

# Biotechnologies et bioprocédés



## Introduction

**Patrice BACCHIN**

*Enseignant Chercheur*

*Procédés de Séparation et Membranes*



**Université Paul Sabatier**

Laboratoire de génie Chimique

31 062 TOULOUSE Cedex 9

Tel : 05 61 55 81 63 Fax : 05 61 55 61 39

Email : [bacchin@chimie.ups-tlse.fr](mailto:bacchin@chimie.ups-tlse.fr)

Web : <http://lgc.inp-toulouse.fr>

<http://www.patricebacchin.fr>





# Partie 1 : Biotechnologies

- Quoi ? Définition
- Pourquoi ? Enjeux
- Comment ? Démarche
- Avec quoi ? Matériel biologique



# Généralités : Quoi ?

- Définition OCDE : l'application de la science et de la technologie aux organismes vivants et à d'autres matériaux vivants ou non vivants, pour la production de savoir, biens et services
  - Évolution naturelle de la biologie et de l'ingénierie possible grâce aux nouvelles techniques (chromatographie, électrophorèse, méthodes optiques, ...) et à l'explosion de connaissances sur le fonctionnement de la cellule et du matériel biologique

OCDE : [Organisation de coopération et de développement économiques](#)



# Généralités : Pourquoi ?

- Pour rechercher les causes des maladies, concevoir, tester et produire des médicaments spécifiques ou des dispositifs bio-médicaux
- Pour mettre au point des procédés, de traitement ou de recyclage innovants (techniques de bioremédiation)
- Pour mettre au point des capteurs de l'état de l'environnement, de sa pollution par des substances chimiques.
- Pour produire dans le domaine de l'agriculture, au travers en particulier des OGM
- Pour développer des alternatives énergétiques notamment par la production de biogaz et d'alcool

**Méthode de production « douce » plus économe en énergie et moins polluante**



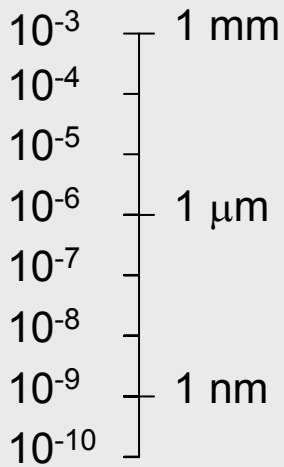
# Généralités : Comment ?

- **Des moyens matériels** : Système de production à grande échelle de « produit d'intérêt » : *métiers de la recherche, du développement et de la production*
- **Des connaissances** : un socle pluridisciplinaire : biologie, microbiologie, biologie moléculaire, chimie, biochimie, physique biophysique, génétique, l'informatique.

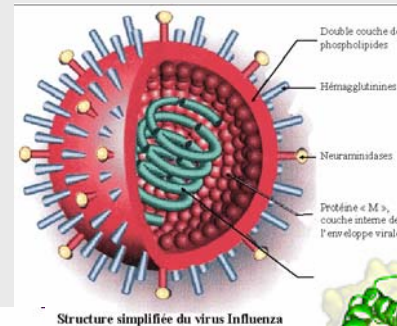
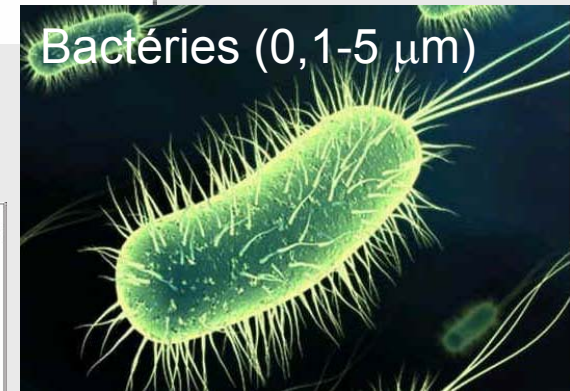
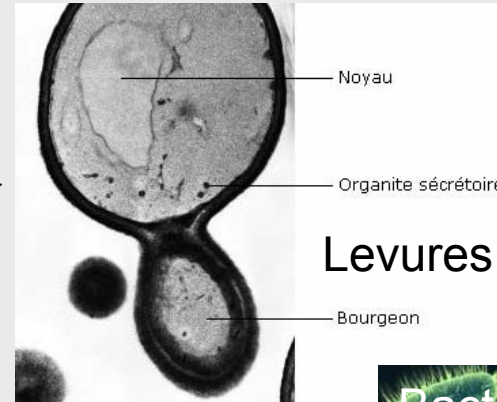




# Avec quoi ? le matériel biologique



- eucaryotes
- procaryotes
- virus
- protéines
- molécules
- atomes



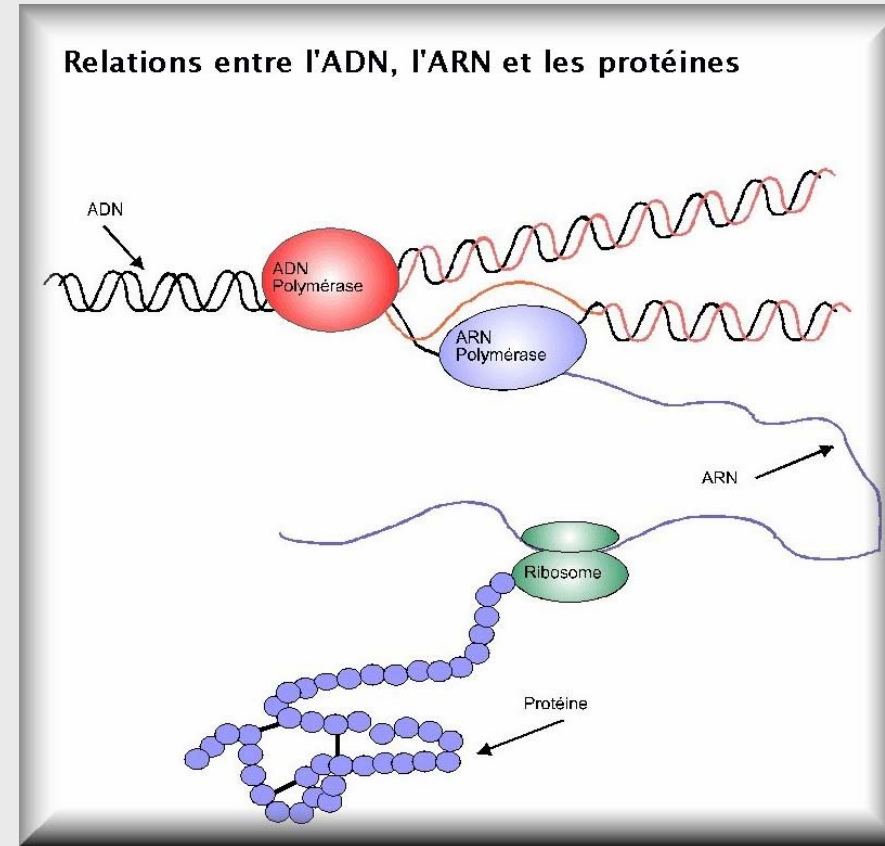
Structure simplifiée du virus Influenza





# Avec quoi : des chaînes d'informations

- Les polynucléotides
  - stockage de l'énergie ATP
  - Coenzymes (NAD, ...)
  - Synthèse de polysides
  - ADN : support de l'information génétique et agents pour l'expression de cette information
  
- ADN -> ARN -> Protéines
  - transcription traduction



ADN : L'acide désoxyribonucléique ARN L'acide ribonucléique

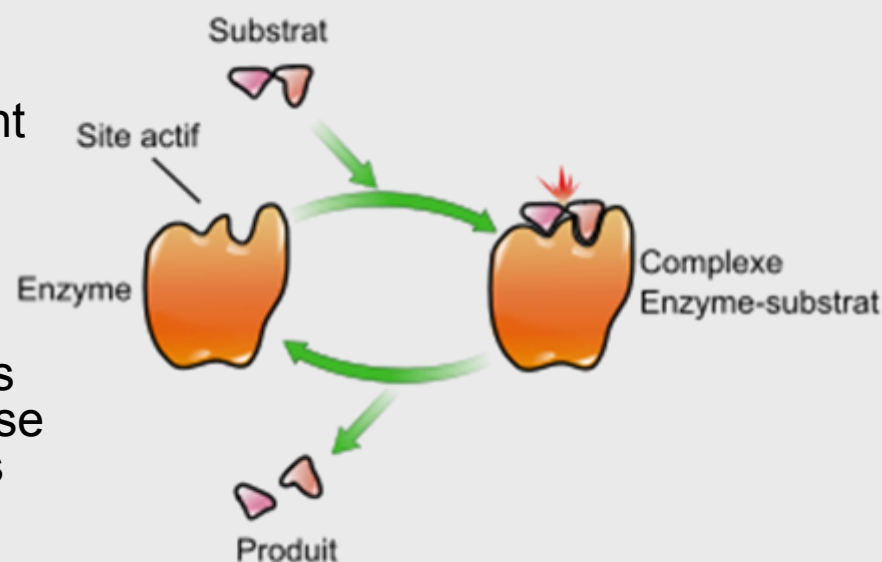
NAD : Nicotinamide adénine dinucléotide (aide les enzymes à transférer les e-)



# Avec quoi : des macromolécules au travail

## • Protéines à activité catalytique (enzymes)

- Jouent un rôle de catalyseur (accélération de réaction) sans être consommées. Certaines enzymes ont besoin d'une co-enzyme pour catalyser la réaction.
- Enzymes solubles (enzyme-substrat en phase homogène) ou insolubilisés (enzyme immobilisé-substrat en phase hétérogène) : enzymes solubles plus actives mais moins stables que les enzymes immobilisés
- Enzymes utilisés dans des bioréacteurs batch (enzymes solubles) ou des bioréacteurs continus (bioréacteurs à lit fixe ou lit fluidisé)
- Utilisation d'enzymes à l'échelle industrielle : la xylose isomérase (ex glucose isomérase isomérisant le glucose en fructose (isoglucose ou HFCS)), les L amino-acylases (production d'acides aminés), ...







# Enzyme : A quelle vitesse ?

- La cinétique enzymatique



$$v = \frac{d[P]}{dt} = \frac{v_{\max} [S]_0}{[S]_0 + K_m}$$

$$v_{\max} = k_2 [E]_0$$

$$K_m = \frac{k_{-1} + k_2}{k_1}$$

- Si  $K_m \gg [S]$  → réaction d'ordre 1
- Si  $K_m \ll [S]$  → réaction d'ordre 0



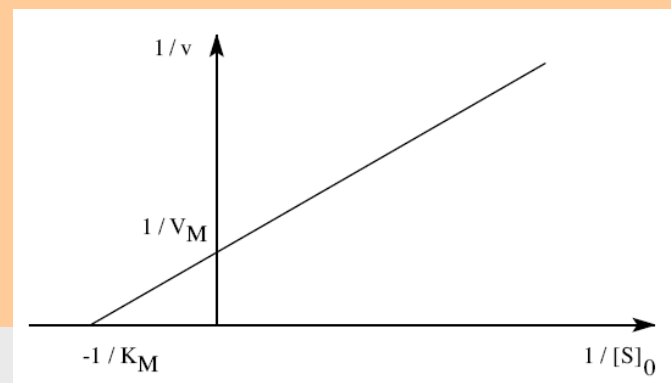
# Exercices

- Si  $v_{\max} = 100 \mu\text{mol.ml}^{-1}.\text{s}^{-1}$  et  $K_m = 2\text{mM}$ , quelle est la vitesse de la réaction quand  $[S] = 20\text{mM}$  ?
  - $V = 91 \mu\text{mol.ml}^{-1}.\text{s}^{-1}$
- On trouve les vitesses de réaction suivantes pour différentes concentrations en substrat :

$[S]_0$ (mM)	1	2	4	8	12
$v$ ( $\mu\text{mol.ml}^{-1}.\text{s}^{-1}$ )	12	20	29	35	40

Déterminer les constantes de réaction de Michaëlis-Menten

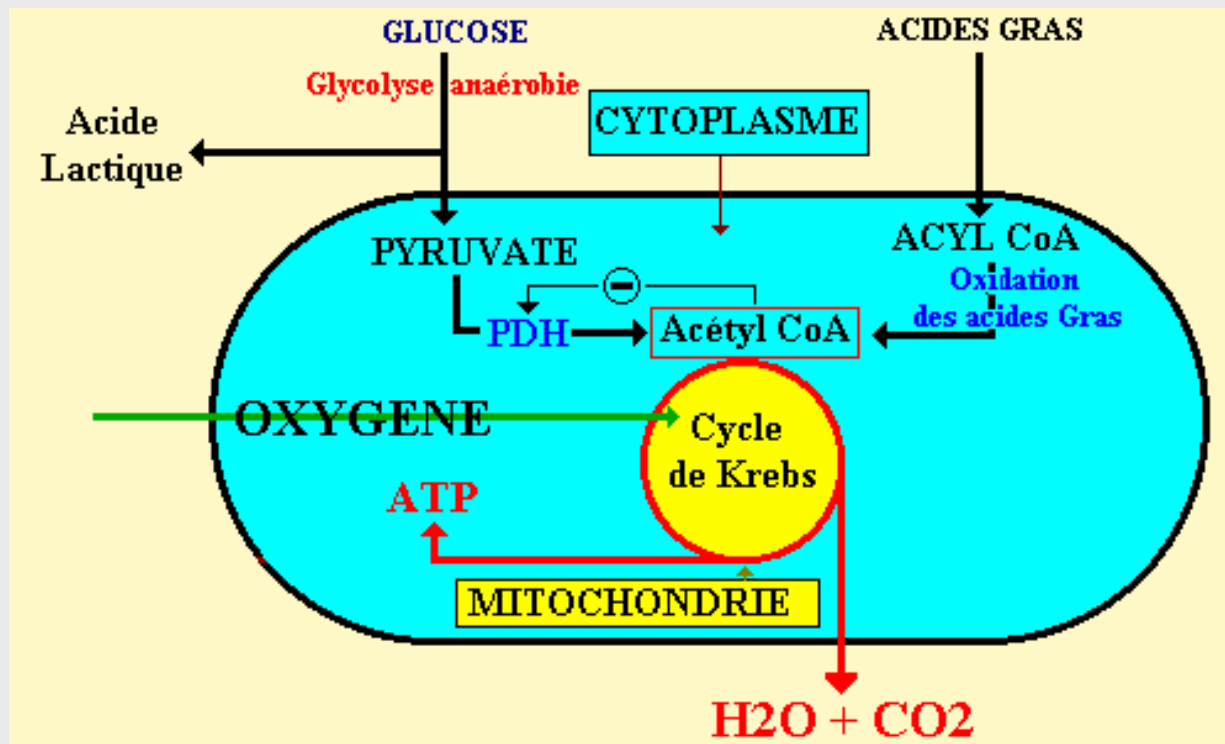
- $V_{\max} = 51 \mu\text{mol.ml}^{-1}.\text{s}^{-1}$   
et  $K_m = 3,2\text{mM}$





# Avec quoi : Une usine naturelle

Les **cellules** : microorganismes ou cellules d'eucaryotes supérieurs.



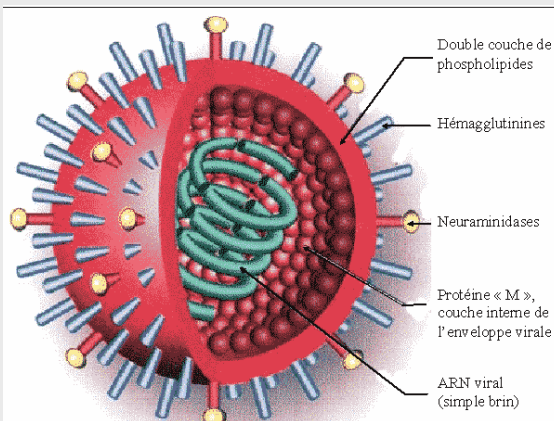


# Avec quoi : des microorganismes comme usine

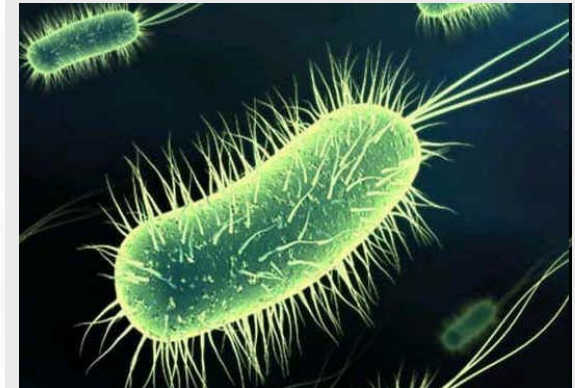
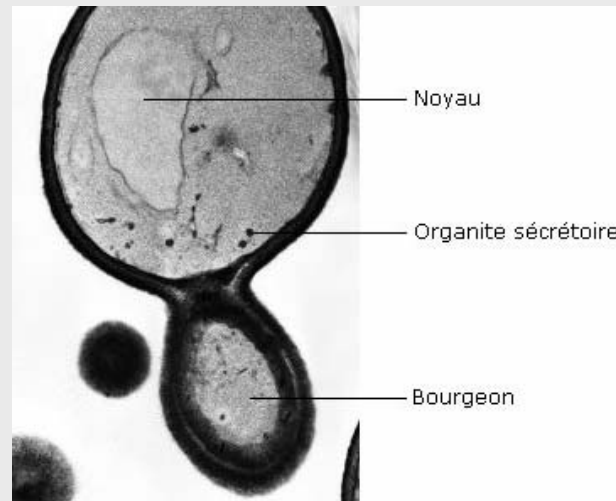
- ***Microorganismes (virus, bactéries, protistes, levures)***

Microorganisme recherché (utilisation du génie génétique) et cultivé pour la synthèse de métabolites ou la dégradation d'un substrat

Conditions de culture peu exigeantes par rapport à des cellules animales



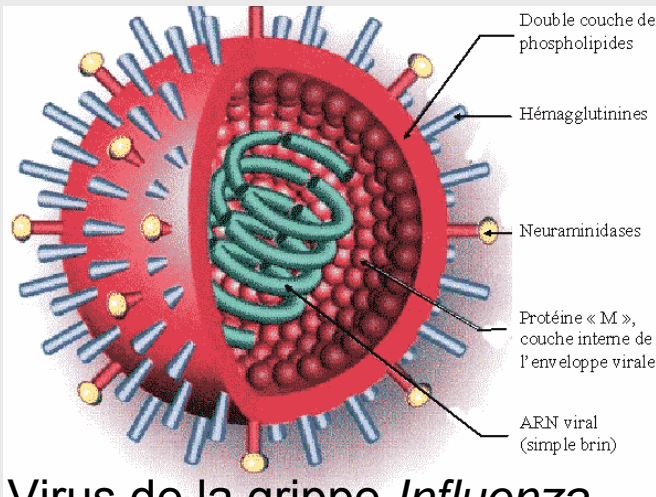
Structure simplifiée du virus Influenza





# Avec quoi : des virus comme usine

- Le virus : un combattant en sommeil

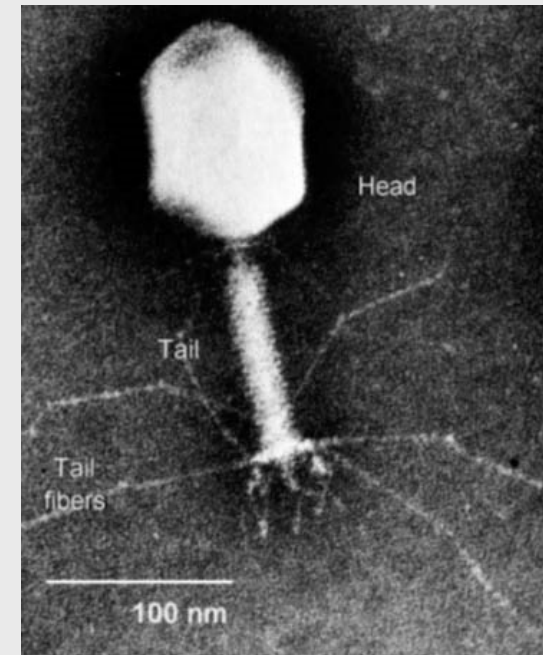


Virus de la grippe *Influenza*

Le virus n'est pas une vraie cellule mais un amas de matériau génétique entouré d'une enveloppe protéiques. Sans activité en dehors d'une cellule dont il utilise l'ADN pour se reproduire.

Les virus bactériophages s'attaquent aux bactéries (il existe un phage pour un type de bactérie) :

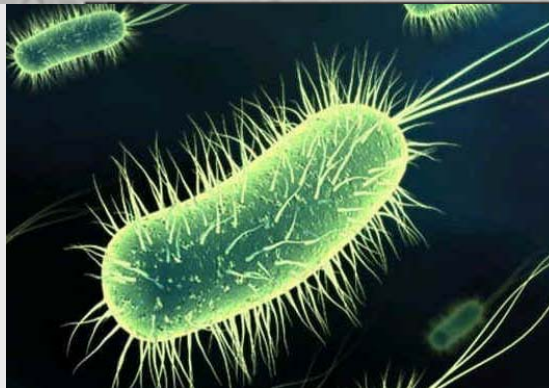
- vecteurs de clonage pour insérer de l'ADN dans les bactéries.
- Un agent antimicrobien performant (pourra à terme remplacer les antibiotiques)





# Avec quoi : des bactéries comme usine

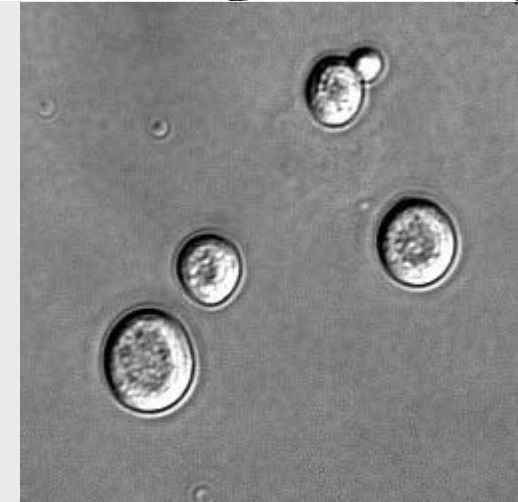
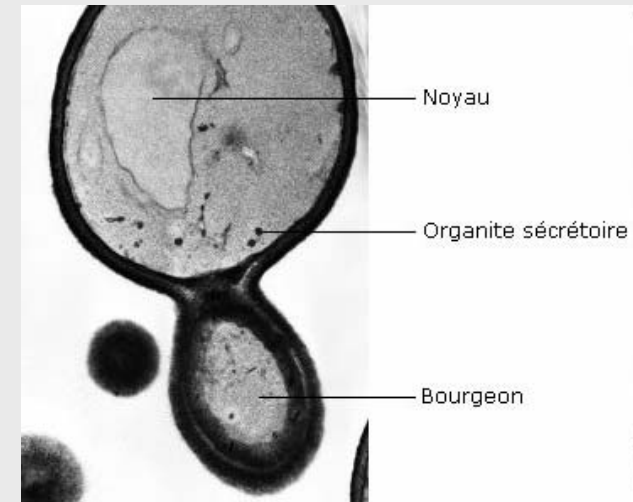
- La bactérie : un organisme vivant unicellulaire procaryote



- Très nombreuses : dix fois plus de cellules bactériennes que de cellules humaines dans le corps humain
- La plupart sont inoffensives mais certaines sont pathogènes (choléra, tuberculose ...) : avant la découverte des antibiotiques, ces maladies étaient parmi les plus meurtrières
- Mobile, communicante



- Levures (champignon unicellulaire eucaryote)
  - apte à provoquer la fermentation (*Saccharomyces cerevisiae*)
  - de 5 microns à 50 microns
  - peuvent être pathogène (*candida* - > mycoses)

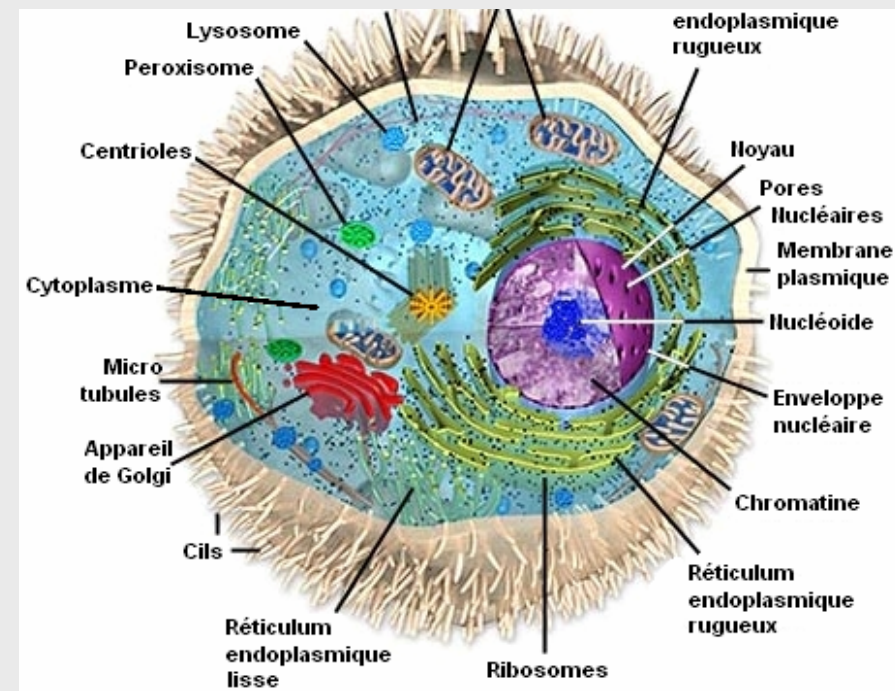


*Saccharomyces cerevisiae*



# Avec quoi ? Des cellules animales

- La cellule humaine
  - Taille de 5 à 20 microns
  - Assemblage de cellule de même type -> organe -> fonction
  - Conditions de culture plus exigeantes







# Avec quoi ? De l'énergie

## Processus énergétique

- **Métabolisme respiratoire** : dégradation complète du substrat
  - La référence l'oxydation du glucose :
  - $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 688 \text{ Kcal}$
  - Respiration aérobie  $\rightarrow 38 \text{ ATP} \rightarrow 277 \text{ Kcal rdt } 40\%$
- **Fermentation alcoolique** (levure)
  - $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CO_2 + 2 CH_3-CH_2-OH + 54 \text{ Kcal}$
  - $2 \text{ ATP} \rightarrow \text{Rdt } 2 \%$
- **Fermentation lactique** (bactérie)
  - $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 CH_3-CHOH-COOH + 22,5 \text{ Kcal}$
  - $2 \text{ ATP} \rightarrow \text{Rdt } 2\%$  Acide lactique
- **Respiration anaérobie**
  - $C_6H_{12}O_6 + 12 KNO_3 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O + KNO_2 + 429 \text{ Kcal}$
  - $25 \text{ ATP} \rightarrow \text{Rdt}$



1 ATP = 7,3 Kcal  
1 cal = 4,186 J (SI)



# Exercice

- On dispose de 100L de jus de fruit dont la concentration massique en glucose est égale à 53.2 g/L .
  - Quel est le volume de  $\text{CO}_2$  libéré lors de la fermentation alcoolique de ce jus de fruit ?
  - Calculer le degré d'alcool obtenu après fermentation ?

Degré d'alcool : titre volumique qui est le rapport entre le volume d'alcool pur contenu dans le liquide et le volume total (la densité à 20 °C de l'éthanol est de 0,791)



# Des Biotechnologies

- C'est quoi ?
- Pourquoi ?
- Comment ?
- Avec quoi ?

Définition

Enjeux

Démarche

Matériel biologique

+

**Des bioprocédés**



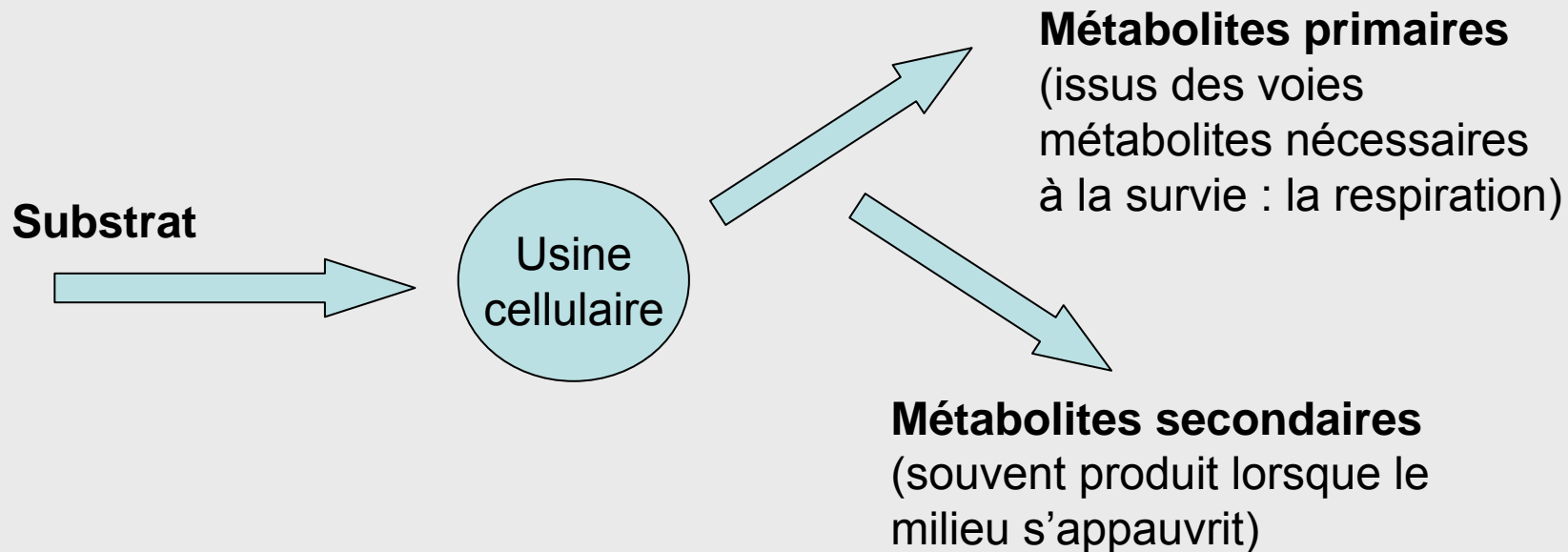
# Bioprocédés

- Le principe de l'usine cellulaire
- Une histoire dans le temps
- Une implantation dans l'espace
- Un cœur : le bioréacteur
- De la qualité à grande échelle
- Une usine dans un environnement
- Quelques exemples de bioprocédés



# Le principe de l'usine cellulaire

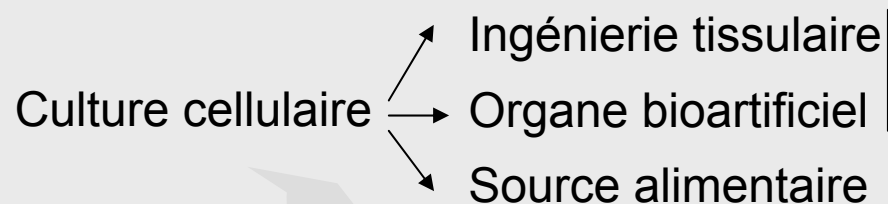
Le biocatalyseur qui permet de faire dans des conditions douces des réactions (nécessitant des conditions extrêmes ou ayant des rendements faibles *ex-vivo*)



Le bioprocédé permet de faire fonctionner le biocatalyseur avec un contrôle « fin » des conditions



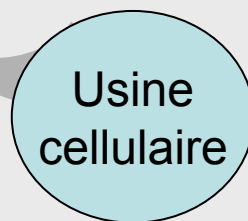
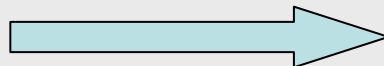
# L'utilisation de l'usine cellulaire



**Biomédical**



**Substrat**



**Métabolites primaires**

- Alcool
- CO2

**Agroalimentaire**



Dégradation de la matière organique

biorémediation

Conversion biomasse

**Métabolites secondaires**

- Produit actif

**Pharmacie**



**Energie**

**Environnement**





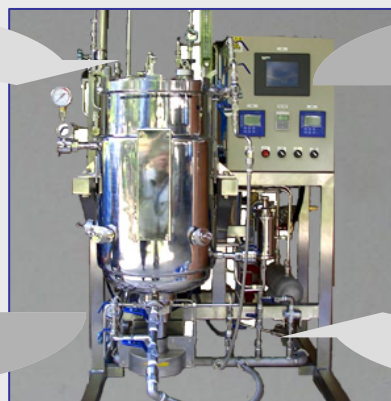
# Une histoire de temps et de volume

**Découverte en  
laboratoire  
dans un mini-procédé**



10-100 mL

**Pilote  
de développement**



10-100 L

**Procédé industriel**



10-100 m<sup>3</sup>



Recherche



Développement



Industrialisation

Production

0

15 ans

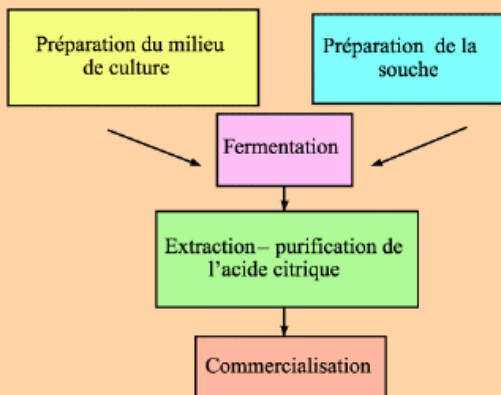




# Une série d'opérations

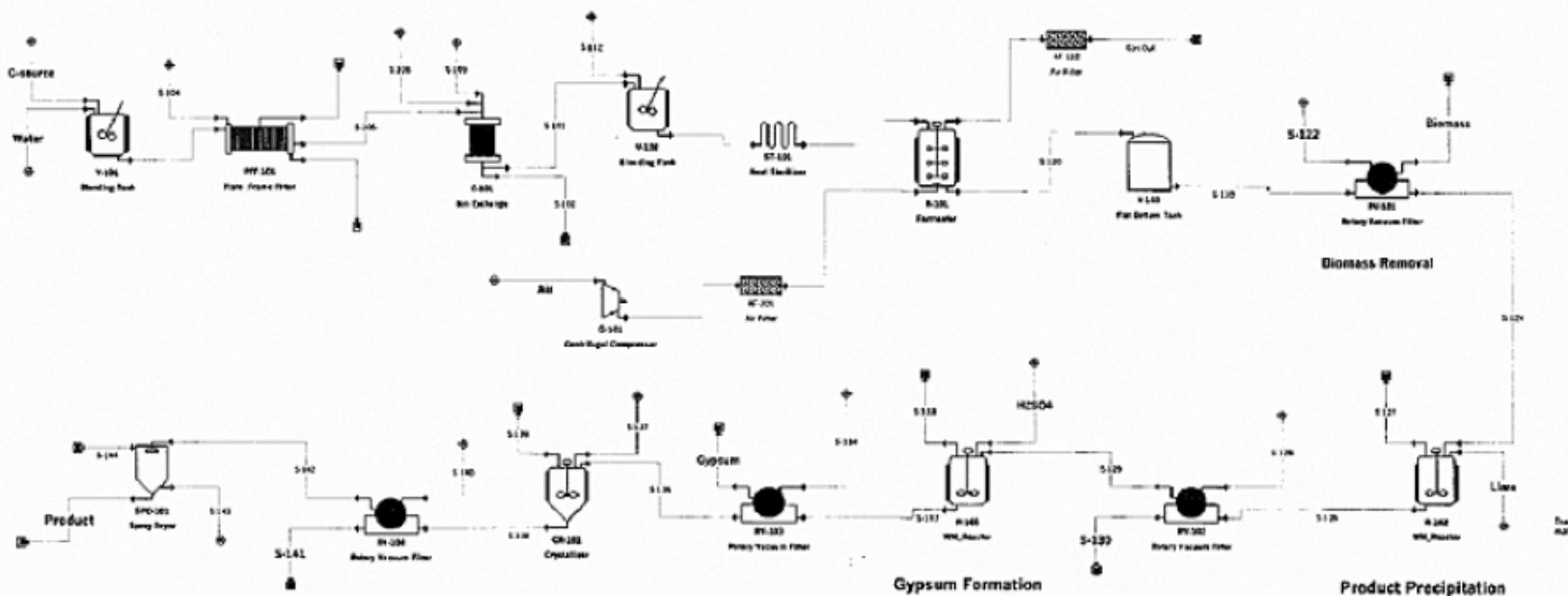
## Production d'acide citrique

Différentes étapes



Un procédé se décompose en diverses étapes, puis chaque étape en opérations élémentaires.

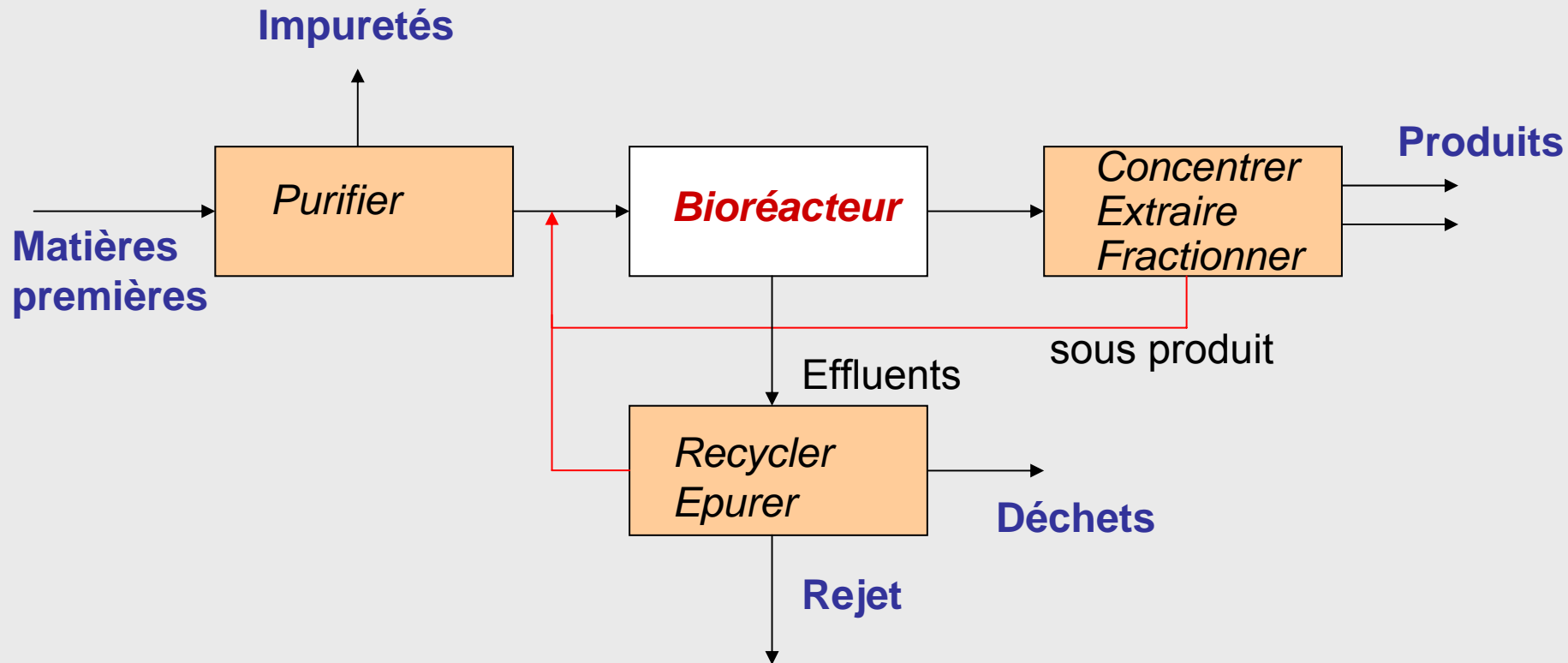
## Citric Acid Production - Recovery Based on Precipitation







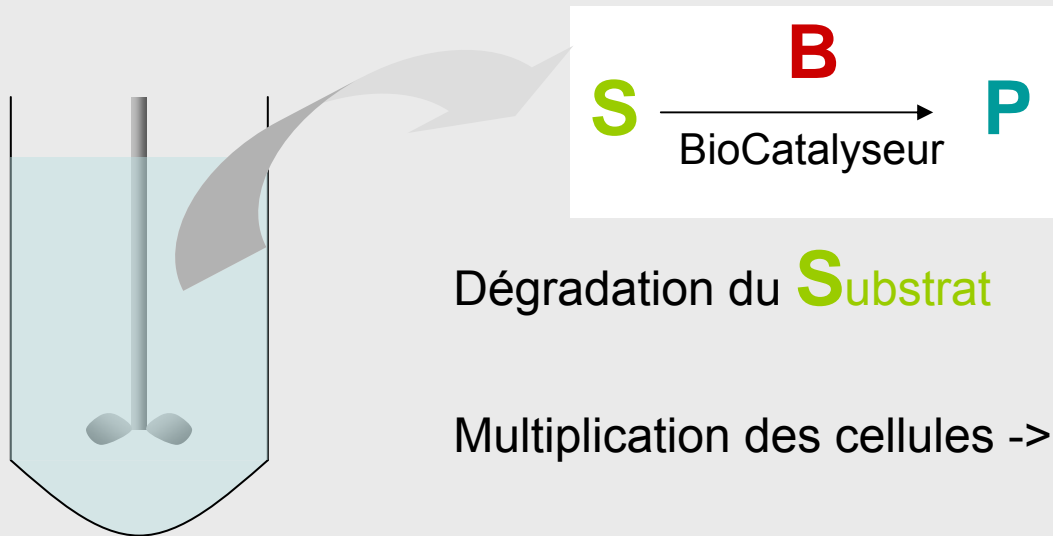
# Un cœur : le bioréacteur





# Le cœur : Le bioréacteur

- **Bioréacteur** : terme générique dérivé du vocabulaire du génie chimique désignant des récipients dans lesquels se déroulent une réaction (bio)-chimique. Ce terme de bioréacteur regroupe les fermenteurs (terme ancien) et cytoculteur (terme plus récent).



Dégradation du **S**ubstrat

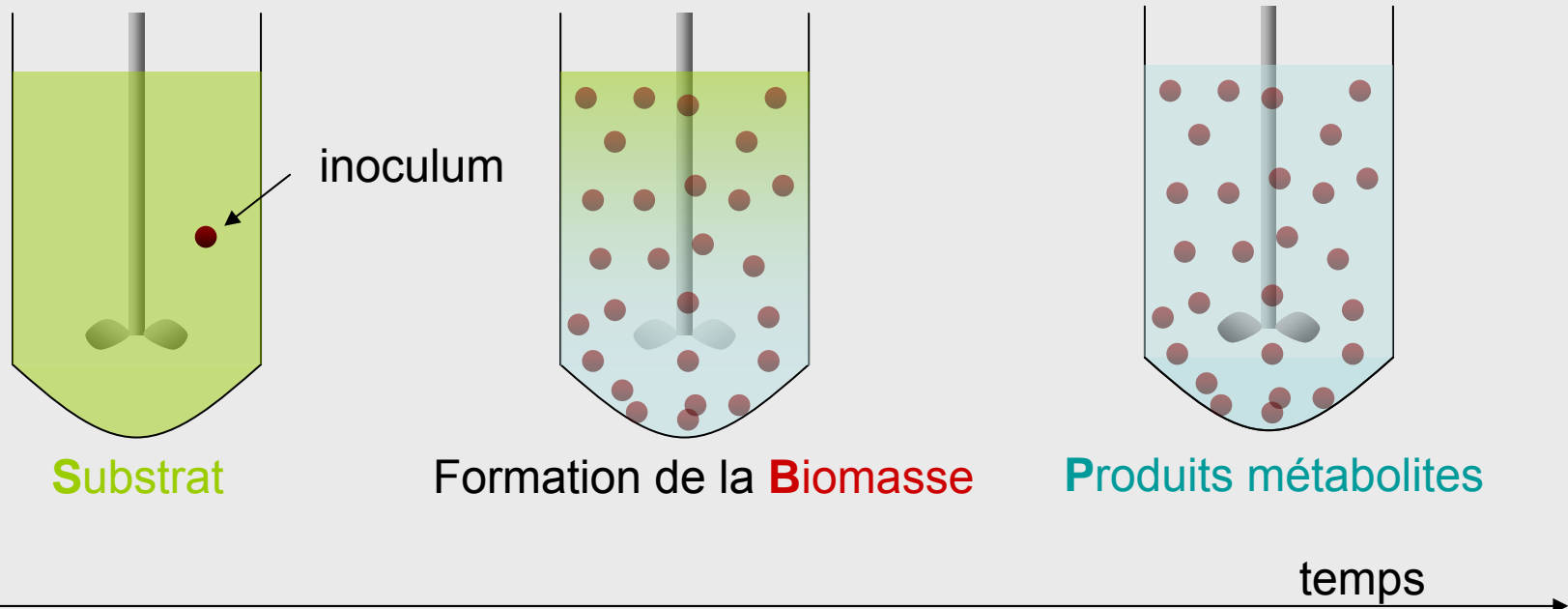
Multiplication des cellules -> formation de la **B**iomasse

Production de **P**roduits métabolites



# Un cœur batch

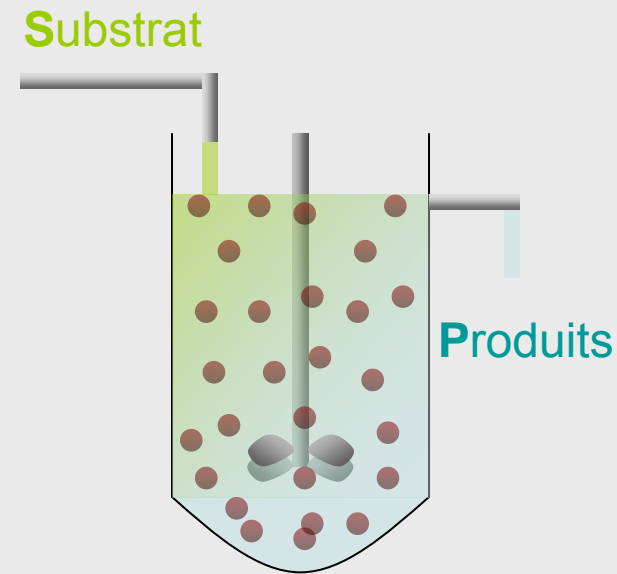
- les **bioréacteur fonctionnant en discontinu ou en batch** ne sont pas alimentés en continu en substrat : le substrat (solide ou liquide) est introduit au début de la réaction : traitement par lot ("batch " en anglais)





# Un cœur continu

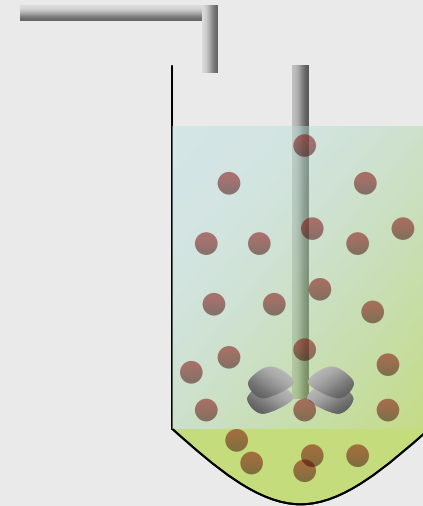
- Le ***bioréacteur fonctionnant en continu*** est alimenté en continu en substrat : le substrat (en solution) est introduit tout au long de la réaction
  - avantages : la transformation des substrats peut se poursuivre indéfiniment et l'appareillage est utilisé à plein temps (intérêt économique)
  - en pratique :
    - alimentation en substrat et un soutirage du milieu à un même débit (pour que le volume reste constant)
    - est utilisé durant des périodes plus ou moins longues : un fonctionnement sur des temps longs peut engendrer la modification du matériel biologique (mutation de microorganismes, dénaturation donc inactivation des protéines, ...)





# Un cœur semi-continu

- Le ***bioréacteur fonctionnant en semi-continu*** (ou en batch alimenté ou fed batch) sont partiellement alimentés : le substrat est introduit tout au long de la réaction mais sans qu'il y ait soutirage du milieu -> le volume augmente
  - Avantages : permet d'augmenter le volume au fur et à mesure de la croissance de la biomasse
  - En pratique : Arrêt de l'alimentation lorsque le volume atteint une certaine valeur





# Biomasse : à quelle vitesse ?

n Nbre de générations	0	1	2	3	4	5
X Nbre de cellules	1	2	4	8	16	32
	$2^0$	$2^1$	$2^2$	$2^3$	$2^4$	$2^5$

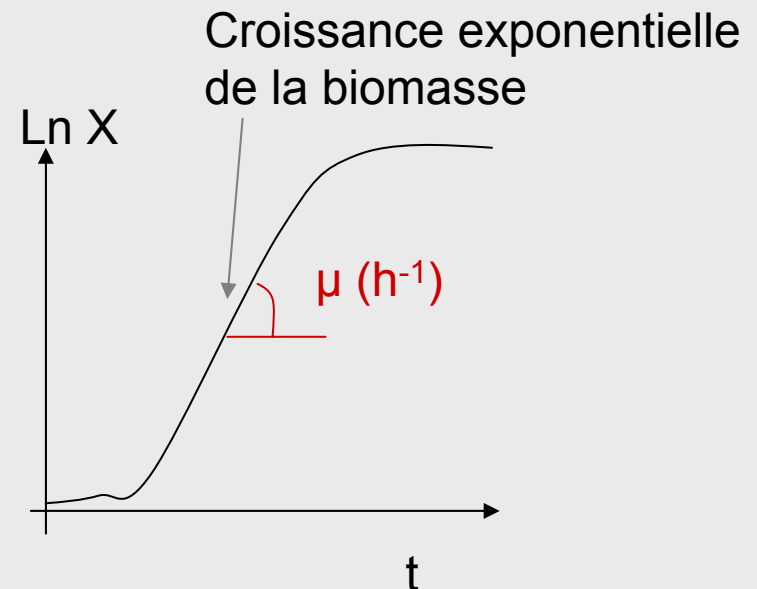
$$X = X_0 2^n$$

Si G est le temps de génération (temps nécessaire au doublement de la population) :  $n = t/G$

$$X = X_0 2^{t/G}$$

$$\ln(X) = \ln(X_0) + \frac{\ln(2) \cdot t}{G}$$

taux de croissance (népérien)  $\mu$  ( $h^{-1}$ )  
ou vitesse spécifique de croissance





# Exercice

Le temps de génération est de 20 minutes pour *Escherichia coli*. On place une bactérie dans des conditions idéales de culture.

- Calculer le nombre de bactéries présentes au bout de 12h
- Calculer le taux de croissance népérien

On place 5 L d'une suspension de bactéries (l'inoculum) dans un fermenteur de 100 m<sup>3</sup>.

- En considérant le taux de croissance déterminé ci-dessus (on ne tiendra pas compte d'une éventuelle phase de latence), déterminer le temps nécessaire pour atteindre une suspension à concentration identique dans le fermenteur.

Sol : t=4,7 h



# Culture submergée : un peu d'histoire

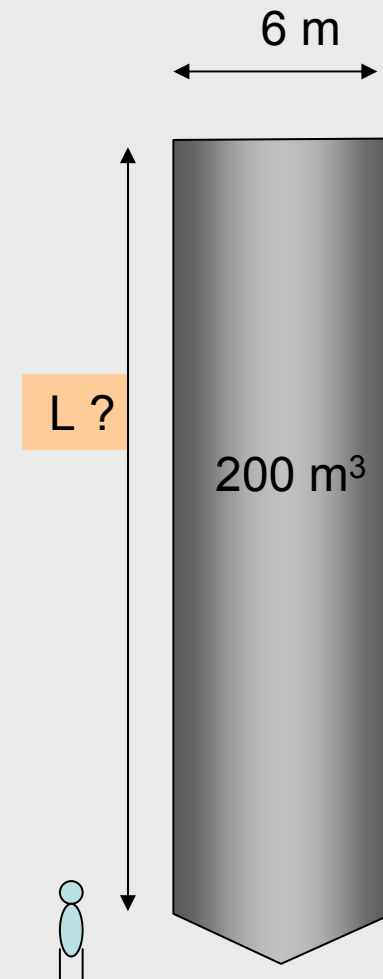
- **1822-1895** : Les travaux de Pasteur et de Koch définissent la notion et les conditions d'obtention de cultures pures. Le suivi des conditions de culture est essentiellement empirique : Début de la microbiologie industrielle.
- **1915** : durant la première guerre mondiale Weizman réussit à faire produire par un *Clostridium* (anaérobiose stricte) de l'acétone et du butanol utilisés pour la fabrication d'explosifs.
- **1942** : **étude de la culture en milieu liquide**, pour la première fois au laboratoire, par Jacques Monod (1910 - 1976) dans sa thèse soutenue en 1942 consacrée à *Bacillus coli* (qui deviendra *Escherichia coli* en 1954) ;
  - définition de conditions expérimentales de culture précise permettant l'obtention de résultats reproductibles
  - définition des paramètres de croissance (taux de croissance, rendement de transformation d'un substrat en biomasse ou en un produit, ....)
- **1945** : première réalisation industrielle de culture submergée réalisée par Florey et Chain aux USA pour la production de pénicilline, premier antibiotique dont les pouvoirs thérapeutiques ont été mis en évidence. Naissance de l'industrie des antibiotiques.
- **De nos jours** : La culture submergée en milieu liquide est la technique la plus répandue.





# De la qualité à grande échelle

- Il y a des spécificités liées à une culture de microorganismes à grande échelle :
  - nécessité d'utiliser des cuves en acier inoxydable de forme bien précise, nécessité du maintien de la stérilité, importance de l'aération.
  - nécessité du **contrôle et régulation des paramètres physico-chimiques** : la température, le pH, l'aération (taux d'oxygène dissous), l'analyse chimique de composés. Des paramètres constants permettent d'améliorer la culture et dans les cas les plus favorables, orientation de la culture par le contrôle des paramètres
    - contrôle du pH en ligne
    - régulation PID des paramètres
  - Des modèles de bioréaction servent de guide pour le suivi et le pilotage du bioréacteur et permettent de détecter des déviations du comportement normal.



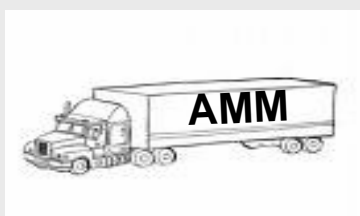


# De la qualité à grande échelle

- **Une législation ...**

Mise sur le marché de nouveaux produits, soumise à une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) : document officiel dont la délivrance n'est effectuée qu'après un certain nombre d'investigations afin de s'assurer, par exemple dans le cas d'un produit à usage pharmaceutique, de sa pureté, de sa non toxicité et de son efficacité. Pour l'exportation aux états-unis, la production doit satisfaire la législation exigeante de la *Food and Drug Administration (FDA)*.

Plusieurs dizaines  
de tonnes de dossier !



- **Mais aussi de l'éthique.**

Les biotechnologies mettent en œuvre de nouveaux produits avec des effets réels ou supposés, volontaires ou involontaires.

Une question éthique **A-t-on raison de faire ce que l'on fait ?** doit traverser tout travail sur les biotechnologies afin de mettre au premier plan la valeur de la sécurité lors de cette mise en œuvre.

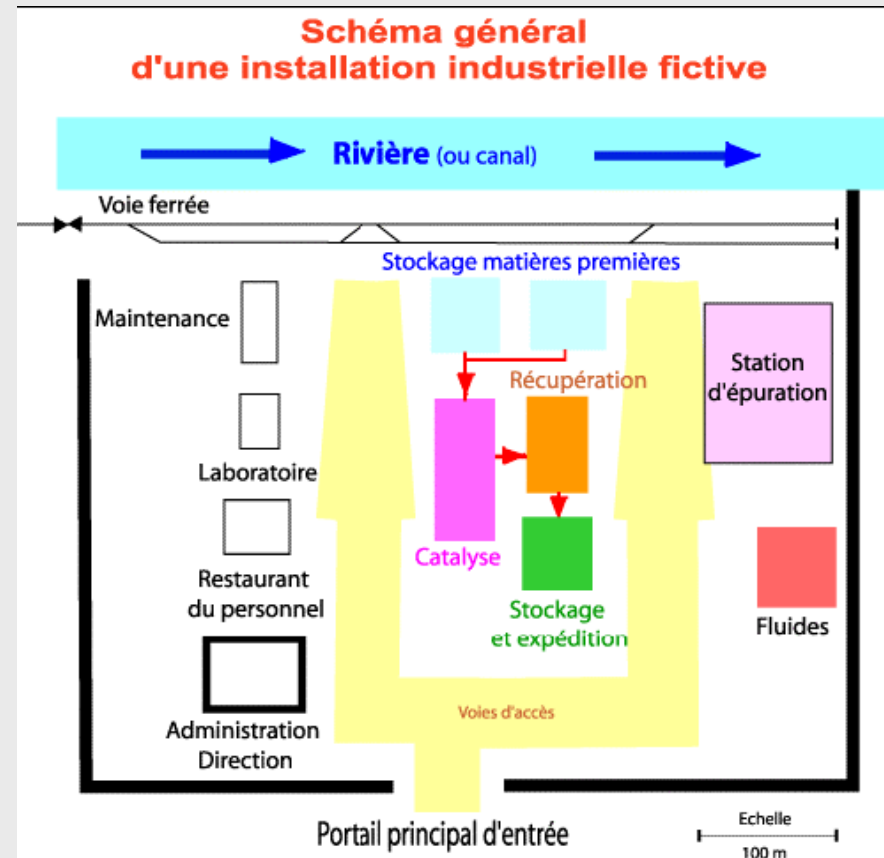


(Ex : problèmes liés à la libération dans l'environnement et la nature d'OGM)



# Une usine dans son environnement

**Une usine**  
 =  
 bioprocédés  
 +  
 procédés  
 (mélange, séparation)  
 +  
 services  
 (fourniture d'énergie, d'eau de  
 refroidissement, stockage)  
 +  
 station d'épuration  
 +  
 administration



## Une culture industrielle :

la qualité du travail industriel accompli (prévention des accidents, suivi qualité, respect de l'environnement...) peut être attestée par la certification de l'installation aux **normes ISO 9000**.



# Bioprocédés : quelques exemples

- **La fermentation :**

- Depuis très longtemps, Les bactéries comme *Lactobacillus*, *Lactococcus* ou *Streptococcus*, combinées aux levures et moisissures interviennent dans l'élaboration d'aliments fermentés comme les fromages, les yaourts, la bière, le vin, la sauce de soja, le vinaigre, la choucroute.

**Grâce à cette longue paille plongée dans une jarre, il y a 6000 ans, un sumérien goûte aux premiers bienfaits de la fermentation : l'orge et le froment ont macéré dans l'eau du Tigre. La bière est apparue**

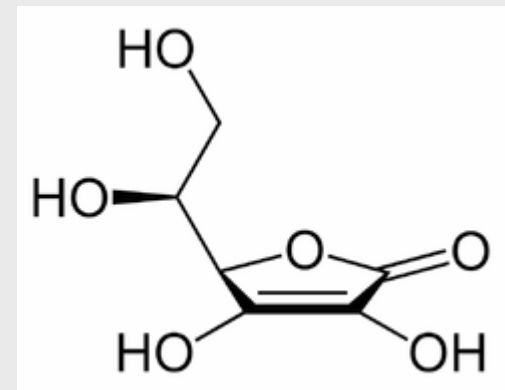




# Bioprocédés : quelques exemples

## • Production d'acide

- Les bactéries acétiques (*Acetobacter*, *Gluconobacter*) peuvent produire de l'acide acétique à partir de l'éthanol. Elles sont rencontrées dans les jus alcoolisés et sont utilisées dans la production du vinaigre. Elles sont également exploitées pour la production d'acide ascorbique (vitamine C) à partir du sorbitol transformée en sorbose.



La bactérie bactérie acétique (*acetobacter acetii*) est aussi responsable de la piqure acétique des vins

[www.itv-midipyrenees.com/.../pique-acetique.php](http://www.itv-midipyrenees.com/.../pique-acetique.php)



# Bioprocédés : quelques exemples

## • Dégradation de composés organiques

- La capacité des bactéries hétérotrophes à dégrader une large variété de composés organiques est exploitée dans des processus de traitement des déchets comme la bioremédiation ou le traitement des eaux usées. Des bactéries sont également utilisées dans les fosses septiques pour en assurer l'épuration. Des bactéries, capables de dégrader des hydrocarbures du pétrole, peuvent être utilisées lors du nettoyage d'une marée noire. Le processus de nettoyage de milieux pollués par des micro-organismes est la **bioremédiation**.



complexe bactérien contenant 4 à 6 bactéries du type bacillus. Des microbilles libèrent pendant 6 mois les bactéries. Les diverses bactéries produisent des enzymes non OGM (protéase, lipase, amylase, cellulase) assurant ainsi le phénomène de liquéfaction.



<http://acces.inrp.fr/eduterre-usages/nappe/html/Ressources/les%20stationsd-epuration/lesstationsdepurat>



# Bioprocédés : quelques exemples

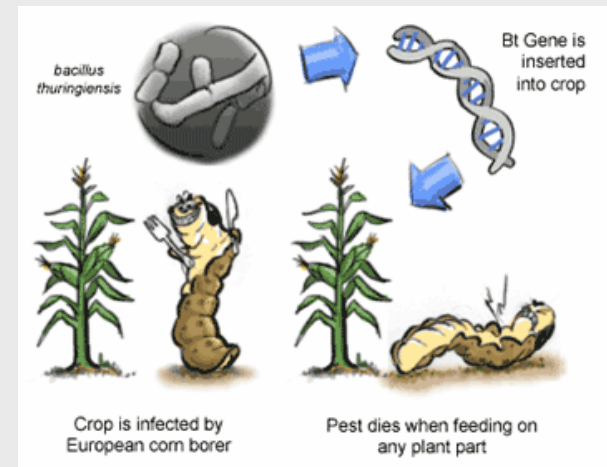
## • Lutte biologique

- Des bactéries peuvent être utilisées à la place de pesticides en lutte biologique pour combattre des parasites des plantes. Par exemple, *Bacillus thuringiensis* produit une protéine Bt qui est toxique pour certains insectes. Cette toxine est utilisée en **agriculture biologique** pour combattre des insectes qui se nourrissent de plantes.

Un même remède (les bactéries) mais des modes d'actions et des conséquences très différentes

- Il est aussi possible de produire des plantes transgéniques (**OGM**) dite « Bt » produisant la toxine dans leurs tissus aériens (feuilles et tige).

-> Problème d'accumulation de Bt dans le milieu naturel





# Bioprocédés : quelques exemples

## • Procédés enzymatiques

- De nombreuses enzymes utilisées dans divers processus industriels ont été isolées de micro-organismes.
  - Les enzymes des détergents sont des protéases de certaines souches de *Bacillus*.
  - Des amylases capables d'hydrolyser l'amidon sont très utilisées dans l'industrie alimentaire.
  - La Taq polymérase utilisée dans les réactions de polymérisation en chaîne (PCR) pour l'amplification de l'ADN provient d'une bactérie thermophile *Thermus aquaticus*.
- La voie enzymatique est une voie possible et prometteuse pour élaborer des bio-carburants à partir de la biomasse.

Sécrétion extracellulaire d'enzymes (marquées par un colorant fluorescent) par des bactéries



Bactéries fluorescentes

[www.bulletins-electroniques.com/actualites/54994.htm](http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/54994.htm)

Crédits : Harald Kolmar, TU Darmstadt



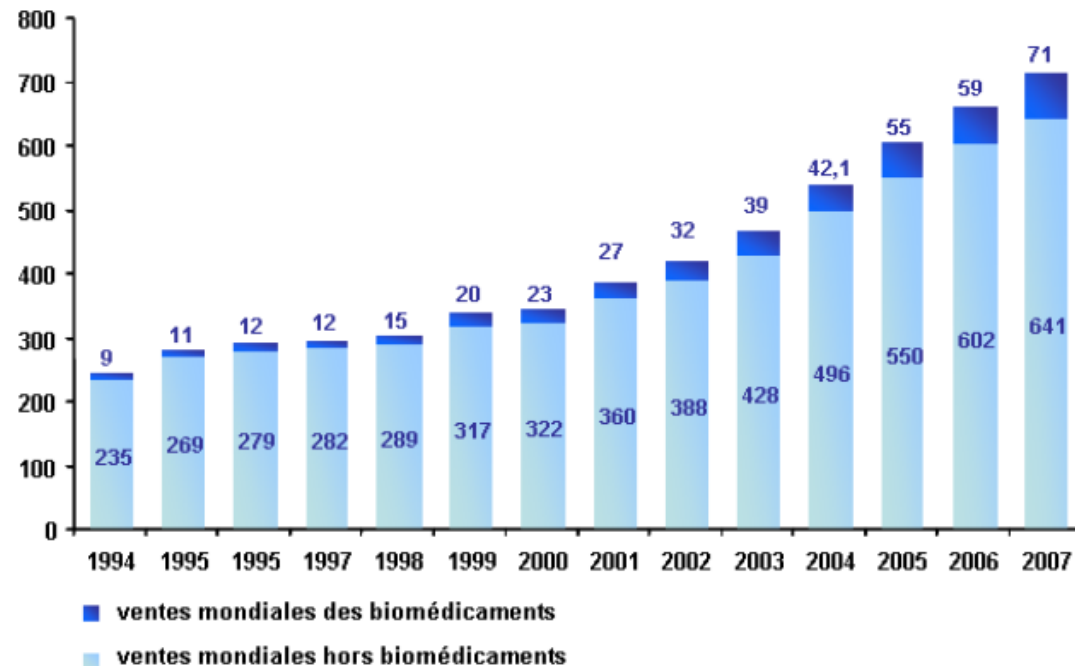


# Bioprocédés : quelques exemples

## • Production pharmaceutique

- Les bactéries génétiquement modifiées sont très utilisées pour la production de produits pharmaceutiques : biomédicaments. C'est le cas par exemple de l'insuline, l'hormone de croissance, certains vaccins, des interférons... Certaines bactéries comme *Streptomyces* sont très employées pour la production d'antibiotiques.

Ventes mondiales (Mds\$)





# Organisation de l'UE



# Organisation générale

- Equipe pédagogique
  - P. Bacchin, C. Causserand, P. Gros, JP. Souchard, T. Tzedakis, P. Vicendo
- 12 h cours 18 h TD
  - Cours/TD «études de cas »
- 18 h TP
  - Projet « Comment produit-on ? »



# Cours/TD « étude de cas »

## **Semaine 2 (27 et 28 Janvier) :**

Mardi : Patrice Bacchin (Introduction générale de l'UE)

Mercredi : Patrice Bacchin (Présentation du projet -définition du travail attendu, répartition en groupes-)

## **Semaine 3 (3 et 4 Février):**

Mardi : Patrice Bacchin Les procédés de culture de micro-organismes : application à la production de principe actif pharmaceutique

Mercredi: Patricia Vicendo, Les procédés de culture de cellule sur matériaux : application à l'ingénierie tissulaire

## **Semaine 4 (10 et 11 Février)**

Mardi : Jean Pierre Souchard (La vinification et les procédés de fermentation en agroalimentaire)

Mercredi : Patricia Vicendo (Les procédés de culture de cellule sur matériaux : application à l'ingénierie tissulaire)

## **Semaine 5 (17 et 18 Février)**

Mardi : Christel Causserand (Les séparations membranaires : applications en agroalimentaire)

Mercredi : Suivi du projet 1

## **Semaine 6 (24 et 25 Février)**

Mardi : Suivi du projet 2

Mercredi : Christel Causserand (Les séparations membranaires : applications en agroalimentaire)



# Cours/TD « étude de cas »

## **Semaine 7 (3 et 4 mars)**

Mardi : Christel Causserand : Le traitement biologique de l'eau pour l'assainissement des eaux usées

Mercredi : Jean Pierre Souchard (La vinification et les procédés de fermentation en agroalimentaire)

## **Semaine 8 (10 et 11 mars)**

Mardi : Théo Tzédakis : Bioprocédés pour l'énergie : de la bio-pile à la méthanisation de la biomasse

Mercredi : suivi du projet 3

## **Semaine 9 (17 et 18 Mars)**

Mardi : suivi du projet 4

Mercredi : Christel Causserand : Le traitement biologique de l'eau pour l'assainissement des eaux usées

## **Semaine 10 (24 et 25 Mars)**

Mardi : Pierre Gros : Les biocapteurs : techniques analytiques pour le contrôle des procédés et processus biologiques

Mercredi : Théo Tzédakis : Bioprocédés pour l'énergie : de la bio-pile à la méthanisation de la biomasse

## **Semaine 11 (31 Mars et 1er Avril)**

Mardi : Suivi du projet 5

Mercredi : Pierre Gros : Les biocapteurs : techniques analytiques pour le contrôle des procédés et processus biologiques

## **Semaine 12 (21 et 22 Avril)**

Suivi des projets

**Examen du 6 au 20 mai** – examen écrit + présentation du travail réalisé au cours du projet



# Projet « Comment produit-on ? »

- **Objectif scientifique :**

Découvrir le monde des biotechnologies en faisant des recherches sur les bioprocédés utilisés pour la production de produits d'intérêt (produit actif pharmaceutique, produits alimentaires –vin, pain, bière, quorn-, biocarburant, peau et organes bio-artificiels, biocapteur, eau traitée à partir d'eau usée, ...)

- **Objectifs d'apprentissage :**

- Rechercher de l'information (en privilégiant les sources « sûres »)
- Traiter l'information (en évitant de se noyer dedans)
- Savoir communiquer : rédiger un diaporama et le présenter oralement

- **Outils :**

- [Guide méthodologique de recherche et de traitement de l'information scientifique et technique](http://sup.ups-tlse.fr/abcdoc/rechercher-traiter-information/index2.html) <http://sup.ups-tlse.fr/abcdoc/rechercher-traiter-information/index2.html> Fiche : Recherche en bibliothèque, Méthode du classeur, Réaliser un diaporama
- Bibliothèque
- Outil informatique pour les diaporamas



# Projet « Comment produit-on ? »

28 Janvier Séance 0 : Présentation des objectifs du projet – Constitution des groupes et choix du sujet

## ***Premier travail personnel de recherche pour délimiter le sujet***

18 Février Séance 1 : Restitution de la première recherche et précision du sujet – une réorientation partielle du sujet pourra être envisagée si les informations semblent difficiles à trouver-

24 Février Séance 2 : Présentation des techniques de recherche à la bibliothèque et de la technique du classeur pour le traitement de l'information

## ***Travail personnel de recherche et de traitement de l'information à la bibliothèque***

11 Mars Séance 3 : Travail tutoré de recherche et de traitement de l'information à la bibliothèque (séance à la bibliothèque)

## ***Travail personnel de recherche et de traitement de l'information à la bibliothèque***

17 Mars Séance 4 : Restitution de la recherche et du traitement de l'information en présentant le classeur – **Rendre le classeur en fin de séance**

31 Mars Séance 5 : Présentation de conseils pour la réalisation du diaporama – Travail tutoré sur la rédaction des diapositives (les classeurs seront rendu aux étudiants en début de séance)

## ***Travail personnel de préparation du diaporama***

21 Avril Séance 6 : Restitution du travail de préparation du diaporama

22 Avril Séance 7 : Travail sur la présentation orale

## ***Travail personnel de préparation de la présentation***



# Projet « Comment produit-on ? »

## **Soutenance du projet :**

PRESENTATION ORALE DU TRAVAIL

(10 ' de présentation et 5' minutes de questions)

DEVANT L'ENSEMBLE DE LA PROMOTION

## **Evaluation du projet :**

1/3 Note sur le classeur (recherche et traitement de l'information)

2/3 Note sur la présentation finale (présentation de l'information)

## **Contact :**

[bacchin@chimie.ups-tlse.fr](mailto:bacchin@chimie.ups-tlse.fr)





# Références

- René Scriban, Biotechnologie, Tec&Doc Lavoisier, 1999
- Gérard Coutouly, Biotechnologies : la part industrielle, Dossier CRDP Alsace, 2005 (téléchargeable sur <http://www.crdp-strasbourg.fr/sciences/biotech/> )
- Colin Ratledge, Bjorn Kristiansen, Basic biotechnology, Cambridge University Press, 2006
  
- **Crédits**
  - <http://www.geniebio.ac-aix-marseille.fr> pour les films et animations
  - wikipedia