, plantes, ... ) ou parties d'entre eux (tissus, cellules, gènes, enzymes...) pour la transformation d'une ou plusieurs substances en une ou plusieurs autres.

Utilisation du vivant pour dégrader, synthétiser et produire des matériaux.

# La base moléculaire des biotechnologies

DNA et RNA = support de l'information génétique.

Le génome des procaryotes est totalement informatif tandis que chez les eucaryotes, il existe des séquences codantes (exons) et non codantes (introns) et des séquences répétitives.

Selon le principe établi par Crick et Watson en 1953 l'organisation de l'information génétique et la suivante :

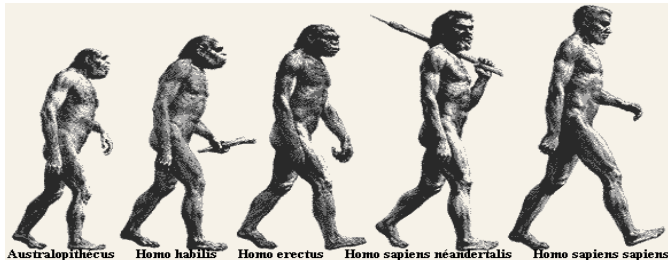


# Evolution de la biotechnologie dans le temps



**4 milliards d'années :**  
**apparition de la vie**

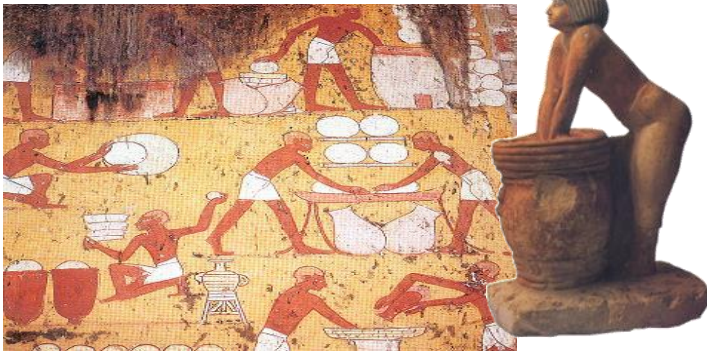
**5 millions d'années :**  
**apparition de l'Homme**



**4.000 ans :**

**«Low Tech» empirique**

*Alcool, Bière, Cuir, Fromage,  
Lait fermenté, Pain, Papier,  
Textile*



# Voyage dans le temps des biotechnologies



Voyage dans le temps des biotechnologies.mp4

# Bière, fromage et pain frais

**Est-il possible que les premiers hommes aient découvert la bière de cette manière ?**

- La production de la bière, du vin et du pain comprend la **fermentation** du glucose du sucre par un champignon unicellulaire appelé levure, habituellement une souche de *Saccharomyces cerevisiae* .
- La levure convertit le glucose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) à éthyl alcool (éthanol, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) et le gaz carbonique dioxyde (CO<sub>2</sub>):



## Bière, fromage et pain frais

- Le fromage, comme le vin, est un moyen de conserver les aliments et entretient avec le lait le même rapport que le vin avec le raisin.
- La raison, comme nous le savons maintenant, est que la paroi de l'estomac d'un veau produit de la rénine, une enzyme qui coagule les protéines du lait (albumine et caséine).
- Le fromage était bien connu à la Sumériens au moins aussi loin en arrière que six mille année il y a et a été à chaque endroit où les animaux domestiques ont produit plus de lait que pourrait être immédiatement utilisé par les personnes.



**Figure 1.1** Un fromager remue un chaudron de lait caillé et la liquide partie du lait connu comme petit-lait.

Cheesemaking est l'un des plus anciens exemples de la biotechnologie

Le commun fil est que les quatre impliquent exploiter des organismes vivants ou les produits d'organismes vivants à l'alimentation des processus et faire un produit spécifique pour l'homme.



# Faire travailler les organismes pour nous!

## Que signifient la bière, du vin, du pain et du fromage ont à faire avec **biotechnologie**?

- Beer- et vinificateurs, de cours, comptent sur la production d'alcool pour leurs boissons caractéristiques.
- Le boulanger ne s'intéresse pas à la production d'alcool mais profite du gaz carbonique pour donner de la texture.
- Lors de la préparation du pain, la pâte est pétrie, ce qui provoque la farine de protéines, appelées glutens, pour former un élastique réseau. C'est ce réseau de gluten qui piège les bulles de dioxyde de carbone produites lors de la fermentation par la levure des sucres glucose et maltose présents dans la farine. Lorsque la pâte a enfin levé et est prête à cuire, elle contient également une quantité importante d'alcool (jusqu'à 0,5 %), mais celle-ci est chassée pendant la cuisson et contribue à l'arôme attrayant que nous associons au pain fraîchement cuit .
- La coagulation des protéines du lait est une étape naturelle de la digestion du lait par les veaux, les chevreaux et autres jeunes mammifères.
- Les humains ont profité des enzymes impliquées pour traiter et conserver le lait comme aliment. Bien que la présure était autrefois obtenue à partir d'estomacs de veau, la production mondiale de fromage a dépassé l'offre de veaux abattus. Heureusement, il existe des champignons qui produisent des extracellulaires (sécrétés dans l'environnement de l'organisme) des enzymes, dont la présure, qui vont coaguler le lait. Les champignons sont aujourd'hui la principale source commerciale de présure pour l'industrie fromagère .

# Les Microorganismes et La Biotechnologie



y2mate.com - Les Microorganismes et La Biotechnologie\_480p.mp4

- L'utilisation d'organismes vivants pour transformer des aliments et fabriquer d'autres produits utiles aux humains est ce que nous appelons généralement la « biotechnologie ».
- Parce que le mot n'est entré dans l'usage populaire que récemment , la plupart des gens pensent que la biotechnologie est une invention très récente . La vérité est que les humains utilisent d'autres organismes pour produire de nouveaux produits depuis très longtemps. Les premiers humains à découvrir le pain, la bière, le vin et le fromage étaient, en fait, les premiers biotechnologues au monde et nous mangeons les produits de la biotechnologie depuis des milliers d' années.

Pendant la plus grande partie de l'histoire, la biotechnologie s'est concentrée sur la transformation des aliments pour les humains et le bétail. L'ensilage, ou le fourrage, qui devient l' aliment du bétail est stocké par les bovins et les producteurs laitiers dans des silos et est également un produit fermenté. Plus récemment, les ingénieurs ont utilisé la fermentation pour produire des **matières premières** industrielles telles que l'acide acétique et l'acide citrique ; des médicaments tels que la pénicilline; éthanol à usage industriel et comme additif pour essence; et pour traiter les eaux usées.

## Au cours des 30 dernières années

La biotechnologie est venue à signifier quelque chose de très différent dans les yeux de la grand public.

Nous entendons à propos de **génétique modification (GM)** et **génétiens organismes modifiés quement** (les OGM), mais nous entendons également parler de **génétique génie** ou **recombinant ADN (ADNr)**.

Ces nouvelles technologies nous ont pris bien au delà en utilisant bio-fermentation logique aux aliments du processus, car nous avons maintenant la possibilité de modifier les organismes les plus fondamentaux niveaux et font leur travail pour nous de moyens auparavant impensables de **(figure 1.2)**.



**Figure 1.2** Un scientifique regarde à la racine de croissance sur le blé plantes qui ont été génétiquement modifiées pour résister à l' infection par *Fusarium* , un genre de la gus. Les scientifiques modifient généralement les gènes des plantes afin d'augmenter les rendements ou d' améliorer la qualité nutritionnelle d' une plante.

## Au cours des 30 dernières années

- Cette nouvelle biotechnologie a déclenché une tempête de controverse publique .
- Les partisans voient l'opportunité d'aider à éradiquer la malnutrition, la famine et les maladies génétiques.
- Comme pour la plupart des nouvelles technologies, la biotechnologie comporte à la fois des avantages et des risques et la vérité se situera quelque part entre ces deux extrêmes.
- Les humains ont manipulé les micro- organismes et les plantes au fil du temps. Pour nous aider à mieux comprendre recombinaison l' ADN de la technologie, nous vous présenter un aperçu des ADN et gènes et regardez comment cette nouvelle biotechnologie est née .
- Nous montrerons comment les plantes sont « génétiquement modifiées » et comment cette nouvelle technologie se compare aux méthodes traditionnelles de production de nouvelles plantes alimentaires.
- Nous dissiperons certains des mythes entourant la modification génétique et passerons en revue l'impact actuel et le potentiel futur des plantes génétiquement modifiées. Dans le dernier chapitre, nous examinerons certaines des questions morales et éthiques entourant les organismes génétiquement modifiés .

# Sommaire

Les découvertes du processus de fermentation pour fabriquer de la bière et du vin et l'utilisation d'enzymes animales pour fabriquer du fromage sont toutes perdues dans l'antiquité, mais elles exploitent les activités d'organismes vivants . L'utilisation d'organismes vivants pour transformer des aliments et fabriquer d' autres produits utiles à l'humanité est communément appelée « **biotechnologie** ».

**À partir des années 1980**, cependant, le mot *biotechnologie* a pris un tout nouveau sens. La plupart des gens comprennent maintenant que le terme *biotechnologie* signifie la manipulation des gènes d'un organisme pour créer **des organismes génétiquement modifiés (OGM)**.

Ce cours retracera le développement de la biotechnologie de ses premiers débuts à l'heure actuelle, **expliquer la science derrière la biotechnologie**, et **aider l'étudiant à faire une connaissance de jugement au sujet du rôle de la biotechnologie dans l' avenir**.

# 2 Le début Journées de la biotechnologie





***There are science and the applications of science, linked together as fruit to the tree that has borne it –Louis Pasteur (1822–1895) French chemist and microbiologist***



# 2ème Partie

## Le début Journées de la biotechnologie

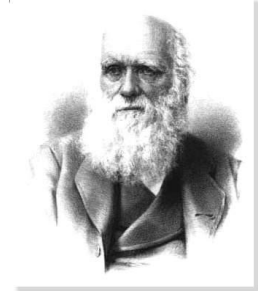
- Les racines scientifiques de la biotechnologie
- Qu'est-ce que la fermentation ?
- Transformation des aliments et des boissons
- Production industrielle de métabolites fongiques
- Gestion des déchets et bio-ré-médiation
- Bioréacteurs...

# Importance du 19<sup>ème</sup> siècle pour la biotechnologie

Découverte des fondements de la



**Les fermentations**  
(Louis PASTEUR )



**L'évolution des espèces**  
(Charles Robert Darwin )



***La génétique***  
(*Johann Gregor Mendel* )

# La « révolution biotechnologique »

- 1953 : Compréhension de la structure de l'ADN (Watson et Crick)
  - 1962 : Déchiffrage du code génétique (Nirenberg)
  - 1973 : Premières techniques de génie génétique, grâce à la découverte de « ciseaux moléculaires » : les enzymes de restriction (Cohen et Boyer)
  - 1975 : production expérimentale d'anticorps monoclonaux
  - 1977 : clonage et expression d'un gène humain
  - 1982 : HUMULIN\*, première insuline recombinante sur le marché
  - 2004 : 90 biomédicaments en France (CA: 2,21 Mds d'€)
  - 2005 : 1 médicament sur 2, soumis à l'agrément de la FDA aux Etats-Unis, est fabriqué par les biotechnologies
- Bioinformatique : augmentation de la puissance de séquençage  
Biopuce : détection électrique de séquences d'ADN



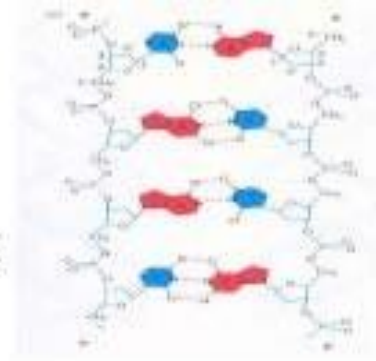


## Qu'est-ce que les biotechnologies?

Les **Biotechnologies** sont des technologies de pointe **exploitant des processus cellulaires ou moléculaires** pour transformer des matériaux vivants ou non.

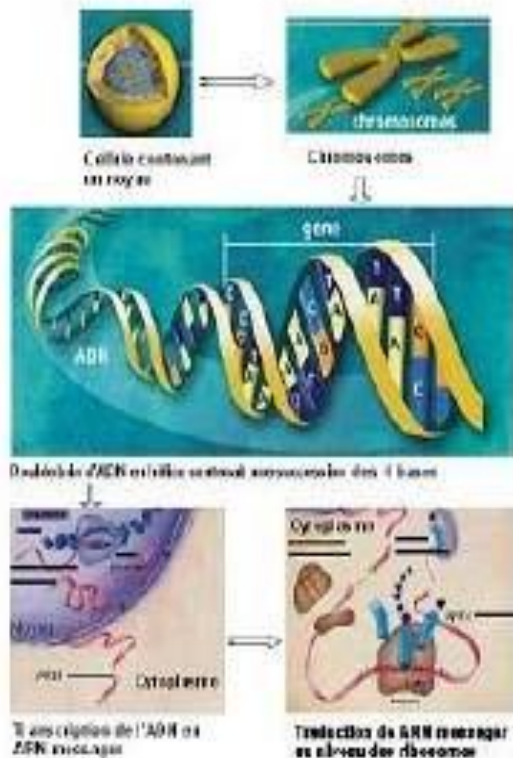
- Le mot « biotechnologies » recouvre des techniques très diverses. Elles utilisent **nos connaissances croissantes des mécanismes de fonctionnement des êtres vivants** (génie génétique (ex. différents types d'OGM), cultures cellulaires, fermentations, thérapie génique...)

# Glossaire



- **ADN** : acide désoxyribonucléique, constituant essentiel des chromosomes.
- **Clonage** : opération consistant à isoler un fragment d'ADN et à le reproduire en grand nombre.
- **Enzyme** : protéine indispensable à la réalisation d'une réaction biochimique dans les cellules. Les enzymes ont des activités qui leur sont propres : inhiber, déclencher ou accélérer des réactions, couper ou lier des molécules, ...
- **Enzyme de restriction** : enzyme bactérienne qui coupe la chaîne d'ADN en un site précis.
- **Gène** : segment d'ADN qui code une protéine et l'ensemble des séquences régulatrices, constituant ainsi une unité d'information génétique. Les gènes sont en quelques sortes « les logiciels de la vie ».
- **Génome** : ensemble des gènes contenus dans chaque cellule de tout être vivant, patrimoine génétique héréditaire.
- **OGM** : organisme génétiquement modifié. C'est un organisme transgénique. Il peut s'agir de n'importe quel organisme vivant (plante, micro-organisme, animal ...).
- **Plante transgénique** : plante dans laquelle on a introduit un gène par génie génétique .
- **Plasmide** : molécule d'ADN circulaire présente chez les bactéries, capable de se répliquer de façon autonome dans une cellule hôte.
- **Transgène** : gène introduit dans le génome d'un organisme par génie génétique.

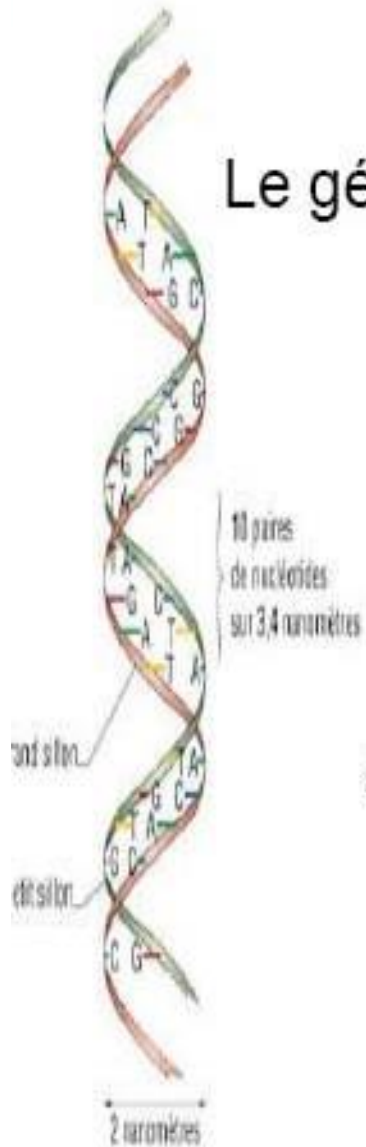
# La cellule : unité élémentaire des organismes



- L'unité élémentaire des êtres vivants est **la cellule**. Elle comporte un noyau, entouré d'un cytoplasme.
- **Le génome** (l'ensemble des gènes d'un organisme ou encore notre patrimoine génétique) est localisé dans le noyau et stocké sur des bâtonnets appelés **chromosomes**.
- **Le génome est composé de gènes**. Les gènes contiennent les informations nécessaires pour que la cellule fabrique des protéines (ou les enzymes) et les hormones.

# Comment cela se passe ?

## Le génie génétique...une usine vivante



Un gène est isolé et inséré dans des plasmides (petits fragments d'ADN)



Le plasmide avec ce nouveau gène (plasmide recombinant) est inséré dans une bactérie, une levure ou une cellule animale



Le gène inséré peut être lu par le mécanisme de production des protéines de la cellule de placement



Après multiplication de la cellule de placement dans une cuve à fermentation, on retrouve la protéine recombinante dans la cellule ou dans le milieu environnant

# Le génome et l'ADN



- Le patrimoine génétique de chaque individu, le génome, se présente sous la forme de **chromosomes**. Chaque chromosome est composé d'une longue molécule complexe appelée "acide désoxyribonucléique" et plus communément : **ADN**.
- Le **génome** humain est composé de **20 à 25 000 gènes** répartis sur toute la longueur de **l'ADN**. Il y dix ans, on pensait qu'il y en avait 100 000. En comparaison, la drosophile en contient 13 000. **Un gène** est une petite partie de **l'ADN** de la cellule. Il contient une information qui sera traduite en protéine.



# Les deux subdivisions dans la biotechnologie

## Biotechnologies classiques

Importance du 19<sup>ème</sup> siècle pour la biotechnologie

Découverte des fondements de la biotechnologie classiques



**Les fermentations**  
(Louis PASTEUR)



**L'évolution des espèces**  
(Charles Robert Darwin)



**La génétique**  
(Johann Gregor Mendel)

## La sélection : une activité pluridisciplinaire



## Biotechnologies modernes

# Les deux subdivisions dans la biotechnologie

- Les biotechnologies classiques sous-tendues

par :

- Les techniques de fermentation (obtention de divers produits alimentaires, énergétiques, etc)
- Les techniques de sélection des souches (obtention des souches plus performantes, etc.)
- Les techniques de génies enzymatiques (bioconversion)
- Les techniques de sélection variétale à travers le transfert des caractères par des croisements dirigés ou la multiplication par vitro-plants ou culture de tissu (culture in vitro, micro propagation, bouturage, etc.)

# Les deux subdivisions dans la biotechnologie

- Les biotechnologies modernes, basées sur la manipulation du DNA et sous-tendues par:
  - Les techniques de génie génétique
  - Les techniques de clonage des gènes et leur identification
  - Les nanotechnologies en générale
  - La génomique (déchiffrage des génomes)
  - La protéomique (technologie des protéines)

# Les typologies des biotechnologies, issues des deux subdivisions de la biotechnologie

- **1- Biotechnologie de première génération** : fondée sur la maîtrise des techniques métaboliques de fermentation et de transformation des substrats.
  
- 2- Biotechnologie de deuxième génération** : fondée sur l'étude de la transmission des caractères entre espèces du même genre.
  
- 3- Biotechnologie de dernière génération** : fondée sur la manipulation du gène et son transfert en dehors de l'espèce (notion de gène voltigeur dans le ciel de la biologie): elle pose des problèmes de biosécurité

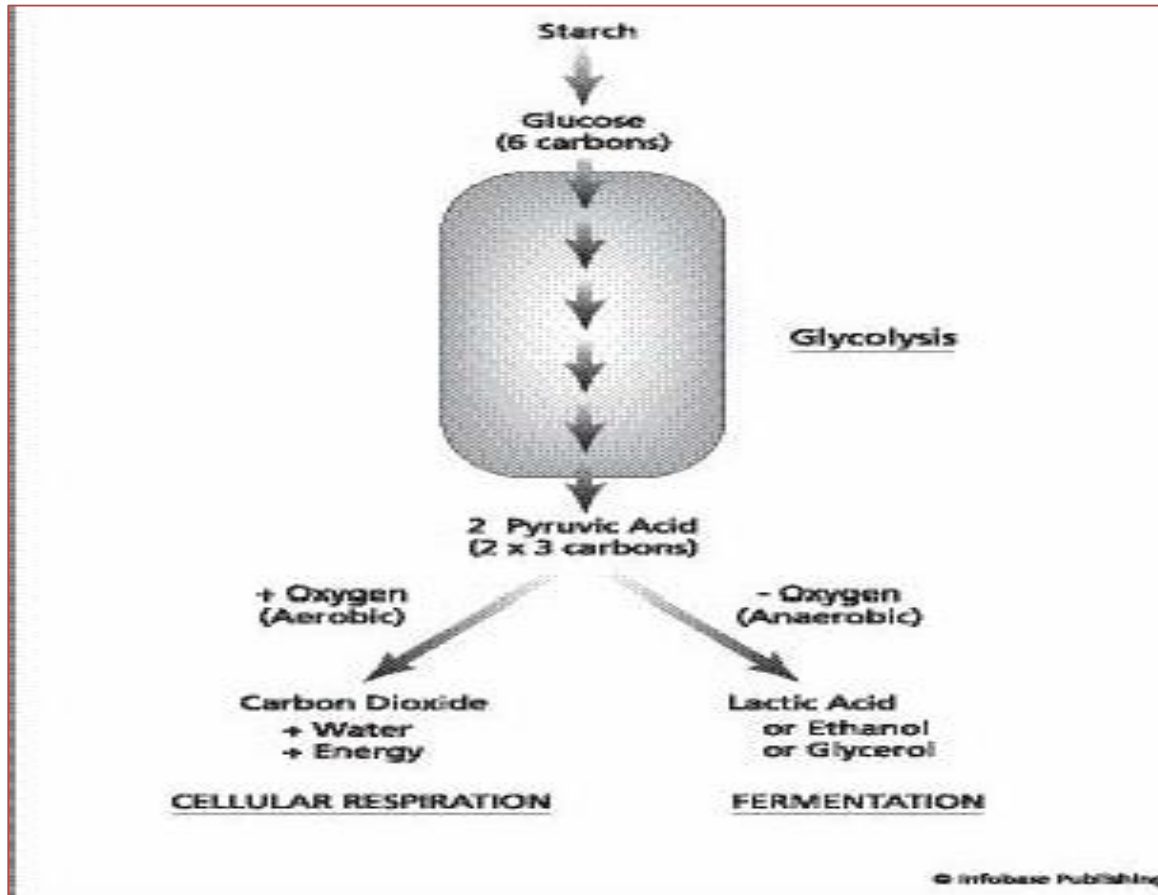
# Qu'est-ce que la fermentation ?

- L'un des aspects les plus intéressants de la nature est son extrême conservatisme. En dépit de leurs saisissantes différences, les organismes que diverses que les champignons, les chênes arbres, les vers de terre, et les éléphants tous partagent beaucoup des mêmes gènes et faire des choses, **dans un sens métabolique au moins, de la même façon.**
- Par exemple, lorsque les organismes décomposent les sucres, les graisses et les protéines pour récupérer de l'énergie, la voie utilisée est pratiquement identique dans tous les organismes vivants. Le résultat final, cependant, est différent selon que l'oxygène est disponible ou non .

Lorsque l'oxygène est présent, cette voie est appelée **respiration cellulaire** .

Lorsque l'oxygène est absent, la même voie est appelée **fermentation**

- Les étapes initiales de la respiration et de la fermentation, un processus appelé **glycolyse**, sont les mêmes. Dans la préparation pour la respiration ou la fermentation, les molécules de stockage complexes tels que l'amidon (plantes) ou le glycogène (animaux) doivent d'abord être cassés vers le bas dans leur composante molécules de glucose. Le glucose, un sucre simple composé de six atomes de carbone, est ensuite décomposé par **glycolyse** (figure 2.2).
- Le résultat net de la glycolyse est que la molécule- à six carbones (glucose) est converti de deux à trois carbones des molécules appelées **acide pyruvique**.
- Une petite quantité d'énergie est libérée, et les carbone atomes du glucose ont été légèrement réarrangées, mais sinon pas de beaucoup est arrivé jusqu'à à ce moment.



**Figure 2.2** La glycolyse est la décomposition du glucose en acide pyruvique à l'intérieur des cellules.

Les pyruvique acides molécules sont cassées vers le bas plus loin par l'intermédiaire de deux différentes voies en fonction de la présence ou absence d'oxygène.

## Qu'est-ce que la fermentation ?

La différence entre la respiration et la fermentation réside dans le ***devenir de l'acide pyruvique***.

Lorsque l'oxygène est présent, le pyruvique acide pénètre dans une métabolique voie appelée l'acide citrique acide du cycle (ou Krebs Cycle), où il est complètement décomposé en dioxyde de carbone et plus de l'énergie est récupérée pour une utilisation par la cellule.

C'est ce qui se passe normalement dans vos propres cellules pour fournir l'énergie dont les cellules ont besoin pour fonctionner.



# Les produits de fermentations

- En l'absence d'oxygène, cependant, les citrique acide cycles se ferme vers le bas et le pyruvate subit plus limités modifications. C'est ce que nous appelons la fermentation. En fonction de l'organisme et les conditions de fermentation, une variété de fin produits sont possibles.
  - **Acide lactique** : Le produit de fermentation dans le muscle humain lors de l'exercice sous la dette d'oxygène. L'acide lactique est responsable des douleurs musculaires , et c'est aussi le produit de fermentation de certains champignons et bactéries. L'acide lactique peut être converti en isoprène, qui peut être utilisé dans la fabrication de caoutchouc butyle synthétique .
  - **Alcool éthylique (éthanol)** : Le produit de fermentation de plusieurs champignons, en particulier *Saccharomyces cerevisiae* .
  - **Glycérol** : Dans des conditions alcalines, *S. cerevisiae* produit du glycérol au lieu de l' éthanol.
  - **Acétique acide (vinaigre)**: La fermentation produit de la *Acetobacter bacterium* .  
La contamination du vin par *Acetobacter* peut être un problème pour les producteurs de vin car l'acide acétique aigre le vin. L'acide acétique est largement utilisé comme matière première dans la fabrication de fibres, de plastiques et d' autres produits industriels .

# Bioréacteurs

- En terme qui a commencé à imprégner le domaine de la bio-ingénierie est *bioréacteur* , utilisé au sens large pour désigner tout navire ou conteneur où des organismes sont utilisés pour produire un produit. L'organisme peut être des micro-organismes, des cellules végétales ou des cellules animales .
- En ce sens, la fermentation des cuves utilisées pour produire citrique l' acide ou la pénicilline seraient être considérés comme des bioréacteurs.
- En effet, toute une industrie s'est développée autour de la conception et de la fabrication de bioréacteurs utilisant la culture par lots ou des cellules immobilisées pour la production d'enzymes, de vaccins, d' hormones, de produits pharmaceutiques et d'une foule d'autres produits chimiques utiles.
- La plupart des bioréacteurs sont constitués de réservoirs entourés de pompes et de tuyaux qui déplacent les fluides et les gaz dans la chambre de réaction, assurent le refroidissement et éliminent les effluents pour le traitement chimique en aval.



# Bioréacteurs

Un bioréacteur est un récipient dans lequel des microorganismes, des cellules ou des enzymes sont utilisées pour briser vers le bas nuisibles substances ou créer utiles produits.

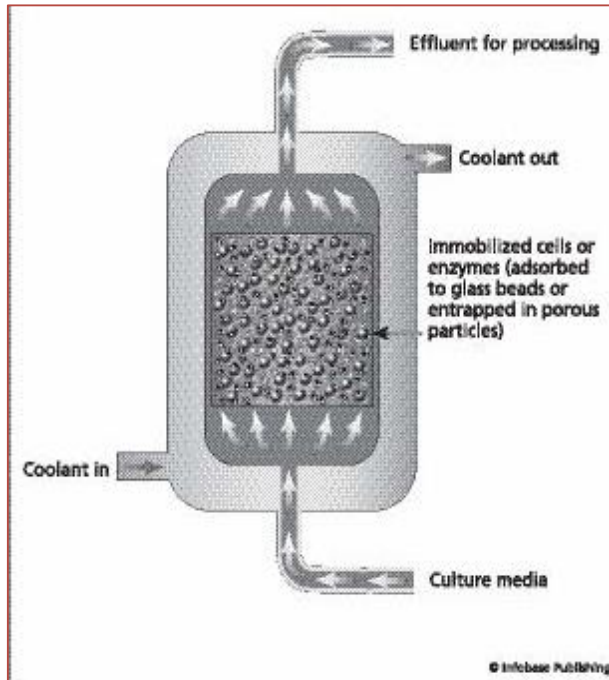
**Bioréacteurs** peuvent varier en taille de petits paillasse appareils pour laboratoire d' expérimentation et de tests aux grandes versions industrielles qui traitent plusieurs milliers de litres.

Le concept de bioréacteur a même été étendu pour inclure *l'utilisation de bactéries pour aider à la décomposition des matériaux déposés dans les décharges et l'utilisation de plantes génétiquement modifiées pour produire des produits chimiques à valeur industrielle ou pharmaceutique.*



Bioréacteur ou Fermenteur.mp4

# Bioréacteurs



**Figure 2.3** Les composants d' un bioréacteur sont vus dans cette illustration.

- Afin de produire de grandes quantités de produits. Au début des années 1960, on a découvert que l'industrie pouvait suivre la même stratégie.
- Des enzymes telles que la glucose isomérase sont maintenant scellées à la surface d'un lit inerte, tel que des billes de verre ou de la cellulose, pour former un  **bioréacteur** .
- Le fructose est ensuite produit en continu par simple passage d'un courant de solution de glucose à travers le réacteur.
- Cet écoulement processus renouvelle sans cesse l'alimentation en substrat traité par les mêmes enzymes et le réacteur produit un continuel courant d'effluent qui est riche en fructose (Figure 2.3).

# Bioréacteurs

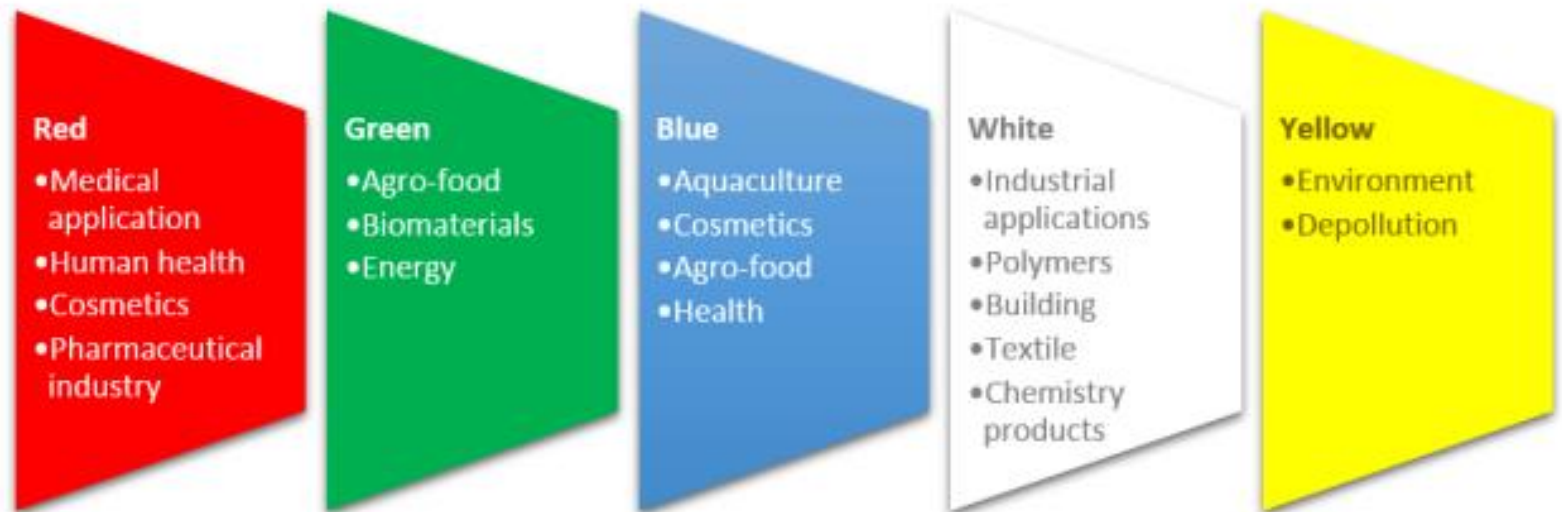
- En terme qui a commencé à imprégner le domaine de la bio-ingénierie est *bioréacteur* , utilisé au sens large pour désigner tout navire ou conteneur où des organismes sont utilisés pour produire un produit. L'organisme peut être des micro-organismes, des cellules végétales ou des cellules animales .
- En ce sens, la fermentation des cuves utilisées pour produire citrique l' acide ou la pénicilline seraient être considérés comme des bioréacteurs. En effet, toute une industrie s'est développée autour de la conception et de la fabrication de bioréacteurs utilisant la culture par lots ou des cellules immobilisées pour la production d'enzymes, de vaccins, d' hormones, de produits pharmaceutiques et d'une foule d'autres produits chimiques utiles. La plupart des bioréacteurs sont constitués de réservoirs entourés de pompes et de tuyaux qui déplacent les fluides et les gaz dans la chambre de réaction, assurent le refroidissement et éliminent les effluents pour le traitement chimique en aval .
- **Bioréacteurs** peuvent varier en taille de petits pailasse appareils pour laboratoire d' expérimentation et de tests aux grandes versions industrielles qui traitent plusieurs milliers de litres. Le concept de bioréacteur a même été étendu pour inclure l'utilisation de bactéries pour aider à la décomposition des matériaux déposés dans les décharges et l'utilisation de plantes génétiquement modifiées pour produire des produits chimiques à valeur industrielle ou pharmaceutique .

# Types de biotechnologies

- **Les rouges** (santé humaine et animale)
- **Les vertes** (agroalimentaires, OGM)
- **Les blanches** (énergies, matériaux)
- **Les bleues** (aquaculture, monde marin)



# Principales applications de la biotechnologie utilisant le code des couleurs



Biotechnologie Or : Biotechnologie informatique et nanobiotechnologies

# Les types de Biotechnologies



Le code couleur de BT.mp4



# Domaine multidisciplinaire :

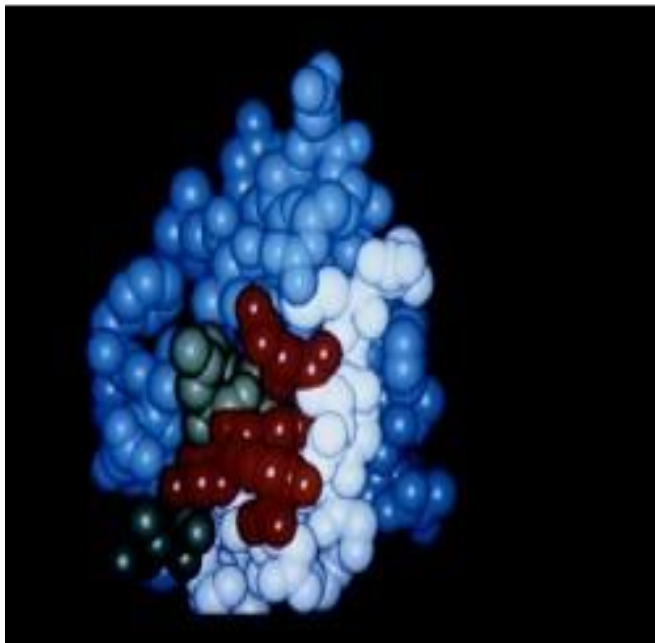
- **Les sciences de la vie concernent :**

biologie, microbiologie, biochimie, biologie moléculaire, chimie bio-organique

- **Le génie des procédés concerne :**

bioréacteurs, extraction/purification, formulation, conduite des systèmes

# Exemples d'applications multiples des biotechnologies (1)



- **Domaine médical et pharmaceutique :**

protéines, antibiotiques, hormones, vaccins, anticorps, vitamines, diagnostics

Ci-contre : **Insuline humaine (protéine) utilisée pour soigner le diabète, modélisation tridimensionnelle**

## Exemples d'applications multiples des biotechnologies (2)

- **Domaine agricole** : protéines, acides aminés, vitamines, conservation des fourrages, protection biologique des végétaux, plantes résistantes (les OGM)
- **Domaine alimentaire** : protéines, arômes, édulcorants, conservateurs,   
arômes



# Exemples d'applications multiples des biotechnologies (3)

- **Energie, protection de l'environnement** : traitement des effluents, traitement des déchets, assainissement des sols, biogaz, fuel

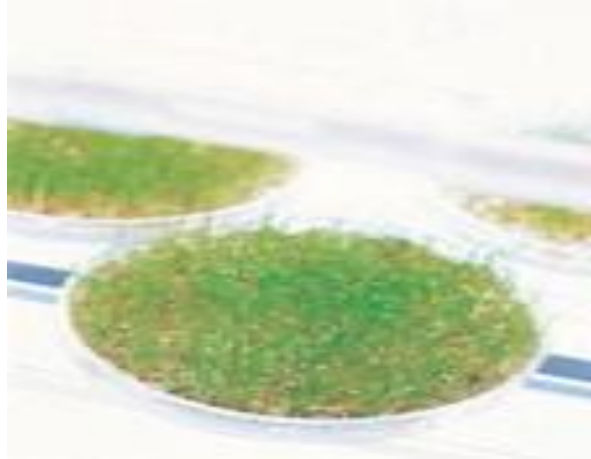
- **Conversion de matériaux bruts** : enzymes aux performances modifiées et améliorées (par ex. pour séparation de l'amidon, de la cellulose, des graisses, des protéines), conversion du sucre  
Biomasse de 2ème génération

- **Autres** : enzymes détergentes (produits de lessive), acides organiques, biopolymères, biocatalyseurs, cosmétiques

Les freins de la société seront-ils les mêmes que dans l'agroalimentaire ?



# Les biotechnologies : une recette pour nourrir le monde ?



# Génie microbiologique

- Utilisé depuis longtemps, vraiment connu depuis 1870 (Pasteur). Aujourd'hui, des progrès techniques ont été réalisés dans la préparation de certains produits (vin, produits laitiers...), la prévention de l'altération des produits (préservation des produits) et dans la production de molécules d'intérêts.

Exemples de production de micro-organismes d'intéret :

- - Levures sèches actives (pain, vin, bière)
- - Bactéries lactiques (yaourt, fromages, probiotiques)
- - Champignons filamenteux (fromages)

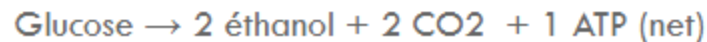
**NB :** Un même microorganisme peut être recherché ou redouté, selon le cas, d'où l'importance de maîtriser le développement des microorganismes en connaissant les conditions de milieu de culture (T°C, pH, Oxygène...) pour favoriser le développement de certains et éviter les indésirables.

# Exemples de Génie microbiologique

## Exemples :

- acetobactériacées → production du vinaigre mais redoutés dans la fabrication de vin
- *Penicillium roqueforti* recherché pour le roquefort, redouté pour l'emmental
- *Zimomomas mobilis* : Flore technologique, thérapeutique et d'altération. Il produit de l'éthanol, et est aussi utilisé dans la fermentation de sève (mezcal du mexique), est responsable d'infections gynécologiques, et pour la bière, cidre (sous espèces), il est responsable de la maladie du framboisier (odeur de pourri)

*Z. mobilis* dégrade les sucres en pyruvate via la voie **d'Entner – Doudoroff** qui est ensuite métabolisé en éthanol + CO<sub>2</sub>



## **Avantages de *Z. mobilis* :**

- moindre production de biomasse
- meilleure utilisation des sucres
- meilleure tolérance à l'éthanol dans son environnement (13%)
- anaérobie strict (pas besoin de contrôler le taux d'oxygène)
- procaryote : facilité de manipulation

## **Désavantages de *Z. mobilis* :**

- panel de substrats réduits : glucose, fructose et saccharose seulement.

- Les biotechnologies à l'heure actuelle n'utilisent qu'une infime partie des micro organismes, utilisés pour eux mêmes ou pour ce qu'ils produisent et transforment. L'industrie utilise presque seulement les bactéries, champignons et quelques micros algues et champignons filamenteux.
- Les **protozoaires** sont utilisés pour l'épuration des eaux usées, ce sont des agents de lutte biologique. Les archées sont utilisées pour les cellules elles mêmes ou ce qu'elles contiennent également (enzymes, lipides ou polymères).



- Elles servent à la biolixiviation (= intégration et accumulation de minerais d'intérêt par des micro-organismes) ou à la bioremédiation : dépollution de l'environnement.
- Quand les micro-organismes sont utilisés pour eux même, on utilise leur anabolisme pour produire les constituants de la cellule (métabolisme de synthèse). Quand ils sont utilisés pour ce qu'ils produisent, on utilise leur anabolisme, leur catabolisme (dégradation) ou leur capacité de biotransformation. Le micro-organisme est utilisé en tant que moyen de transformation et joue le rôle d'une enzyme ou d'un complexe multi-enzymatique.
- La croissance et la vie de la cellule n'est alors pas forcément nécessaire.

# Exemple de la *Rhizopus nigricans*

- On utilise le panel enzymatique du micro organisme → intérêts de la biotransformation :
  - Transformation en conditions douces (pH, T°C)
  - Modification spécifique des molécules, sans réactions secondaires.
- *Rhizopus nigricans* : transformation de la progestérone en 11-alpha-hydroxyprogestérone, servant à la synthèse des corticoïdes (cortisone). La plupart du temps, on doit orienter les conditions de culture, optimiser le processus et modifier le patrimoine génétique du micro organisme
- ou les conditions de culture pour obtenir ce que l'on veut, car le micro organisme ne synthétise pas des substance pour nous, mais pour lui, pour produire sa propre énergie, et c'est à nous de faire en sorte d'obtenir ce que l'on recherche.

# Génie enzymatique

- Si les micro-organismes peuvent produire ou transformer les substances, c'est grâce aux réactions « chimiques » de leur métabolisme, qui catabolisées par des enzymes d'où l'idée d'utiliser uniquement l'agent permettant la réaction : l'enzyme.
- Elles servent alors d'agents de fabrication et non de produit fini.
- Les enzymes ne proviennent pas uniquement de micro-organismes (plantes, animaux). La plupart du temps, les enzymes sont des agents de transformation, et pas un produit fini.

## Avantages :

- Peu de catalyseurs
- Petits volumes de réacteurs
- Peu de co- ou sous – produits
- Conditions opératoires douces

## Inconvénients :

- Extraction (purification)
- Stabilité en solution
- Recyclage
- Catalyse continue

# Exemples de génie enzymatique

- Présure (chymosine extraite de la caillette des veaux pré ruminants) pour la fabrication du fromage (« caillé »)
- Enzyme PME (mectine méthyl estérase) d'un champignon filamenteux pour la fabrication du cidre → permet la digestion de la pectine des fruits en présence de calcium et la remontée du « chapeau brun » (pectines digérées entraînées par le CO<sub>2</sub>)
- Sirop de maïs à haute teneur en fructose (HFCS)
- Aide digestive (bromelaïne / papaine)
- Amylases, cellulases : délavage des jeans
- Enzymes dans les détergents
- Biocapteurs, sondes
- Enzymes de restriction
- Ligases
- Reverse transcriptases
- Polymérase

# Qu'est-ce que le génie génétique?



- Depuis 1973, l'**essor de la biologie moléculaire** a révolutionné les biotechnologies.
- Cela se traduit par l'**invention du génie génétique** qui rend possible la **modification des gènes et leur introduction (transfert) dans n'importe quel organisme**.
- Génie ingénierie ou manipulation génétique ?
- Le franchissement de la barrière des espèces.

# Le décryptage du génome humain



- Gène humain : 23 paires de chromosomes. 2 jeux complets d'instruction provenant des deux parents. Chaque génome diffère en moyenne de 0,1 % d'une personne à l'autre, soit 250 gènes qui diffèrent.

- Le gène humain et celui du chimpanzé se recouvre à 98,6% ; ce taux est de 80 % avec la souris.

- 3 milliards de bases (les lettres) pour l'homme constituent le « livre génétique », l'équivalent, dans une bibliothèque, de 2 000 livres de 500 pages. En comparaison, 16 milliards de bases pour le blé.



- Le génome humain a été décrit à 90 % en 2000 par un consortium international, dont faisait partie le génoscope d'Evry, et décrit à 99,9 % en 2003.

- Une erreur sur 1 ou plusieurs gènes entraîne une maladie génétique. 1 500 sont actuellement connues sur un total prévisible de 5 000 maladies génétiques.

« L'évolution, c'est la somme des réussites, parce que la trace des échecs a disparu »

(François JACOB - Prix Nobel 1965)

# Le Clonage



clone de la brebis ①



**DOLLY**  
Brebis Finn Dorset

# Le génie génétique

- Ensemble des techniques intervenant sur l'ADN. Les gènes gouvernent la formation des enzymes et contrôlent l'activité synthétique de la cellule → OGM (application aux micro-organismes, plantes etc....)
- Transgènes (gène d'un organisme différent)/ **Cisgènes** (gène d'une espèce avec laquelle il y aurait pu avoir croisement transféré).



# Exemples de génie génétique

- *Zygomonas* : modifié avec des gènes d'*E. coli*, codant pour des enzymes dégradant les pentoses. Ce qui a permis son utilisation pour hydrolyser de la **cellulase**, de l'**hémicellulase** □ augmentation de son panel de substrat.
- Les Flavr Savr (tomates) : « **Silencing** » (insertion d'un gène codant pour un ARN inverse, complémentaire, qui va donc s'hybrider avec celui de l'enzyme → pas de traduction) de gènes de la **polygalacturonase**, qui va faire ramollir, pourrir la tomate (car fruit sensible à l'éthylène), donc plus besoin de cueillir les tomates lorsqu'elles sont vertes et de vaporiser de l'éthylène dessus.
- **Clonage animal** : brebis Dolly (nommée en « hommage » à Dolly Parton) venant d'un ovocyte énucléé auquel on a rajouté le noyau d'une cellule de pis de brebis

Insertion d'un gène compensant une déficience, intégration de ce gène thérapeutique dans un rétrovirus ou autre techniques ...

**Ex** : domaine récréatif : poisson modifié pour être fluorescents

Le mot **œnologie**, du grec oînos (vin) et lógos (science) désigne la science qui a pour objet l'étude et la connaissance des vins.

# Applications en œnologie

- IAA : principal champ d'application des fermentations (pain, bière, lait, vin...)
- Utilisation des 3 génies : microbiologie, enzymatique, génétique
- **Vinification**
- ➤ Ensemble des procédés d'élaboration du vin, mécaniques, microbiologiques et biochimiques
- ➤ Qualité du vin dépend de la qualité de la vendange, du respect de règles d'hygiène, du terroir, de l'art du vinificateur
- ➤ Raisins doivent être amenés très rapidement jusqu'à la cuverie et dans du matériel vinaire qui doit être propre et vérifié
- ➤ Vinification en plusieurs étapes qui varient en fonction du sépage et du vin à produire (vin de garde, consommé rapidement..)

**Le cépage est une variété de vigne qui donne un raisin spécifique**

# Les produits de la biotechnologie

- **Les produits fermentés** : Aujourd'hui plus de 3500 aliments fermentés traditionnels, d'origine animale ou végétale, existent dans le monde.
  - ➤ à base de lait : fromages, yaourts, kéfir, lait caillé
  - ➤ à base de fruits : vin, cidre, poiré
  - ➤ à base de poisson : anchois, saumon, nuoc man
  - ➤ à bases de viande : saucisson, chorizo
  - ➤ à base de légumes et plantes : olives, choucroute, légumes, lactofermentés, vin de palme
  - ➤ à base de céréales et de légumineuses : pain, bière (orge, riz, maïs...), miso, tempeh (soja), kwas (seigle ou orge), bonito (haricot et riz), saké (riz)...
- 2 méthodes traditionnelles de conservation : fermentation et salage

La salaison ou salage est une méthode de conservation des aliments par le sel. Ce procédé utilise le bain de saumure ou du sel sec75

# Les applications des la biotechnologies modernes

- **Par transgénèse, elles offrent de nombreuses applications:**
- **Santé:**
  - **Obtention des médicaments du futures à partir des OGM** (microbiens, végétaux ou animaux) (guérison des maladies métaboliques)
  - **Thérapie génique par greffage d'un gène sain à la place d'un gène malade**

(technique utilisée dans le traitement des maladies héréditaires, Cancers, maladies métaboliques acquises comme le diabète et la maladie de Parkinson, maladies infectieuses comme le Sida, maladies cardiovasculaires).

**La thérapie cellulaire par usage de cellules souches pour obtenir de cellules saines en vue de remplacer les cellules malades.**

(techniques utilisée dans le traitement des myopathies, des greffes, etc;)

# Les applications des la biotechnologies modernes

- **Transgénèse végétale pour leur faire acquérir des propriétés nouvelles recherchés:**

résistance aux prédateurs, aux stress abiotiques, amélioration des performances métaboliques et nutritionnelles, **etc.**

- **Transgénèse animale pour l'amélioration des espèces**

recherche par exemple de la sur-expression de l'hormone de croissance favorisant les tissus maigres ou pour améliorer la qualité du lait chez les animaux transgéniques

# Les applications des la biotechnologies modernes

- **Industries agroalimentaires par l'amélioration des performances des enzymes et des souches industrielles**
- **Industries non alimentaires**
  - **Développement de la chimie fine durable** (biosynthèse des solvants, acide organique, antibiotiques, etc.)
  - **Tannerie** (protéases)
    - Délainage du cuir
  - **Textiles** (protéases et amylases):
    - Développement des coton à fibre naturellement tintées
    - Dépolymérisation des fibres de coton

# Les applications des la biotechnologies modernes

- **Environnement**
  - **Dépollution de l'environnement par des techniques innovantes** (cellulases, enzymes ou cellules transgéniques fixées, bioréacteurs industriels.)
  - **Bio remédiation des sols par biodégradation des composés récalcitrants** (bio pesticides, hydrocarbures, )
  - **Préservation de la biodiversité par usage des plantes transgéniques en lieu et place des biopesticides** (cas du coton Bt)

# Les enjeux techniques

Dès les années 90, le développement des OGM s'est orienté dans plusieurs directions :

- **La première** porte sur **l'amélioration des caractères agronomiques**. Il s'agit principalement de la résistance aux herbicides (technologie utilisée sur soja, colza, coton, maïs et betterave), la lutte contre les insectes (doryphore sur pomme de terre, insectes du coton, pyrale du maïs), lutte contre les maladies et virus (virus Y de la pomme de terre)...
- **La seconde** concerne **l'amélioration des caractères qualitatifs et de la composition du produit récolté (output traits)**. L'objectif des firmes dans ce domaine est de modifier la composition d'une plante pour améliorer ses qualités nutritionnelles (augmentation des teneurs en amidon du maïs, haute teneur en huile du colza), pour lui faire produire des éléments qu'elle ne fournissait pas jusqu'à présent ou pour la rendre plus appétente pour les animaux.
- **La troisième** ouvre les portes à la **production de substances destinées à la santé humaine (comme par exemple la vitamine B)** et au monde industriel. La société française *Meristem Therapeutics*, produit des protéines thérapeutiques grâce à des plantes transgéniques (et notamment de l'hémoglobine grâce à des plants de tabac). Le Biopharming permet de produire des molécules pour traiter l'hémophilie. Plus de 25% des médicaments sont issus du génie génétique. Selon la FDA, 60% des nouveaux médicaments seraient liés aux biotechnologies



- **La quatrième** concerne **l'industrie chimique**. La production par fermentation s'est largement développée. En 2001, la firme américaine Dupont a ainsi lancé un polymère nommé Sonera, *fibre textile issue d'OGM*, c'est-à-dire produite grâce au transfert de gènes de la bactérie *Klebsiella pneumoniae* sur la bactérie *Escherichia coli*. Cette fibre, assez coûteuse, est destinée à des marchés haut de gamme -marchés textiles, mais aussi revêtements de surface dans l'automobile ou emballage antibactérien. Outre des qualités souvent meilleures que les produits traditionnels, *ces produits issus d'organismes génétiquement modifiés présentent un avantage essentiellement environnemental*, tant à la production (moins consommation d'eau et d'énergie, remplacement des catalyseurs usuels faisant appel à des métaux lourds polluants par des enzymes biologiques) qu'à la consommation, *puisque les produits sont biodégradables*.

- **La cinquième** concerne **la dépollution des sols**. La phytoremédiation est un champ de recherche qui étudie le processus de conversion d'éléments toxiques en leurs formes inoffensives chez les plantes. Elle part de l'observation des plantes sauvages qui survivent sur des sols ou dans des eaux pollués par des substances toxiques. Un recensement des plantes dites « hyperaccumulatrices » a commencé dès le début des années 1990. Ces plantes se caractérisent par leur capacité à absorber, dans leurs tiges ou leurs feuilles, 10 à 500 fois plus de matières polluantes que les plantes habituelles. *l'Arabidopsis thaliana* a été transformée afin d'accumuler deux à trois fois plus d'arsenic que la plante naturelle, devenant ainsi une plante capable de dépolluer très efficacement les sols contaminés. Ensuite, cette biomasse est incinérée et les métaux récupérés dans les cendres afin d'être réutilisés en métallurgie.

## 2. Les biotechnologies au service du développement durable

- En permettant de créer des variétés végétales moins gourmandes en intrants (engrais, pesticides), ou moins exigeantes en eau, une agriculture enrichie des connaissances en biotechnologie végétale pourrait effectivement s'avérer moins polluante et moins consommatrice en ressources rares (logique de l'empreinte écologique). Les OGM ont déjà été associés au développement durable (production de sacs plastiques biodégradables à partir de l'amidon de maïs), les biotechnologies renvoient aujourd'hui aux défis énergétiques.

Le lien entre biotechnologies et agro carburants paraît ici une alternative

# **3. Les biotechnologies : une solution à la fin dans le monde**

Il est difficile de concevoir ici une certaine philanthropie des grandes compagnies semencières, en particulier américaines. Les discours de justification du développement des OGM par les besoins des pays en développement (PED) ont rarement été suivis des faits. Cette réalité ne doit cependant pas masquer le fait que les OGM pourraient, à terme, être une des réponses aux problèmes alimentaires des PED. Dans ces conditions, il faut absolument éviter que le développement des biotechnologies aboutisse à limiter l'indépendance des PED.

- Un premier instrument passe par le travail de la recherche publique des pays développés, qui sera en mesure de faire bénéficier gratuitement les PED de ses avancées.
- Les biotechnologies devront respecter le modèle économique et écologique des PED (souci de raisonner en termes d'écosystème à partir des plantes vivrières et non pas des grandes cultures européennes ou américaines).
- Par ailleurs, on pourrait imaginer que les PED aient un accès libre aux brevets, à l'image de ce que l'OMC tente de mettre en place dans le domaine des médicaments.

## **4. Les biotechnologies au cœur du développement économique**

### **CONSTAT**

**→ Beaucoup de pays en développement ne découvrent pas les biotechnologies la plupart d'entre eux les ont importés pour la consommation humaine ou animale en dehors de tout cadre réglementaire. L'Afrique du Sud produit depuis plusieurs années du maïs, du coton et du soja transgéniques (1.8 million d'ha).**

**En 2008, le Burkina Faso fût le premier d'Afrique de l'Ouest à autoriser la commercialisation de coton transgénique (8 000 ha). En 2009, ce sont près de 200 000 ha qui seront ensemencés. Le Mali a produit pour sa part 600 000 tonnes de coton transgénique.**

**→ Les résultats semblent assez concluants, des rendements supérieurs à 30% par rapport aux variétés traditionnelles, dans le cas du coton commercialisé par Monsanto, deux vaporisations de pesticides sont nécessaires alors qu'il en fallait six auparavant.**

**→ Toutefois, la commercialisation des OGM en Afrique et au Moyen Orient ne fait pas l'unanimité. Si l'Égypte s'est dotée en 2008 d'une loi autorisant la commercialisation des semences transgéniques, si le Sénégal, la Gambie et le Ghana sont également favorables à de telles cultures, certains pays n'hésitent pas à lancer de nouveaux moratoires (c'est le cas du Bénin, jusqu'en 2012).**

**On assiste aujourd'hui à un lobby très pressant des grands semenciers (Monsanto, Syngenta...) destiné à inciter plusieurs gouvernements africains à se doter d'une législation sur les OGM afin de déposer des dossiers de commercialisation.**

# Les Espoirs des Biotechnologies en Matière de Santé

- **En prévention :**
  - apparition de nouveaux vaccins
  - Tests diagnostiques et génétiques
- **Médecine régénérative**
  - Régénération d'organes ( peau des grands brulés)

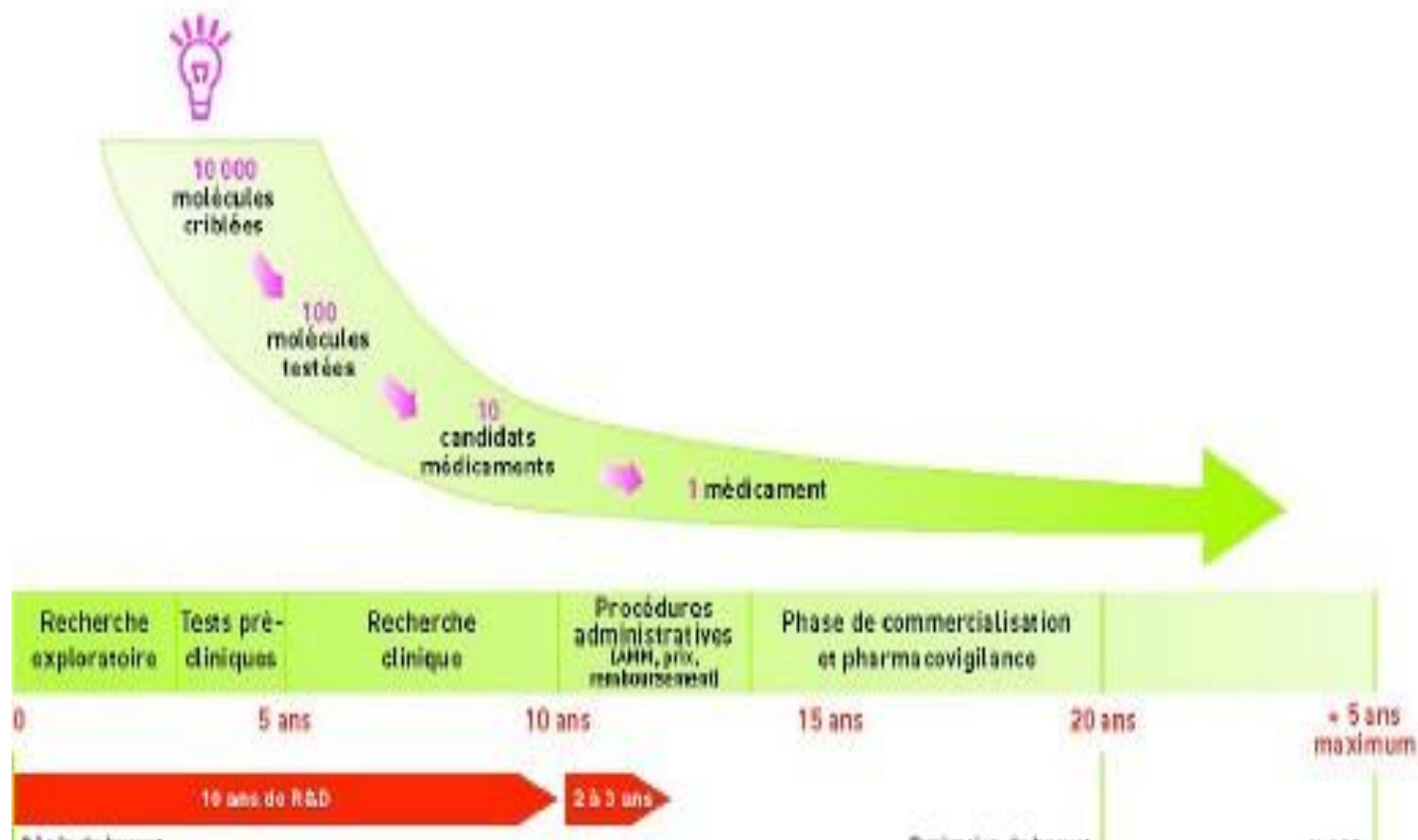
# Enjeux économiques et géostratégiques

- **Biotechnologies** : Recherches de pointe et Industrie jeune et dynamique
  - 10% du marché mondial du médicament
  - 30% du pipeline mondial du médicament
  - En 2012, 40% des nouveaux médicaments ?
- Un marché mondial évalué à 2 000 milliards de dollars.



- Des domaines émergents : **thérapie cellulaire, thérapie génique, cellules souches**
- La France est en perte de vitesse en Europe et dans le monde
- Prédominance des Etats-Unis
- Émergence très rapide de l'Asie (Chine, Inde et Japon)

# De l'idée au produit : genèse d'un médicament

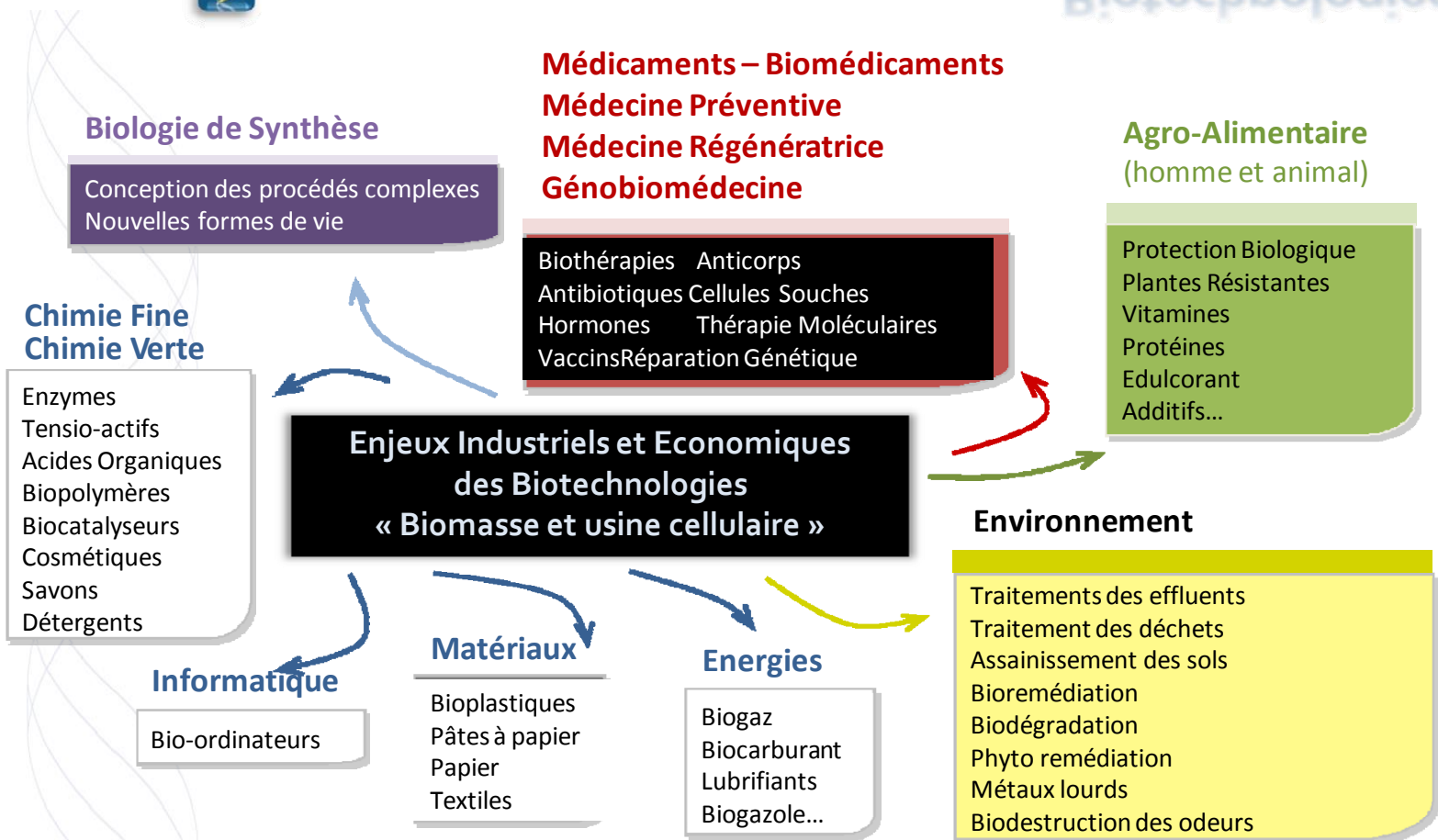




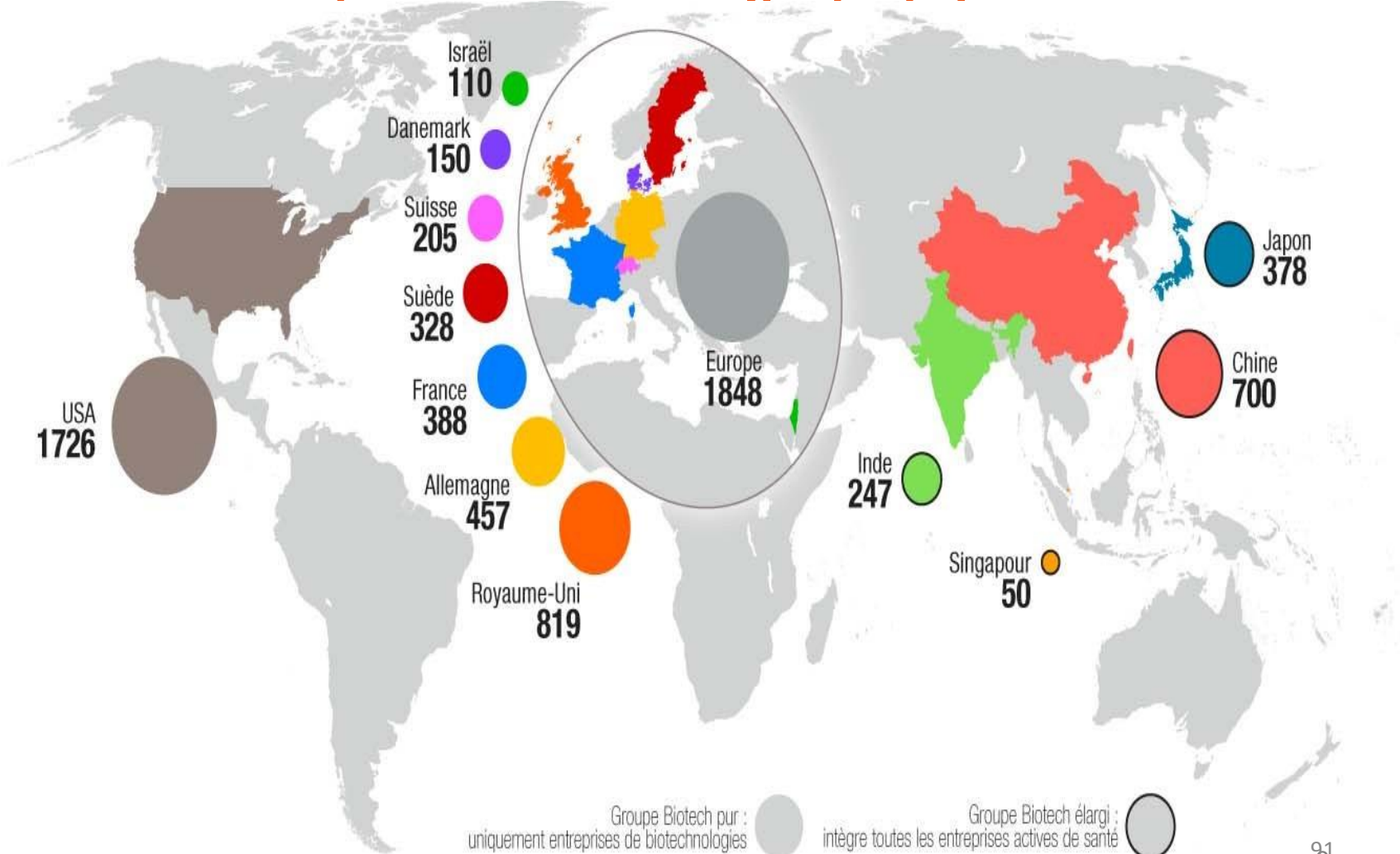
# La Science Résout des Problèmes & en Pose d'Autres

- Les Biotechnologies
- Les nanosciences
- Les OGM
- Le clonage thérapeutique
- Internet.....
  
- **Sont Riches de Promesses Mais posent aussi des Questions Politiques et Ethiques**

# Les Domaines d'Applications Principaux des Biotechnologies



# Benchmark mondial : Nombre d'entreprises de biotechnologies par pays



# Conclusions

- **Les organismes génétiquement modifié ou OGM sont des produits de fabrication (transgénèse) par l'Homme. Ils engendrent une incertitude quant à leurs impacts sur l'environnement, la biodiversité ou sur le consommateur.**
- **Mais le risque zéro n'existe pas.**
- **Des précautions de biosécurité doivent être prises pour minimiser les éventuelles risques dus aux OGM: c'est le principe de précaution.**
- **En réponse à ce souci, l'Afrique doit former une masse critique de ressources humaines capables de maîtriser cette technologie dont l'enjeu économique est évident pour le développement du continent à travers l'amélioration de la santé, l'augmentation de la production alimentaire et le respect des normes de préservation d'un environnement sain.**

# En d'autres termes

- **Les biotechnologies** représentent de nombreuses opportunités pour les industries. Elles sont utilisées pour:
  - une meilleure exploitation des ressources, l
  - a valorisation de produits,
  - le développement de nouveaux procédés, de produits et autres traitements,
  - ainsi que pour répondre aux problèmes d'énergie, tout en respectant un contexte de développement durable (les 3 P).

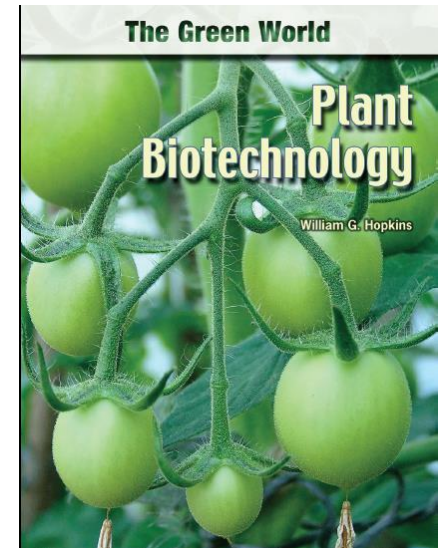
# Sommaire

- Les origines de la biotechnologie comme une scientifique peut être tracée de nouveau à la découverte de **Pasteur** que ***la fermentation a été causée par des microorganismes.***
- Cela a stimulé le développement de la fermentation à l'échelle industrielle pour produire une variété de matières premières qui ont fourni l'industrie manufacturière.
- Le terme ***biotechnologie*** a été utilisé pour la première fois par Karl Ereky au début du XXe siècle dans le contexte de la production agricole de viande et de lait à grande échelle.
- En plus de produire des produits pour la fabrication industrielle, la biotechnologie et le génie biologique ont été utilisés tout au long du XXe siècle pour produire des médicaments tels que ***la pénicilline, la nourriture et les boissons*** par des processus, de **contrôle de gestion des déchets**, et propres **jusqu'à contaminés sols** !!.

# Sources

- **Plant Biotechnology**

By William G. Hopkins



# Le cours est-il disponible sur le **Moodle?**

- Le cours sera disponible sur la plateforme de Moodle à partir le 15 novembre



# What's next ?!



- **Chapitre 01**

**Biotechnologies appliquées  
aux problématiques environnementales**



## **II- Biotechnologies appliquées aux problématiques environnementales**

- Changement climatique et évolution des écosystèmes
- Gestion des ressources microbiologiques, végétales et animales
- Pollution agro-environnementales (eau, air, sols)

PAR NICOLAS BARRAUD

*PhD en microbiologie,  
inventeur et chef de  
projet sur le contrôle  
des biofilms pour le  
Centre de recherche  
coopératif de la  
biotechnologie  
environnementale  
en Australie*

## La biotechnologie **environnementale**, une voie vers le **développement durable**

### REPÈRES

**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, le traitement de l'eau, la surveillance des agents pathogènes dans l'environnement et les énergies renouvelables.**

# What's next ?!



- **Chapitre 02**

**Biotechnologies  
en agronomie à des fins alimentaires**

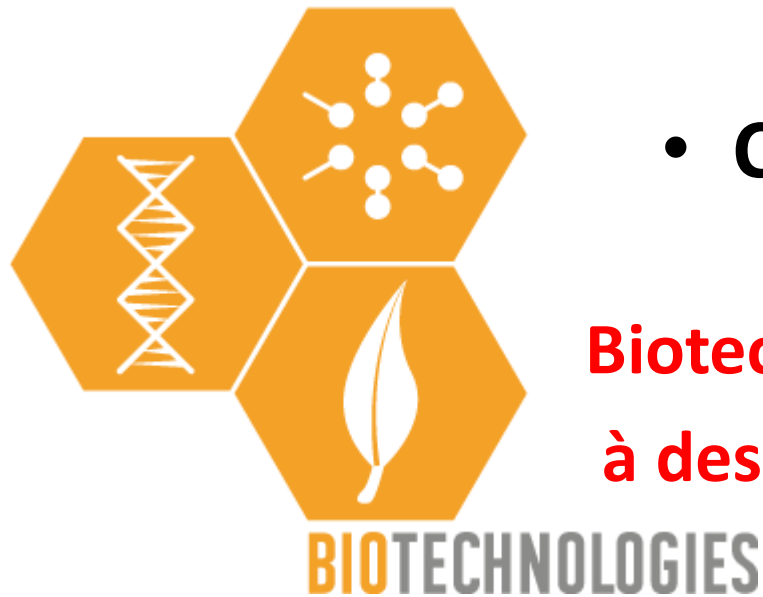
**BIOTECHNOLOGIES**



# Biotechnologies en agronomie à des fins alimentaires

- Biotransformation et conservation
- Production de matrices alimentaire en bioréacteurs
- Sécurité, traçabilité et qualité des aliments

# What's next ?!



- **Chapitre 03**

**Biotechnologies et l'industrie  
à des fins non alimentaires**



# Biotechnologies et l'industrie à des fins non alimentaires

- Bioénergie
- Biomatériaux et agro-polymères
- Biomolécules et activités cellulaires

# What's next ?!



- **Chapitre 04**

**Biotechnologies  
microbiennes et infectiologie**

**BIOTECHNOLOGIES**



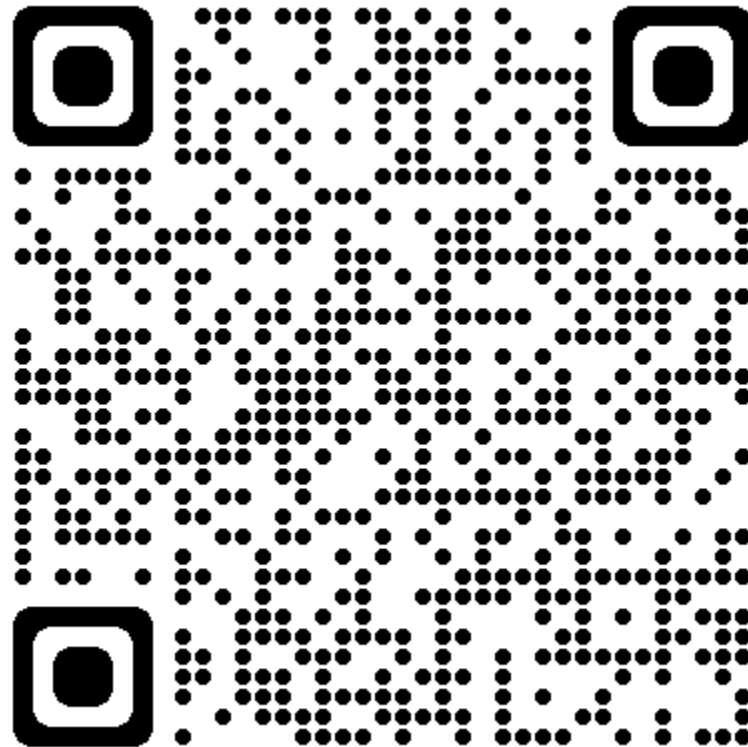


# Biotechnologies microbiennes et infectiologie

- Diagnostics
- Nouvelles voies thérapeutiques
- Lutte contre le dopage et l'utilisation de stupéfiants



# Projet de recherche aux IBT



# Projet Personnel

- Time : deux semaines
- Rapport scientifiques sous forme IMRAD
- Quiz de 10 questions
- Scanniez le QR:

**#ibtpeorject8989**

<https://fs25.formsite.com/ABqjOC/xi8xrvjtuk/index.html>



**Prolongation du délai pour l'envoi des rapports de projet personnel**

# Projet personnel

- Sur **Google/PubMed/Science direct...**
  - Taper le nom de chapitre que vous avez choisi ou utiliser un mot clé !!
  - Puis télécharger un article scientifique (L'article doit avoir une partie pratique)
  - Lisez bien l'article et essayer de comprendre l'idée générale et le but de l'article
- ➔ Rédiger votre rapport scientifique en suivant la méthode « **IMRD** »

# Projet personnel : IMRD

- Suivez le plan suivant:
- **Introduction**
  - Objectif
- **Matériel et méthode**
  - Principe de la méthode ( Pourquoi?)
  - Mode opératoire (comment? Les étapes de réalisation de l'expérience)
- **Résultats et Discussion**
  - Présenter les résultats
  - Interpréter les résultats
- **Conclusion et perspectives**
  - Le résultats final de l'article ou de travail
  - Dégager des choses qui vous pouvez ajouter comme l'étape suivante de l'article!!

# TP

- Après les deux semaines, il y aura une séance de TP sous forme de vidéo !!
- Vidéo (x3)
- Rapport de Vidéo
- Evaluation (Quiz)