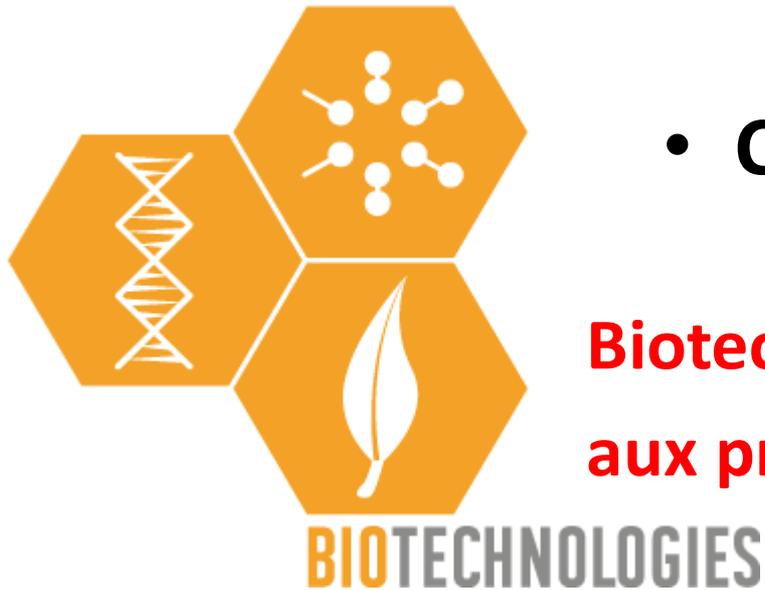
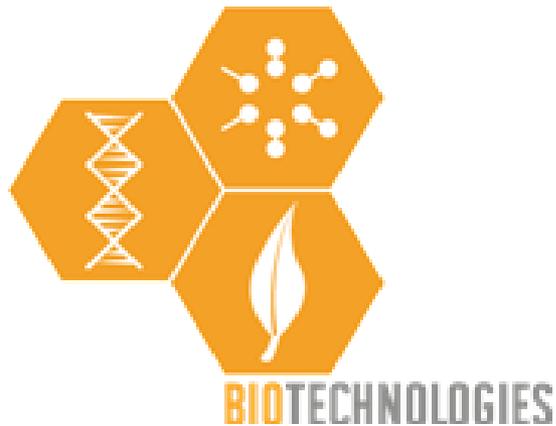


# Rappelez vous !



- **Chapitre 01**

**Biotechnologies appliquées  
aux problématiques environnementales**



## Chapitre II : Biotechnologies appliquées aux problématiques environnementales

### Plan

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

2.1. Changement climatique et évolution des écosystèmes

2.2. Gestion des ressources microbiologiques, végétales et animales

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

#### **Références et sources**

# Objectif de La biotechnologie environnementale

## La biotechnologie **environnementale**

➔ une voie vers le **développement durable**



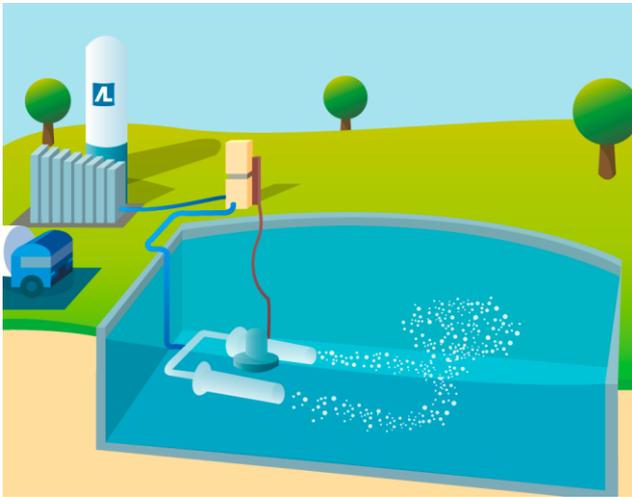


# Risques professionnels

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

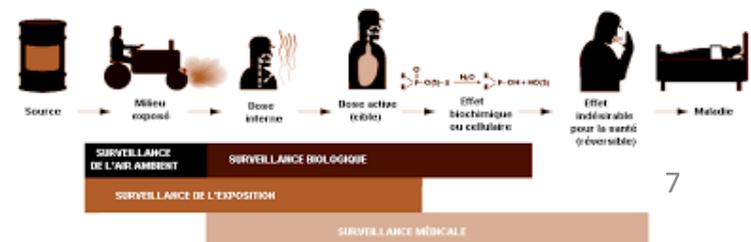
# Risques professionnels

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



# Risques professionnels

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



# Risques professionnels



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

# Risques professionnels



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

# Risques professionnels



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



# Risques professionnels

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

# Evalutaion:



**Projet Personnel: Analyse d'article  
scientifique**

# Projet Personnel

- Deadline: **05 janvier 2022**
- Rapport scientifiques sous forme **IMRAD**
- Quiz de **10 questions**

- Introduction
- Method
- Results
- (And)
- Discussion

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

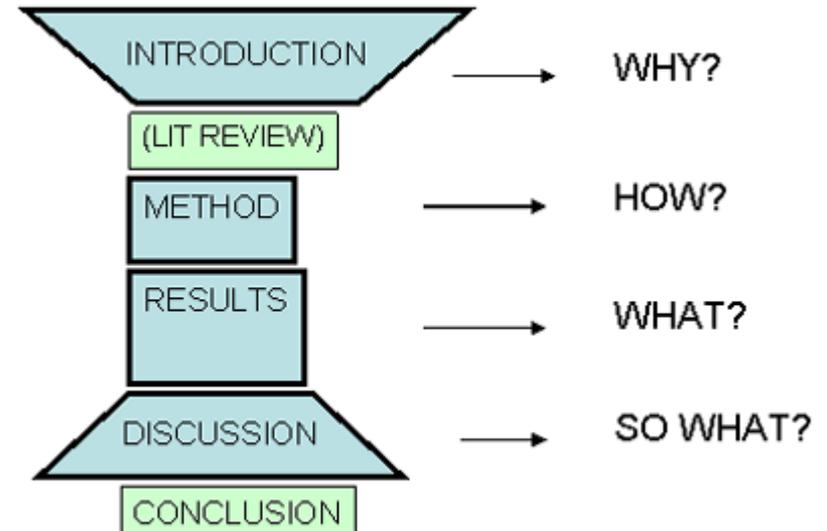
# Projet personnel

- 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 **« IMRAD »**

# Projet personnel : IMRAD

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)



## Chapitre III : Biotechnologies en agronomie à des fins alimentaires

### Contenu de la matière

#### 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

Références et sources

# Objectif de Chapitre

## Biotech aux Agro-alimentaire



- Assurer un produits de qualité et de sécurité alimentaire
- Avoir une traçabilité (suivre la circulation des denrées et les transformations qu'elles ont subies, de la ferme aux points de vente)

**La sécurité  
sanitaire  
des aliments,  
c'est l'affaire  
de tous**



**#WORLDFOODSAFETYDAY**  
www.fao.org/world-food-safety-day  
www.who.int/world-food-safety-day

# Introduction

La fabrication des produits alimentaires utilise des matières premières végétales, animales ou minérales qui subissent des transformations grâce à des moyens:

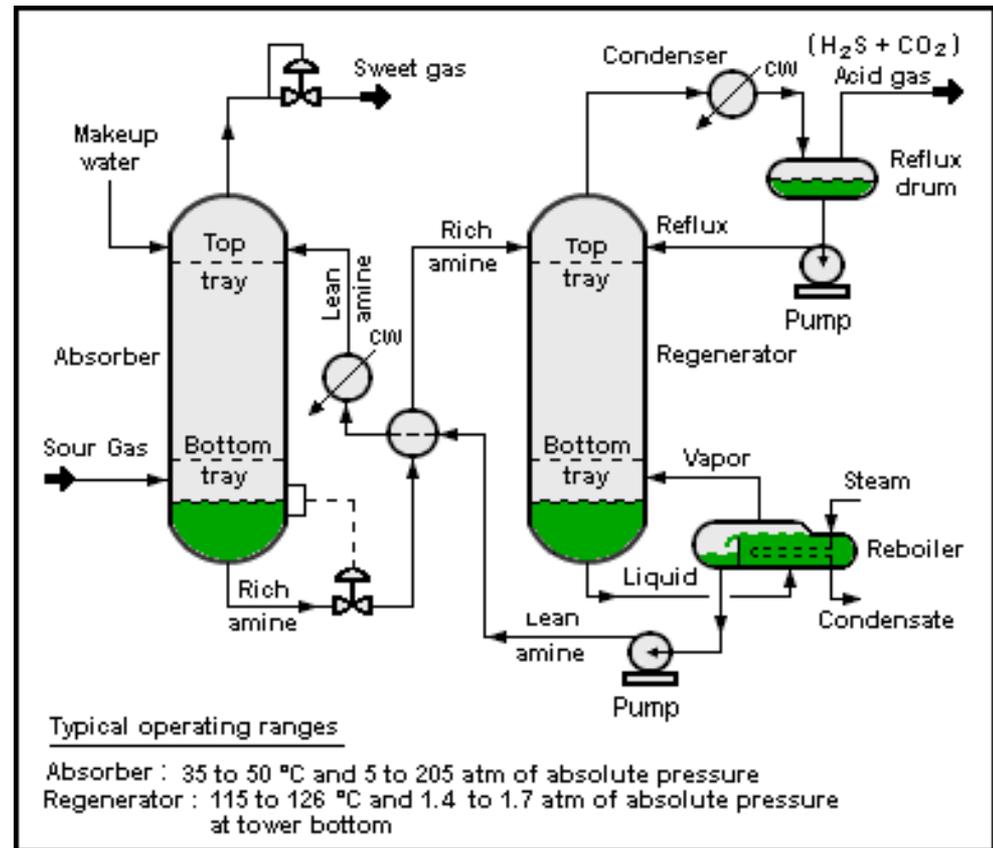
- **Physiques** (mécaniques comme les broyages ou les mélanges, la chaleur, le froid...),
- **Physico-chimiques** (modification de l'activité de l'eau par le salage ou le sucrage, modification du pH par l'acidification...),
- **Biochimiques** (enzymes, stabilisants divers, antioxydants...)
- **Microbiens**

# 1. Procédés et les opérations unitaires

- Les traitements de transformations (les opérations unitaires) des matières premières visent à obtenir des produits désirables et d'augmenter la durée de conservation.
- L'ensemble des traitements dans l'usine constitue le schéma de fabrication ou le diagramme technologique (**flow sheet**). (feuille de flux en français)..

# Un diagramme de flux de processus (PFD) (**flow sheet**).

Le schéma de fabrication ou le diagramme technologique est un diagramme de flux de processus (PFD) est un diagramme couramment utilisé en génie chimique et en génie des procédés pour indiquer le flux général des processus et des équipements de l'usine.



## 2. Processus de transformation de la matière première

L'ensemble de ces opérations ont pour but de transformer et de modifier la matière première, généralement ils consistent à :

- **Les opérations de réduction de tailles**
- **Les opérations de séparation**
- **Les opérations de mélange, texturation, mise en forme**
- **Processus de stabilisation des produits finis**

# 2.1. Les opérations de réduction de tailles

- Les opérations de réduction de tailles :

- **Broyage** : c'est le fait de réduire une matière solide en des très petits pièces généralement par pression ou mécaniquement.
  - **EX** : les graines de blés.
- **Blutage** : cette étapes est suite au broyage, consiste à séparer le son des graines de blé tendre de la farine.
- **Sassage** : c'est une étape où le son des graines de blé dur et la semoule sont séparées (car le blé dur résiste à l'écrasement, il se réduit en semoule).



**Sassage**

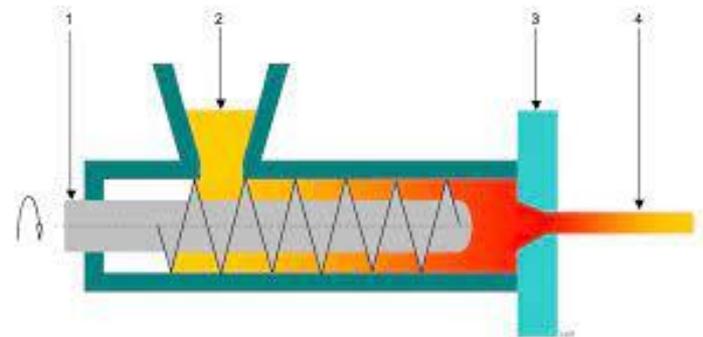
- **Découpage** : une opération très fréquente dans les chaînes de transformation, c'est l'action de couper un produit en morceaux.
  - » **EX** : découpage de viande, du fromage...

[Rebulet: Mixture de farine et de son donnée aux bêtes](#)

## 2.1. Les opérations de réduction de tailles :

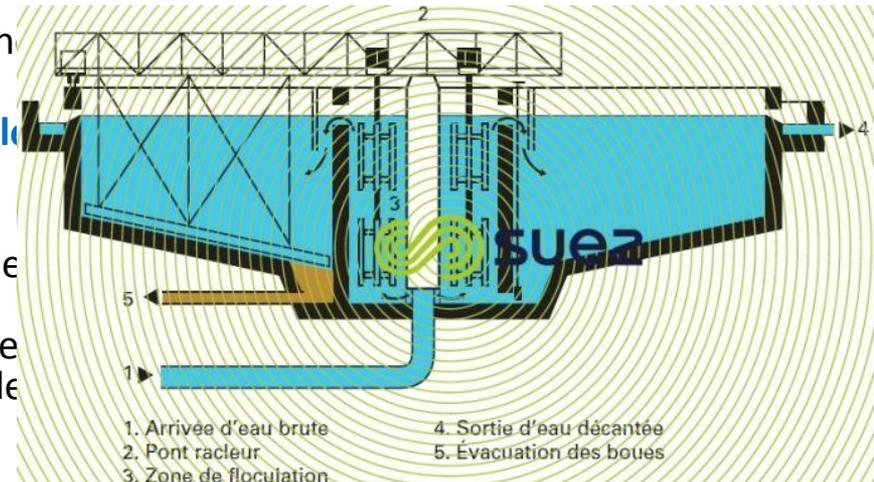
- **Séparation des constituants liquide** : la séparation des mélanges permet d'isoler ou de séparer certains constituants des mélanges dans lesquels ils se trouvent.  
» EX : lait, jus, eaux.
- **Extrusion** : c'est un procédé par lequel un matériau compressé (ex pâte) est contraint de traverser un tube ayant la section de la pièce à obtenir  
» EX : industrie des pâtes alimentaires (formats de pâtes alimentaires), les biscuits.

**Extrusion**



## 2.2. Les opérations d'extraction de décantation et filtration

- **Extraction par solvant** : cette technique permet d'extraire une substance dissoute dans un solvant (phase d'alimentation), à l'aide d'un autre solvant d'extraction, dans lequel elle est plus soluble. Le solvant initial et le solvant d'extraction ne doivent pas être miscibles.
  - **EX : huile des graines, oléagineuses, huile de soja, colza...**
- **Extraction par pression** : l'extraction par pression est un procédé permettant l'extraction de l'huile des graines et des noix qui ne fait pas appel à des composés chimiques... l'extraction par pression est la seule méthode utilisée dans le traitement des huiles de caméline.
  - **EX : extraction du jus de fruit, de l'huile végétale (olive).**
- **La décantation statique** : c'est une technique de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc, après l'étape de coagulation-floculation. Cette technique est très répandue dans les usines d'épuration et de traitement des eaux usées de stations.
  - **EX : la dépollution des eaux usées des stations d'épuration.**



**Décantation statique**

## 2.2. Les opérations d'extraction de décantation et filtration

- **Décantation** : une opération unitaire de séparation de particules (solides ou liquides) dispersées dans un liquide grâce à la force centrifuge obtenue par une rotation rapide du bol qui contient le produit.
  - **EX : écrémage du lait.**
- **La filtration** : est procédé de séparation permettant de séparer les constituants d'un mélange qui possède une phase liquide et une phase solide ou travers d'un milieu poreux. L'utilisation d'un filtre permet de retenir les particules de mélanges hétérogènes qui sont plus grosses que les trous du filtre.
  - **EX : clarification des boissons, jus de l'orange, de pommes..**



Ecrémage du lait.

## 2.3. Les opérations de séparation

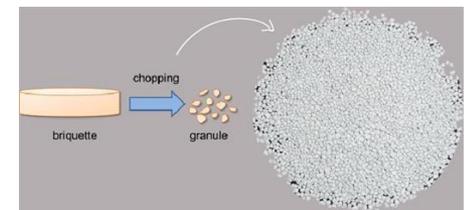
- **Distillation** : c'est un procédé de séparation de mélange de substances liquides dont les températures d'ébullition sont différentes. Elle permet de séparer les constituants d'un mélange homogène.
  - » **EX : distillation de l'alcool.**
- **Condensation** : le terme de condensation désigne un phénomène physique de changement d'état de la matière et plus exactement, le passage de l'état de gaz à état condensé, solide ou parfois liquide. Dans ce dernier cas, il est toutefois préférable de parler de condensation liquide ou même, d'employer le terme de liquéfaction.
  - » **EX : lait condensé.**
- **Cristallisation** : est une opération unitaire du génie chimique consiste à isoler un produit sous forme de cristaux. La cristallisation est l'une des opérations physique les plus anciennes pratiquées, avec l'évaporation de l'eau de mer pour isoler du sel.
  - » **EX : production de sucre (saccharose).**

## 2.4. Les opérations de mélange, texturation, mise on forme

- **Mélange** : une opération courante dans la transformation alimentaire, est utilisée pour obtenir un produit lisse, homogène et d'une qualité constante.
  - » EX : le mélange des produits secs et liquides.
- **Texturation** : une opération courante dans la transformation alimentaire, est utilisée pour obtenir un produit lisse, homogène et d'une qualité constante.
  - » EX : industrie de confiserie.
- **Granulation** : opération de mise en forme qui consiste a relier entre elles de poudre a l'aide d'agent liants, afin d'obtenir des granulés.
  - » EX : farine, semoules, poudre de lait.
- **Enrobage** : opération par laquelle on revêt les bougies composées d'acides gras a point de fusion un peu bas, d'une enveloppe très mince d'acide stéarique a point de fusion plus élevé.
  - EX : industrie de confiserie recouvrement des bonbons, pastilles ect..



industrie de confiserie.



Principe de granulation

## 2.5. Au niveau de processus de stabilisation des produits finis

- **Conservation par la chaleur**
- **Conservation par le froid**
- **Déshydratation (élimination d'eau)**
- **Conservation par d'autres moyens**
- **Physico-chimiques**
  - Fumage
  - Chimiques
  - Conservation par sel ou salage
- **Biologiques**
- **Conservation par des additifs**

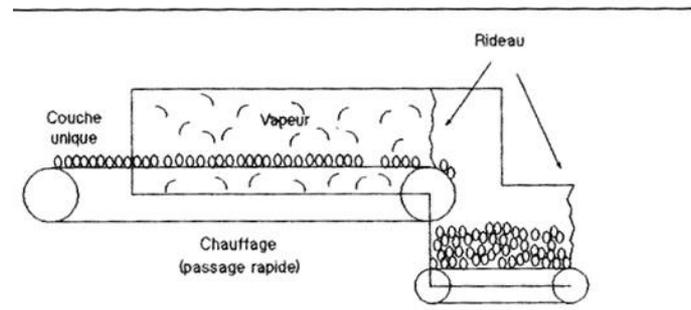
## 2.5. Au niveau de processus de stabilisation des produits finis

**Conservation par la chaleur** : On distingue les opérations unitaires (OU) suivantes :

- **La cuisson** : est l'opération par laquelle un aliment est transformé ou modifié, sur le plan physico-chimique, sous l'effet de la chaleur (ou des radiations capables de le chauffer..). Elle modifie sa structure chimique et physique et peut ainsi le rendre assimilable, nourrissant ou plus savoureux.
  - » EX : pocher (dans un liquide départ a chaud) pour la cuisson des légumes verts du riz , des pates. Mais aussi cuir sous vide, cuir a la vapeur, rôtir, griller, frire, sauter, poêler.
- **La pasteurisation** : est une processus de conservation des aliments qui consiste a les chauffer a une température donnée ( entre 62 et 88°C) durant une durée déterminée avant un refroidissement brusque, de manière a éliminer un nombre important de micro-organismes et éviter la prolifération de ceux qui restent.
  - » EX : la pasteurisation est pratiquée pour le lait, mais aussi pour les jus de fruit , le cidre, la bière, la viande ou la confiture.
- **Le blanchiment** : est un traitement thermique superficiel de quelques minutes a 70°C a 100°C destiné a détruire les enzymes susceptibles d'altérer les légumes ou les fruits avant leur traitement ultérieur.

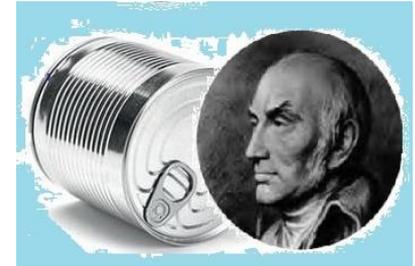
» EX : \*\*\*\*\*

**Le blanchiment**



## 2.5. Au niveau de processus de stabilisation des produits finis

- **L'appertisation** : est un procédé de conservation de longue durée qui porte le nom de son inventeur *Nicolas Appert*. Elle consiste en un traitement thermique de stérilisation dans un récipient étanche suivi d'un conditionnement étanche.
  - EX : un traitement thermique rapide, il consiste à mettre l'aliment de 1 à 2 minutes dans l'eau bouillante ou dans de la vapeur d'eau puis à le refroidir rapidement.
- **La stérilisation** : une opération permettant d'éliminer ou de tuer les micro-organismes portée par des milieux inertes contaminés, le résultat de cette opération ayant pour objectif le degré 0 en fin d'opération.
  - EX : stérilisation par la chaleur pour les instruments qui résistent à la chaleur stérilisation par les gaz ou les radiations ionisantes pour les instruments qui ne résistent pas à la froid du matériel thermosensible (endoscopes).
- **Le traitement à ultra haute température (UHT)** : l'acronyme UHT signifiait au départ « Upérisation à Haute Température », simplifié ensuite en « Ultra Haute Température ». C'est une technique de stérilisation bien particulière : le lait est porté instantanément à une température très élevée (entre 140 et 150°) pendant un temps très court (2 à 5 secondes seulement).
  - EX : traitement UHT des aliments et des produits laitiers.



## 2.5. Au niveau de processus de stabilisation des produits finis

**Conservation par le froid:** Ces opérations visent à diminuer la température afin de ralentir les altérations microbiennes et physicochimique. On rencontre :

- **Réfrigération :** consistent à abaisser la température d'un corps, ou d'un malade fébrile, et état qui en découle, Le principe réside toujours en un transfert de chaleur (calories), à partir du système à refroidir et vers l'environnement. Les deux technologies les plus répandues à grande échelle sont : les systèmes à absorption
  - » **EX : chaque type de produits réfrigérés est à maintenir à une température appropriée ( par exemple, une température de 4°C maximum pour les viandes, les volailles ..)**
- **Congélation :** On appelle congélation toute technique visant à faire passer un produit à l'état solide par des techniques de refroidissement forcé. On parle de congélation principalement pour l'eau et les produits qui en contiennent. La congélation est une technique de conservation des produits biologiques.
  - » **EX : poisson congelée ou bien viandes...**
- **Surgélation :** est un procédé industriel complexe qui utilise des températures très basses (-30°C à -50°C) et qui refroidit les produits très rapidement. La surgélation permet un refroidissement au cœur du produit, ce qui risquera moins d'endommager les cellules de l'aliment au moment de sa décongélation.
- **Cryoconservation:** appelée aussi cryosuspension, cryofixation ou cryopréservation, est un procédé où des cellules ou tissus entiers sont conservés en les refroidissant à très basse température, typiquement 77 K ou -196 °C (le point d'ébullition de l'azote liquide). À ces températures extrêmement basses, toute activité biologique est suspendue.

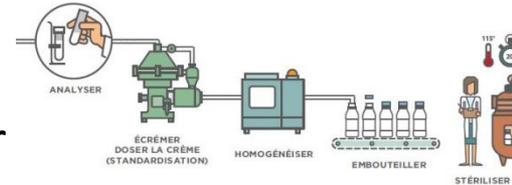


**Cryoconservation**

# Déshydratation (élimination d'eau)

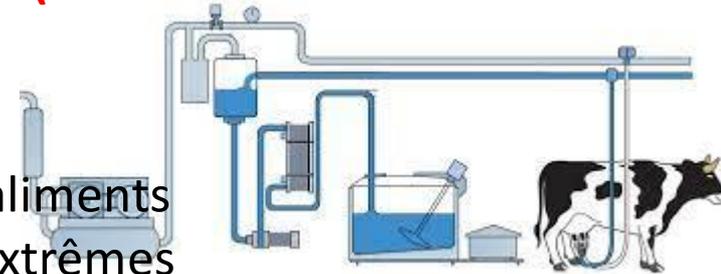
- **Le séchage** : opération qui a pour but d'éliminer par vaporisation l'eau imprègne un produit afin de le transformer en produit solide sec dont l'humidité résiduelle est très faible.

» **EX : lait pasteurisé afin d'obtenir lait en poudre (eau 55%).**



- **Lyophilisation** : une méthode de conservation des aliments consiste à congeler l'aliment en des températures extrêmes de  $40^{\circ}\text{C}$  puis à le déshydrater sous vide afin de la conserver.

» **EX : céréales...**



Lyophilisation



# Conservation par d'autres moyens :

- **Physico-chimiques :**

– **Fumage** : un mode ancien de conserver les aliments , consiste a soumis l'aliment a l'action de la fumée de bois, permet de bloquer le développement microbien en réduisant l'activité de l'eau.

» EX : les poissons, viande,....



# Conservation par d'autres moyens :

## Chimiques :

### Conservation par sel ou salage :

- **Salage** : une méthode ancienne consiste à soumettre l'élément à l'action du sel soit en surface à sec ou en plongeant dans l'eau salée (saumure)
  - EX : poissons, fromage .

### Conservation par le sucre :

- » **Sucre** : ne peut se faire qu'à chaud , l'aliment doit perdre une partie de l'eau qu'il contient par évaporation tandis que le sucre se lie aux molécules d'eau et les rend ainsi indisponible aux développements des micro-organismes.
  - EX : les sirops et conserves liquides. Confitures...
- » **Alcool** : est un antiseptique l'ors qu'il est utilisé en quantité suffisante, cette technique consiste à ajouter du l'alcool à les fruits pour les conserver, avec de sucre.
  - EX : framboises, cerises....
- » **Vinaigre** : cette méthode consiste à mettre les aliments dans un milieu acide qui empêche le développement des microbes.
  - EX : légumes (concombres, carottes.)

Salage



Conservation par le sucre

# Conservation par d'autres moyens :

- **Biologiques :**

- **La fermentation** : est la transformation naturelle d'un ou plusieurs ingrédient alimentaire sous l'action de levures, ou de bactéries. les plus importantes transformations sont au nombre de trois, la fermentation alcoolique, la fermentation lactique et la fermentation acétique.

- » EX : (vin), choucroute, cornichons, vinaigres



# Conservation par d'autres moyens :

- **Physiques :**

- **Ionisation** : l'ionisation repose sur l'exposition des denrées de rayonnement ionisant électromagnétique qui a pour but d'augmenter la durée de conservation des aliments en éliminant les micro-organismes.
  - » EX : les flocons et germes de céréales pour produits laitiers, légumes et fruits secs...
- **Pascalisation** : est une procédé qui consiste à appliquer une pression sur un liquide dans lequel le produit d'intérêt est immergé .Cette pression peut atteindre 6000 fois la pression atmosphérique.
  - » EX : jus de fruit, lait, aliments infantiles, légumes frais coupés – fruit frais, smoothies, viande, produits de mer, soupes, sauces fraîches .

## Conservation par d'autres moyens :

**La conservation par des additifs :** les additifs ayant pour but de maintenir la fraîcheur et de prévenir la dégradation des aliments en limitant ou ralentissant la croissance des microorganismes.



1	Acide citrique (E330) qui régule l'acidité	23
2	Les amidons modifiés (E1404, E1410, E1412, E1413...), qui ont un rôle d'épaississant	22
3	Les lécithines (E322), comme émulsifiants	17
4	Les mono et diglycérides d'acides gras (E471), pouvant être utilisés comme émulsifiants ou gélifiants	15
5	L'acide ascorbique (E300), avec un rôle d'antioxydant	13
	La gomme xanthane (E415), comme épaississant	13
7	La gomme de guar (E412), comme épaississant	12
8	Les carraghénanes (E407), comme gélifiants	10
	Le nitrite de sodium (E250), comme conservateur	9
9	Les carbonates de sodium (E500), comme régulateur d'acidité	9

Code des conservateurs ajouter

# La conserve

# additifs :

## UTILISATION DES ADDITIFS ALIMENTAIRES DANS LES PRODUITS TRANSFORMES

Enquête Oqali sur 30 125 produits entre 2008 et 2016 en France

**22%**  
produits  
sans additif

**78%**  
produits  
contiennent  
au moins 1 additif

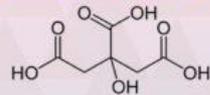


40 additifs alimentaires sont fréquemment utilisés (sur les 400 autorisés)

### TOP 3 PRINCIPAUX ADDITIFS UTILISES (% de mentions dans les produits)

23%

**E330 Acide citrique**

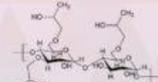


Antioxydant/régulateur d'acidité

Acide trouvé dans les fruits  
Produits industriellement par le champignon *Aspergillus niger*

22%

**E14XX Amidons modifiés**



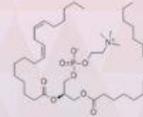
Ex : E1440 - Amidon hydroxypropylique

Épaississant

Issus du maïs, du tapioca, du blé ou de la pomme de terre, ce sont des amidons qui ont subi des modifications physiques, enzymatiques ou chimiques en vue d'améliorer leurs propriétés intrinsèques

17%

**E322 Lécithines**



Emulsifiant

Issus du soja, jaune d'oeuf ce sont des phospholipides possédant une partie hydrophile et une extrémité lipophile

### QUIDANSMONASSIETTE.FR

**4%**  
produits contiennent  
plus de 10 additifs !

16% de viennoiseries et desserts surgelés



15% produits traiteurs frais



12% glaces, sorbets

### TENDANCES D'UTILISATION A LA BAISSSE

13,7% → **18,3%**  
+5 points  
Produits sans additif

Utilisation à la hausse de :

+2 points : **caroténoïde** E160A  
+0,4 point : **pectines** E440  
+0,3 point : **anthocyanes** E163  
+1 point **carbonates de sodium** E500

52,7% → **45,4%**  
-7 points  
Produits avec additifs d'intérêt\*

+0,3 point : **glycosides de stéviol** E690  
+1 point : **sucralose** E955

**Additifs d'intérêt les plus retrouvés :**  
**carraghénanes** (E407) et **nitrites** (E249, E250)

\*Additifs d'intérêt = additifs avec dépassement de la DJA, sans DJA fixée, DJA diminuée, présence de fraction nanométrique  
DJ A = Dose Journalière Admissible

# La conservation par des additifs :

## UTILISATION DES ADDITIFS ALIMENTAIRES DANS LES PRODUITS TRANSFORMES

Enquête Oqali sur 30 125 produits  
entre 2008 et 2016 en France

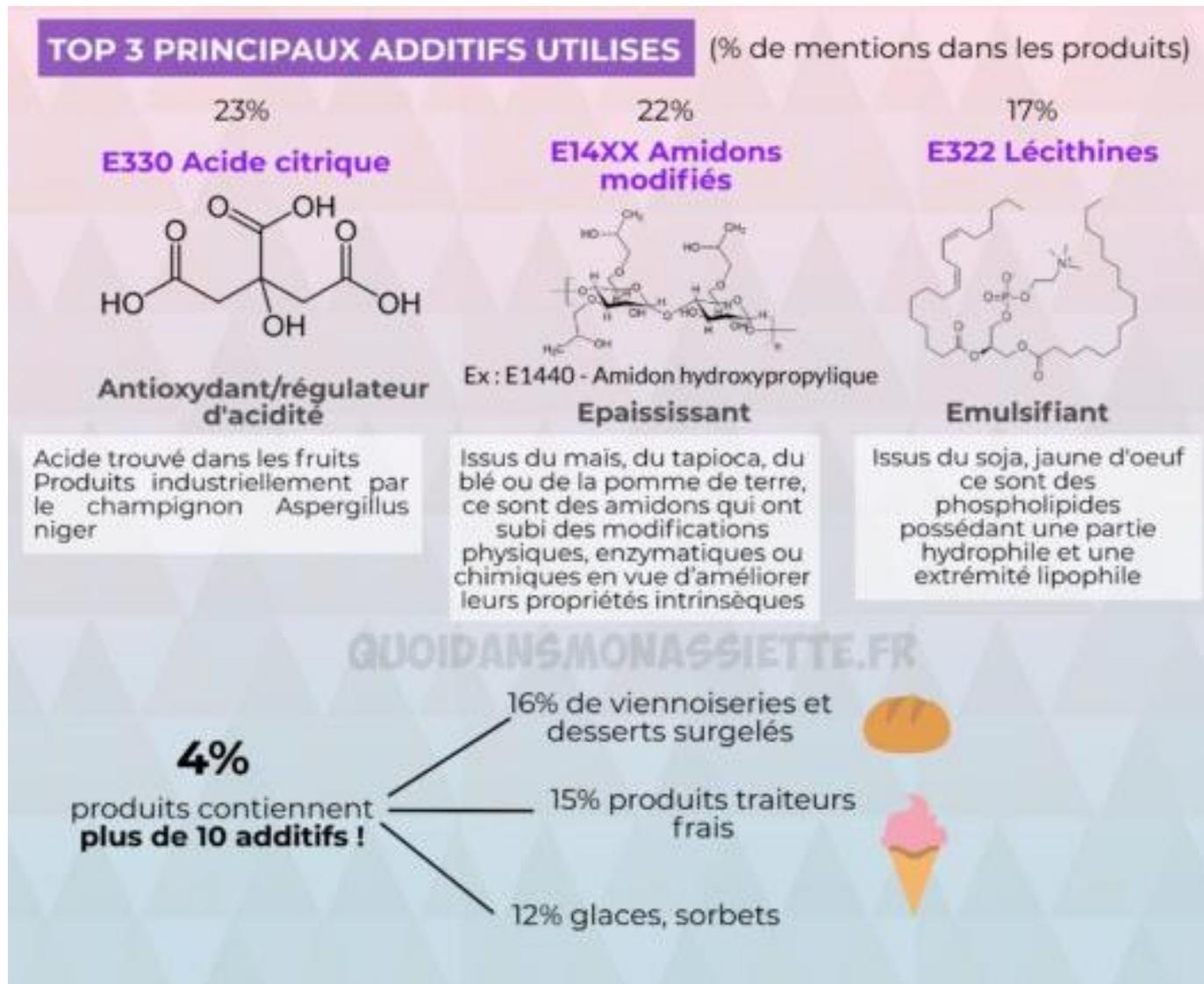
**22%**  
produits  
**sans additif**

**78%**  
produits  
contiennent  
**au moins 1 additif**

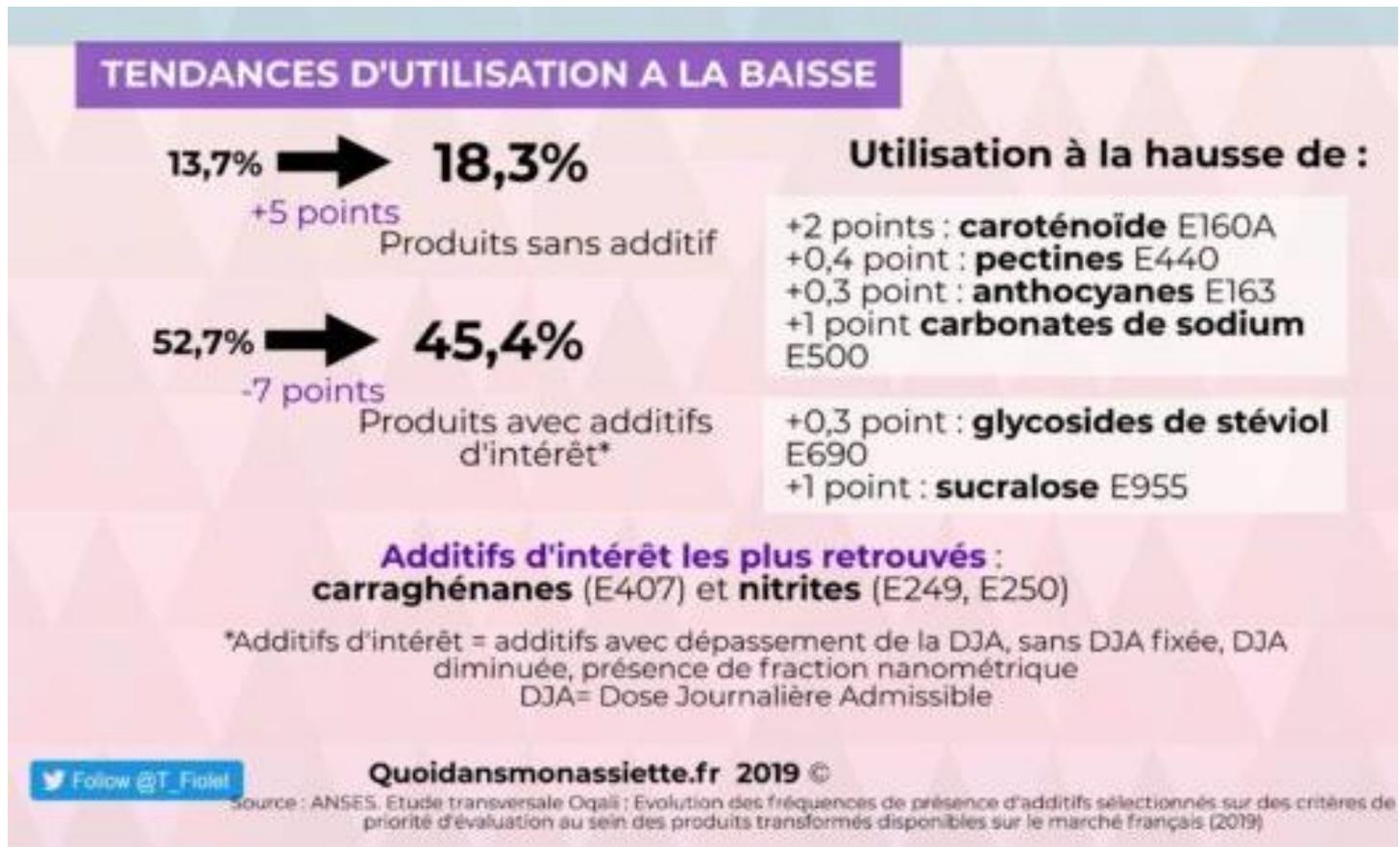
**40** additifs alimentaires sont fréquemment  
utilisés (sur les **400** autorisés)



# La conservation par des additifs :



# La conservation par des additifs :



- EX : Les conservateurs (E200 a E299)
- Les antis oxygènes (E300 a E299)
- Les gaz conditionneurs (E931 a E949)

# 3. Effet des procédés de transformation sur la qualité des aliments

Les phénomènes rencontrés se résument comme suit :

- **Perte de certains nutriments :**

Au cours des 50 dernières années les aliments ont perdu jusqu'à 75% de leur valeur nutritive

EX : il faut 100 pommes actuelles pour le même apport de vitamine C qu'une seule pomme ancienne et 20 oranges au lieu d'une pour l'apport de vitamine A.

- **La dénaturation de molécules :**

Ex : La dénaturation de blanc d'œuf : la dénaturation de la protéine du blanc d'œuf est irréversible au cours de la cuisson ; de plus, il y a perte de solubilité due a une température élevée pendant la friture.

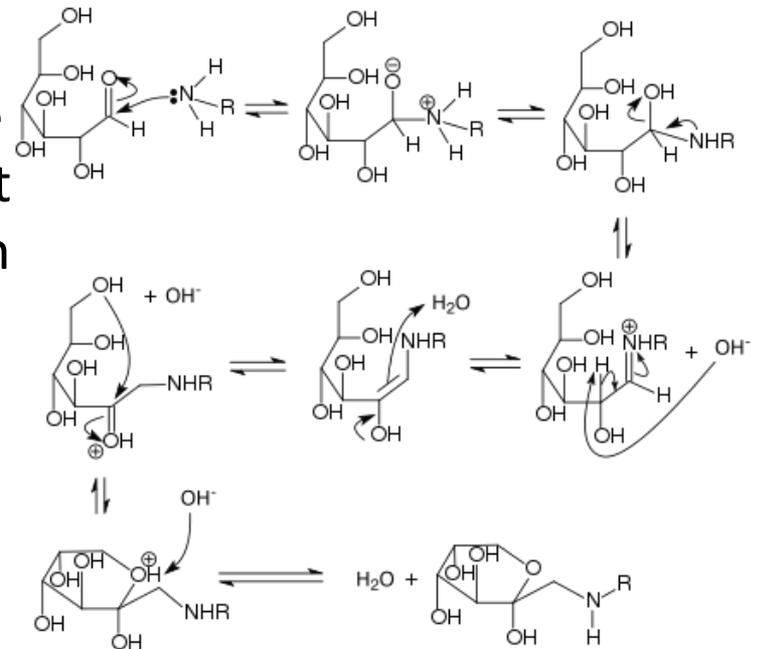
# 3. Effet des procédés de transformation sur la qualité des aliments

Les phénomènes rencontrés se résument comme suit :

## La formation de composés désirables (bio disponibles) ou indésirable :

Ex : **la réaction de Maillard** : les effets de la réaction de Maillard sont généralement recherchés dans les opérations de cuisson des aliments.

Dans d'autres cas tel que le séchage du lait, cette réaction est indésirable du fait qu'elle est responsable de la modification de la couleur, du goût et de la valeur nutritionnelle du lait en poudre.



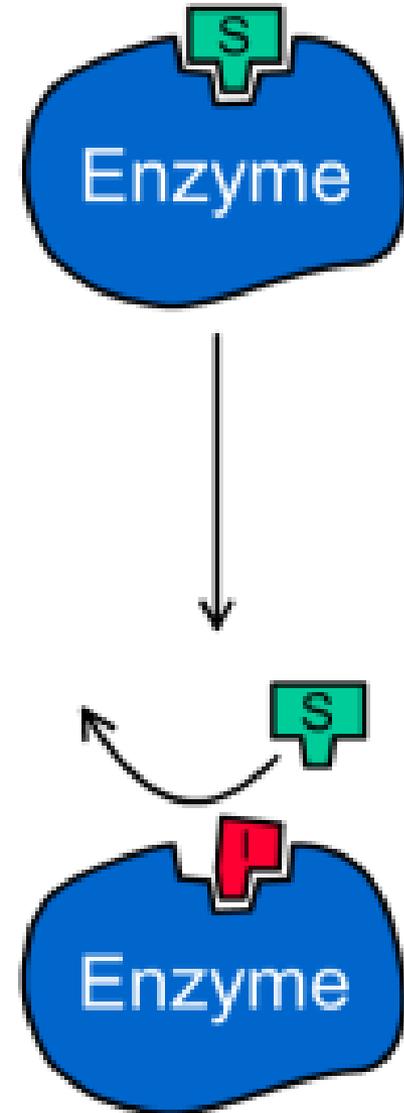
réaction de Maillard

# 3. Effet des procédés de transformation sur la qualité des aliments

Les phénomènes rencontrés se résument comme suit :

## L'effet inhibiteur de molécules formées :

Ex : un inhibiteur enzymatique est une substance se liant à une enzyme et qui en démunie l'activité. Un inhibiteur peut empêcher la fixation du substrat sur le site actif en se fixant à sa place, ou provoquer une déformation de l'enzyme qui rend celle-ci inactive.





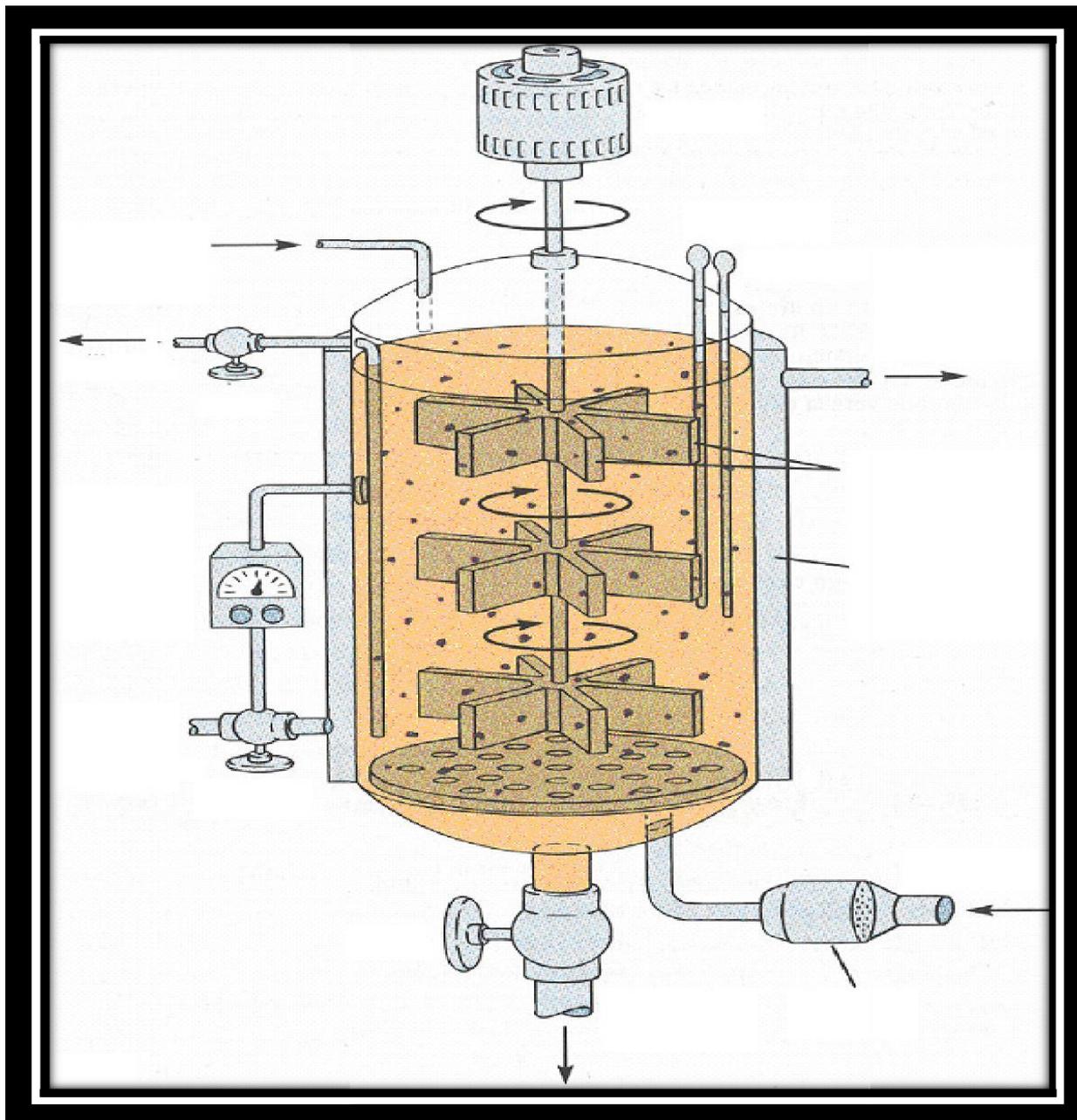
### Exemple :

-*Les mélasses de Betteraves et de la canne à sucre* : riche en Saccharose permettent d'obtenir des biomasses protéiques ou des levures utilisant le lactose.

-*L'amidon* est utilisé comme matière pour la production industrielle des protéines.

(La mélasse de betterave contient 50 % de saccharose ; celle de canne 30 % de saccharose et 20 % de sucres réducteurs.





**Figure 3** : Description d'un bioréacteur

# Bioréacteurs et systèmes de fermentation

**Le bioréacteur** (appelé aussi fermenteur) est un appareil (ou cuve) qui permet la croissance de micro-organismes (*levures, bactéries, champignons microscopiques, algues*) pour *la production de biomasse, de métabolites primaires, secondaires ou encore la bioconversion d'une molécule d'intérêt.*

Il assure le contrôle des conditions physico-chimiques (*Température, pH, aération, etc..*) **pour avoir un bon rendement de productivité**

## ➤ **Etat de culture**

- **Fermentation en milieu liquide** : connu sous le nom de submergé
- **Fermentation en milieu solide** : connu sous le nom surface.

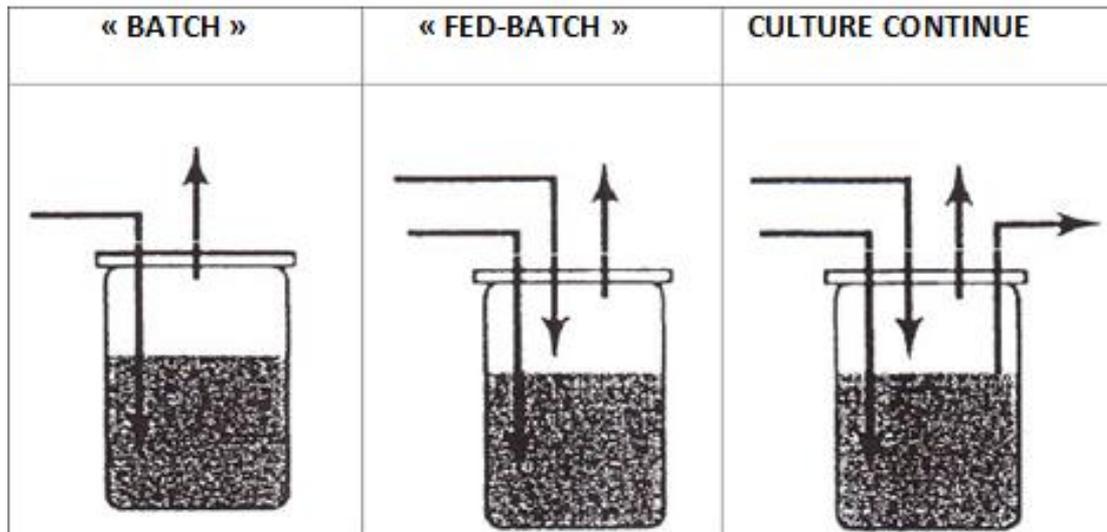
La plupart des fermenteurs utilisés dans l'industrie sont de type submergé, ce dernier économise de l'espace et facilite son contrôle technique et conception.

## ➤ **Volume de culture**

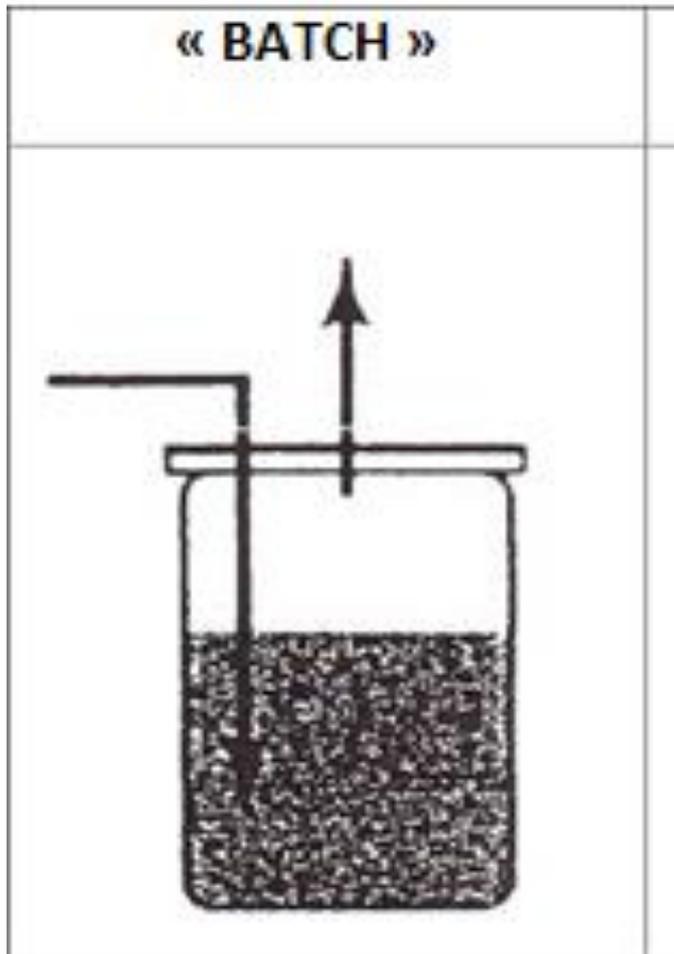
- Bioréacteurs de **laboratoire** stérilisable à l'autoclave ; jusqu'à 18 litres
- Bioréacteurs **in situ**, jusqu'à 30 litres.
- Des pilotes employés pour **les tests en vue de l'industrialisation** ( de 300 à 600 litres)
- Bioréacteurs destinés **à la production industrielle** (entre 600 et 50000 litres), cas de la production de l'Ethanol.

# Fermentation en phase liquide :

- Elle comprend :
  - Culture discontinue (Batch) ou non renouvelée
  - Culture discontinue alimentée (Fed-batch)
  - Culture continue



# Culture discontinue (Batch) ou non renouvelée ;



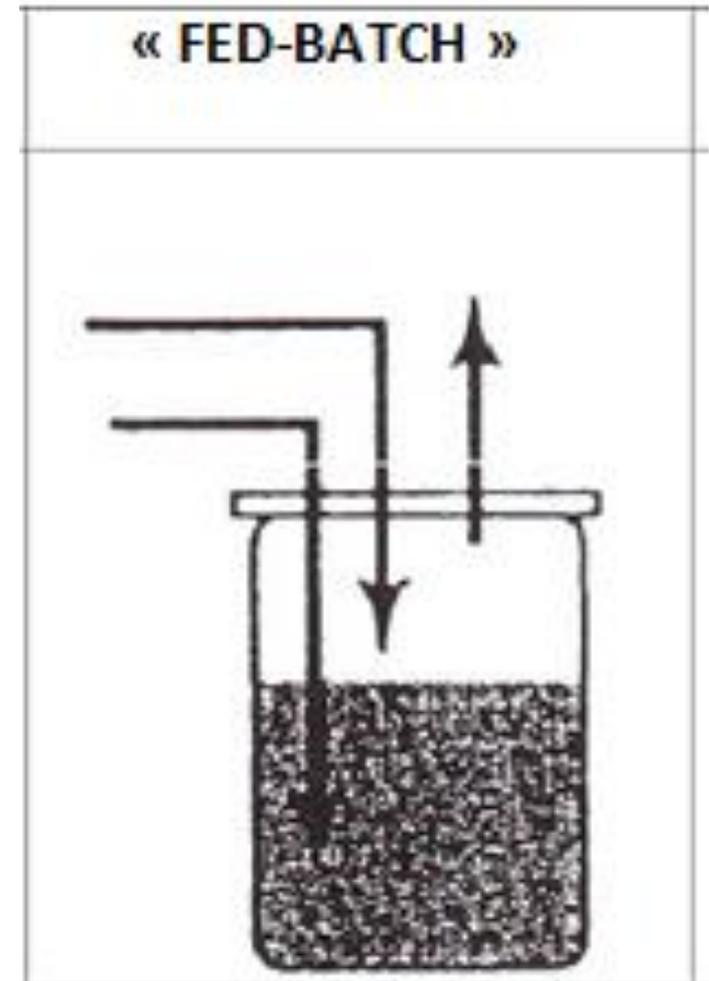
Ce sont des cellules inoculées dans un milieu frais et aucun autre élément nutritif n'est ajouté jusqu'à ce que le produit désiré soit produit.

Le bioréacteur ne possède ni entrée ni sortie. En fin de fermentation, le fermenteur est nettoyé pour une prochaine culture..

Ce mode de fermentation est le seul utilisé pour la production de métabolites secondaires surtout les antibiotiques.

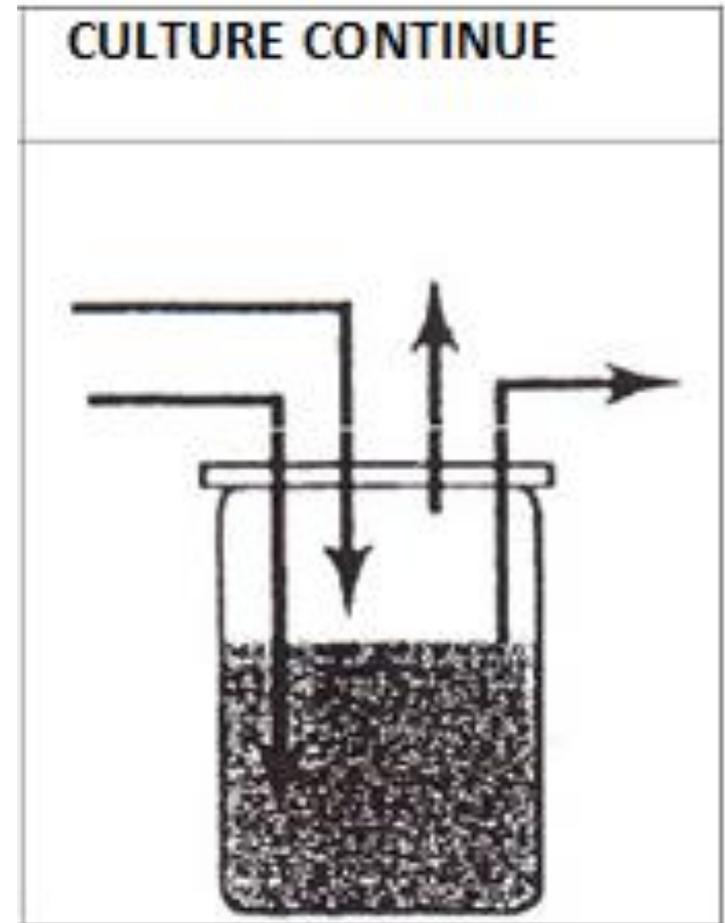
# Fermentation en culture discontinue alimentée (Fed-Batch)

- :C'est une culture discontinue alimentée en continue par un milieu nutritif. La croissance démarre plus vite dans un volume de culture réduit, celui-ci augmente au cours du temps. Lorsque la cuve est remplie, l'alimentation est coupée.
- Le Fed-batch, permet en pratique un gain de temps, une augmentation de productivité et une possibilité de modification du milieu en cour de culture.
- **Applications** ; La production de la pénicilline.



# Fermentation en culture continue :

- Le milieu de croissance frais est ajouté en permanence, les cellules et le milieu épuisé sont éliminés simultanément.
- Le volume de culture microbienne est constant ou le débit de milieu est égal au mélange de biomasse- milieu liquide de façon à maintenir le volume du réacteur constant.



# Types de culture continue à écoulement continu

Il existe 2 principaux types de culture continue à écoulement continu :

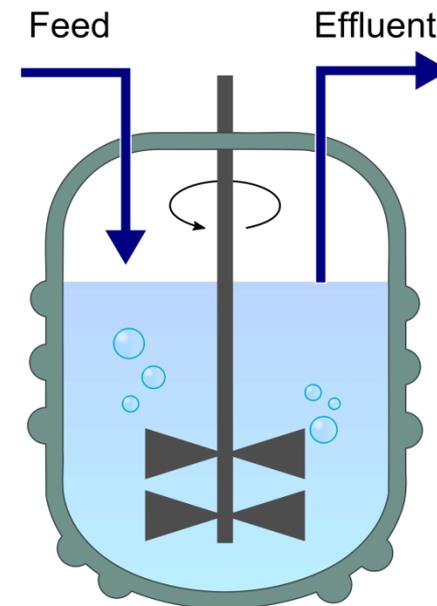
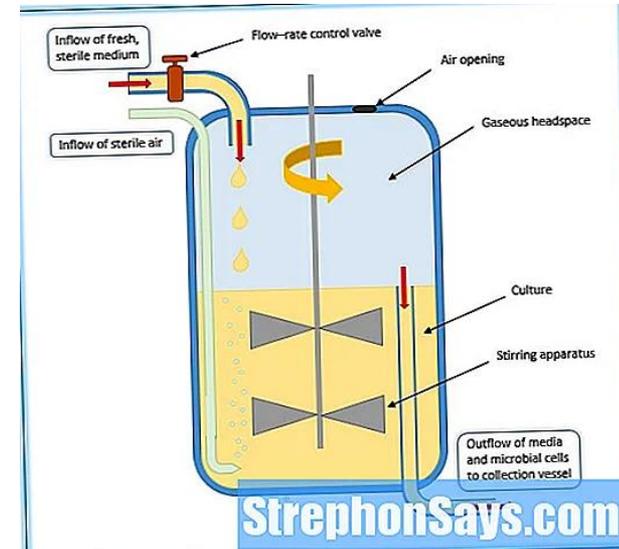
- **Turbidostat :**

Le taux de croissance spécifique est égale ou très proche de  $\mu_{max}$  et est contrôlé par les vitesses de réactions cellulaires internes.

- **Chemostat :**

Le Chemostat constitue le système ouvert de fermentation continue qui est le plus simple et le plus répandu.

Il est caractérisé par un volume réactionnel constant.



# CHEMOSTAT VERSUS TURBIDOSTAT

## 2 KEY DIFFERENCES

### CHEMOSTAT

Chemostat is a type of continuous culture system in which the flow rate is constant and a single component of the culture medium controls the growth rate of the culture

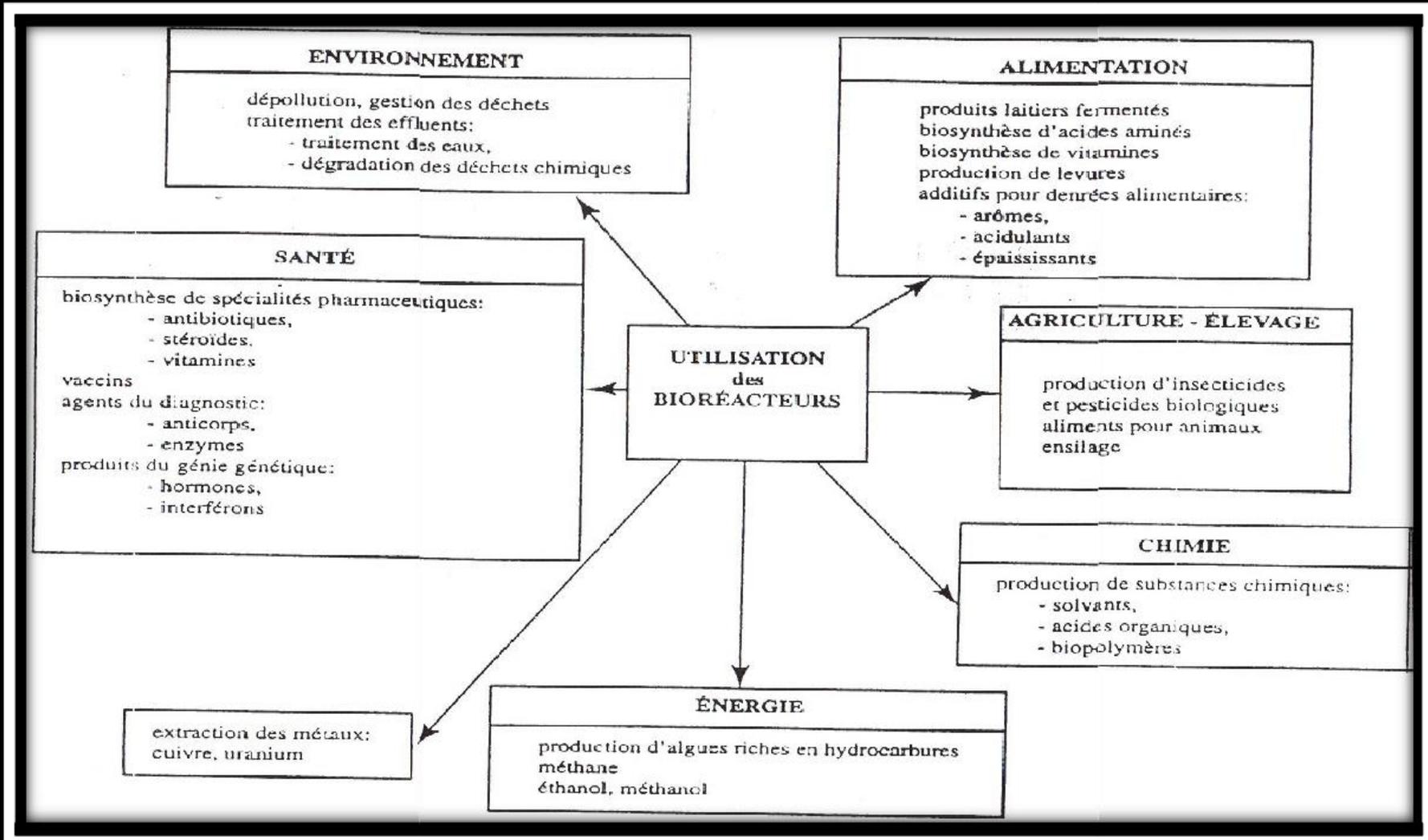
Dilution rate is constant

### TURBIDOSTAT

Turbidostat is another type of continuous culture system in which the flow rate does not remain constant and specific growth rate controls internally by culture reactions

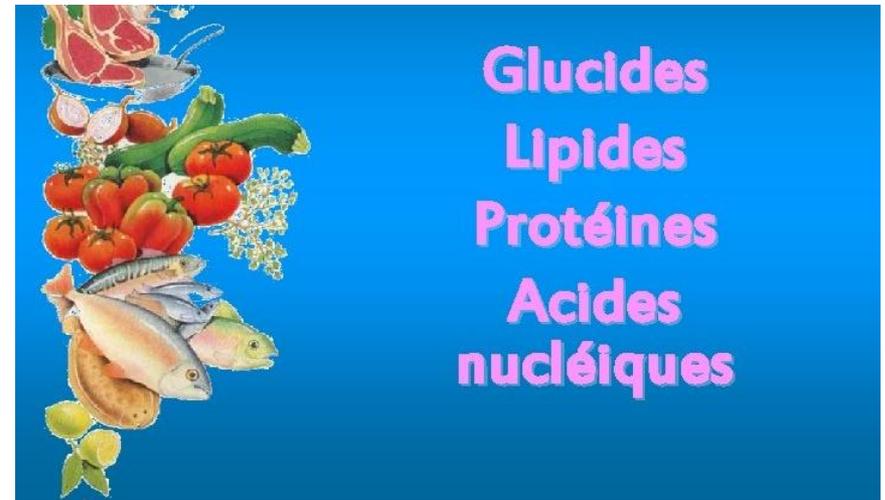
Dilution rate varies

# Applications industrielles de Bioréacteur

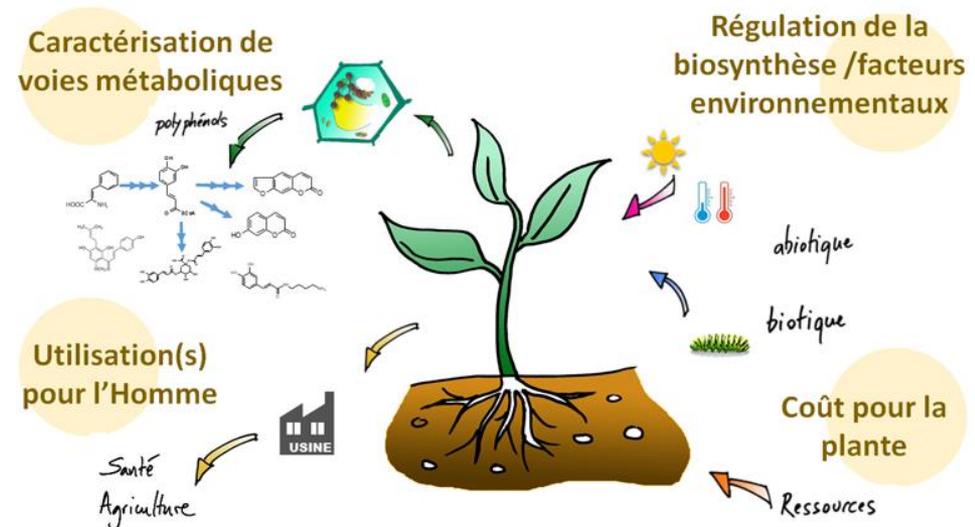


# 6. Production de métabolites

Production de métabolites primaires



Production de métabolites secondaires : antibiotiques





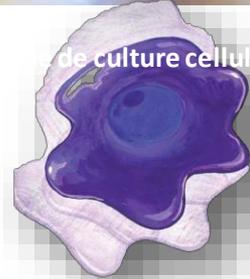
## *La croissance et la conservation des cultures cellulaires :*

---

Lors d'une culture cellulaire, le taux de croissance des cellules n'est pas constant. Il s'effectue plutôt selon une courbe dans laquelle on peut distinguer 4 phases.

**1. LA PHASE D'ADAPTATION.** Il n'y a pratiquement pas de croissance cellulaire puisque les cellules s'adaptent à leur nouvel environnement et s'y installent.

**2, LA PHASE DE CROISSANCE RAPIDE.** Les cellules se divisent rapidement, car elles consomment la majeure partie des nutriments contenus dans le milieu de culture.



## *La croissance et la conservation des cultures cellulaires :*

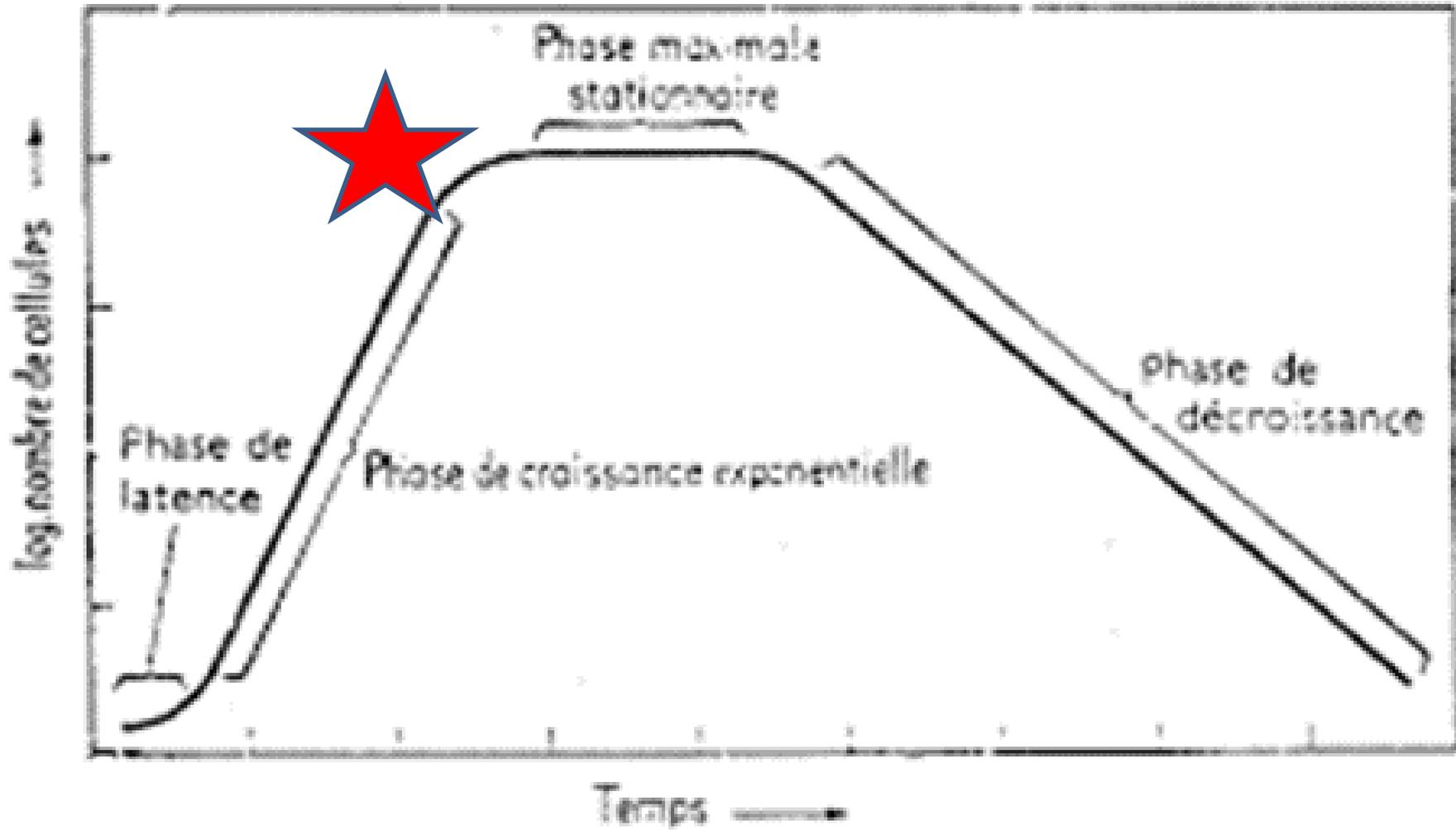
---

**3, LA PHASE STATIONNAIRE.** Le nombre de cellules est constant puisqu'il y a autant de cellules qui meurent que de nouvelles qui sont produites.

Cela s'explique par un épuisement des nutriments, une accumulation de déchets et un manque d'espace disponible.

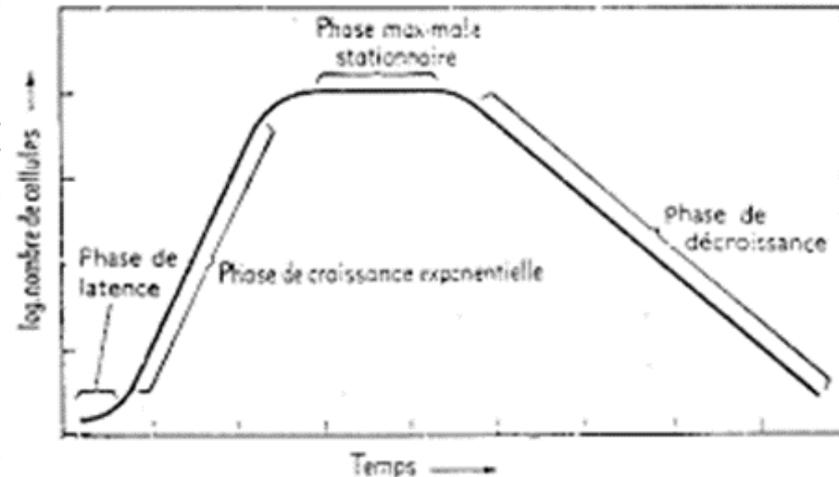
**4, LA PHASE DE DÉCLIN.** Les nutriments et l'espace se font trop rares pour maintenir un nombre de cellules maximum.

Ce nombre décroît.



# Production de métabolites primaires

- Les métabolites primaires sont des composés associés aux synthèses cellulaires généralement produits **pendant la phase de croissance**.
- Les cellules accumulent rarement un précurseur biochimique particulier : la synthèse est adaptée aux besoins suscités par la croissance.
- La sélection de mutants qui ont perdu la capacité de contrôler la synthèse d'un produit donné permet la production en excès de ce composé



Productions	Micro-organismes	Milieux de culture	Productions	Utilisations
<b>Biomasse :</b> Protéines alimentaires	<i>Methylophilus methylotrophus</i> <i>Ca. utilis</i> <i>Fusarium graminearum</i> <i>Pe. cyclopium</i>	Méthanol Ethanol Amidon Lactosérum	10 000 t/an 100 t/an 300 t/an	Alimentation animale Additif alimentaire Alimentation humaine Alimentation animale
<b>Métabolites primaires :</b> Acides aminés Ac. glutamique Thréonine	<i>C. glutamicum</i> <i>B. subtilis</i>	Mélasses Mélasses	370 000 t/an 160 t/an	66 % Alim. humaine 33 % Alim. animale 1 % Domaine médical
Acides organiques Ac. acétique Ac. citrique	<i>Acetobacter aceti</i> <i>Aspergillus niger</i>	Ethanol, vin Mélasses	300 000 t/an 400 000 t/an	Vinaigre 60 % Alimentation (acidulant, émulsifiant, anti-oxydant)
Ac. lactique Ac. gluconique	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> <i>A. Niger</i>	Lactosérum	40 000 t/an 45 000 t/an	10 % Indus. pharmaceutique et cosmétique Acidifiant alimentaire Stabilisant produits carnés
<b>Biofuel :</b> Ethanol	<i>Sc. cerevisiae</i>  <i>Cl. thermocellum</i>	Amidon de céréales Mélasses canne à sucre Cellulose	10 M t/an (Brésil)	Biocarburant, solvant
<b>Lipides :</b>	<i>A. fumigatus</i> <i>Mucor miehi</i> <i>Pe. spinulosum</i>	Maltose Glucose Mélasse	2 500 t/an 1 200 t/an 8 t/an	Alimentation
<b>Nucléotides :</b> 5' IMP 5' GMP ATP	<i>B. subtilis</i> <i>B. ammoniagenes</i> <i>B. ammoniagenes</i>	Caséine, extrait lev. Guanine, biotine Adénine, glucose		
<b>Polysaccharides :</b> Dextrane Xanthane Alginate	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> <i>Xanthomonas campestris</i> <i>Azotobacter vinelandii</i>	Saccharose 10-15 % Amidon Saccharose 8 g/l	191 t/an 610 t/an 60 000 t/an	Alimentation (gélifiants), Pétrochimie (émulsifiants), Adhésifs, immobilisation de cellules ou d'enzymes
<b>Vitamines :</b> B 12	<i>Propionibacterium shermanii</i> <i>Ps. denitrificans</i>	« Corn steep », glucose Mélasse betterave, extrait de levure		36 % Pharmacie 64 % Additifs alimentaire
B 2 Précurseur vit. C	<i>Eremothecium sahyii</i> <i>Acetobacter suboxydans</i>	Glucose, urée Sorbitol 20 %		

# Production de métabolites secondaires (Antibiotiques)

- Les métabolites secondaires sont produits habituellement après la phase de croissance : ils n'ont pas de relation directe avec la synthèse de matières cellulaires

Productions	Micro-organismes	Milieux de culture	Utilisations
<b>Métabolites secondaires :</b> Antibiotiques  Pénicillines  Rifamycine	  <i>Pe. chrysogenum</i>  <i>Amycolata mediterranei</i>	  « Corn steep », glucose, lactose Farine de soja, glucose	  Thérapeutique
Produits pharmacologiquement actifs Ergotamine Valiomaline Compactine Cyclosporine	 <i>Claviceps purpurea</i> <i>Streptomyces hygroscopicus</i> <i>Pe. citrinum</i> <i>Tolyocladium inflatum</i>		Migraines Diabète Cholestérol Immunosupresseur
Arômes Anisaldéhyde Geraniol Méthylphénylacétate	 <i>Trametes suavolens</i> <i>Ceratiocystis variospora</i> <i>Trametes odorata</i>		Anis Rose Miel
Insecticides Toxine	 <i>B. thuringiensis</i>	Farine de coton, Glucose, peptone	Anti-lepidoptère, diptère
Hormones végétales Gibberellines	 <i>Phaecosphaeria sp.</i>	Sirop de maltose, farine de soja	Suppression de la dormance, floraison

# Paramètres de la croissance utilisée lors de la production

- Vitesse spécifique de croissance ( $\mu_x$  ou  $Q_x$ )

$$\mu_x = Q_x = \frac{dX}{dt} \cdot \frac{1}{X}$$

- Cinétiques d'utilisation des substrats et de formation des produits

$$Q_s = \frac{dS}{dt} \cdot \frac{1}{X} \quad Q_p = \frac{dP}{dt} \cdot \frac{1}{X}$$

# Vitesse spécifique de croissance ( $\mu_x$ ou $Q_x$ )

- La **vitesse spécifique de croissance** (exprimée en  $h^{-1}$ ) est égale à la vitesse de croissance en biomasse rapportée à l'unité de biomasse.
  - $X$  = biomasse en g.L
  - $t$  = temps en h

$$: \quad \mu_X = Q_X = \frac{dX}{dt} \cdot \frac{1}{X}$$

## Le rapport $dX / dt$

- Le rapport  $dX / dt$  est la **vitesse volumique de croissance**, elle représente l'augmentation de biomasse par unité de volume et par unité de temps (par exemple en  $g.L^{-1}.h^{-1}$ ).
- Pendant la phase exponentielle,  $Q_x$  est constant et maximal. Il est alors appelé  **$Q_x$  expo** (ou  **$\mu_x$  expo**).

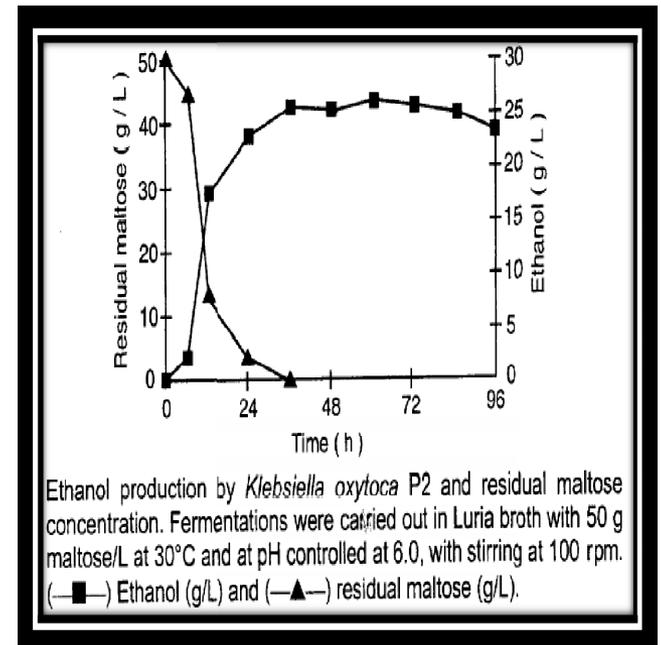
# Le temps de génération (G)

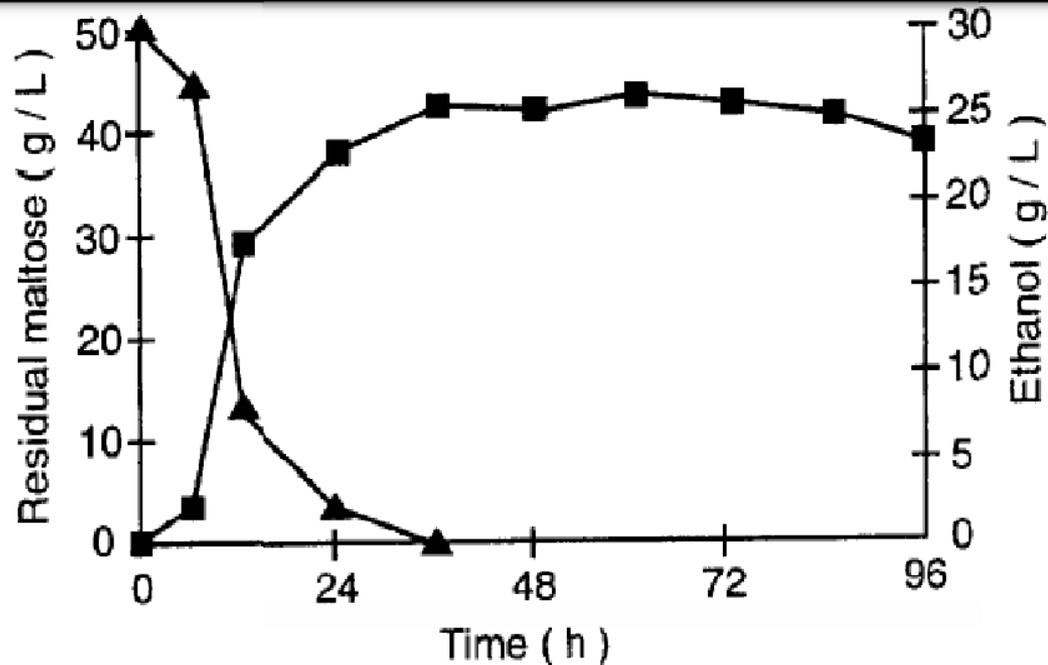
- Le **temps de génération (G)** est le temps de doublement de la biomasse X pendant la phase
- exponentielle (ou le temps de doublement de l'absorbance pour un suivi spectrophotométrique) :

$$G = \frac{\ln 2}{Q_x \text{ expo}}$$

## Cinétiques d'utilisation des substrats et de formation des produits

- L'évolution des concentrations en substrats carbonés ou azotés au cours de la culture peut être représentée graphiquement par une **courbe de consommation**.
- La formation des produits peut également être suivie au cours de cette même culture.





Ethanol production by *Klebsiella oxytoca* P2 and residual maltose concentration. Fermentations were carried out in Luria broth with 50 g maltose/L at 30°C and at pH controlled at 6.0, with stirring at 100 rpm. (—■—) Ethanol (g/L) and (—▲—) residual maltose (g/L).

Soient S et P les concentrations respectives en substrat et en produit. La vitesse volumique de consommation d'un substrat est le rapport  $dS / dt$ . La vitesse volumique de formation d'un produit (ou productivité volumétrique) est le rapport  $dP / dt$ . Elles sont exprimées en g.L-1.

## Cinétiques d'utilisation des substrats et de formation des produits

- La vitesse spécifique de consommation d'un substrat  $Q_S$  et la vitesse spécifique de formation d'un produit  $Q_P$  sont les vitesses volumiques rapportées à l'unité de concentration en biomasse. Ces vitesses sont exprimées en h<sup>-1</sup> :

$$Q_S = \frac{dS}{dt} \cdot \frac{1}{X} \quad Q_P = \frac{dP}{dt} \cdot \frac{1}{X}$$

# Rendement de croissance

- Le **rendement de croissance  $R_{X/S}$**  est le rapport de la biomasse formée sur la masse de substrat consommé.
- Le **rendement de conversion substrat - produit  $R_{P/S}$**  est le rapport de la masse de produit formé sur la masse de substrat consommé.

$$R_{X/S} = \frac{\Delta X}{\Delta S} \quad R_{P/S} = \frac{\Delta P}{\Delta S}$$

## 8. Sécurité, traçabilité et qualité des aliments

- Les consommateurs veulent connaître l'origine des aliments qu'ils achètent. Pour satisfaire cette demande et retrouver "l'histoire" d'un produit en cas d'accident sanitaire, les industriels ont mis en place des procédures de "traçabilité".
- Selon la norme **ISO 8402**, la traçabilité se définit par "l'aptitude à retrouver l'historique, l'utilisation ou la localisation d'une entité (par exemple un végétal, un animal, une denrée alimentaire) au moyen d'identifications enregistrées".



International  
Organization for  
Standardization

### **ISO 8402:1994**

Management de la qualité et  
assurance de la qualité

# 8. Sécurité, traçabilité et qualité des aliments

La traçabilité permet aux professionnels :

- de suivre la circulation des denrées
- et les transformations qu'elles ont subies,
- de la ferme aux points de vente, ou de remonter la filière "produit", de l'aval vers l'amont,
- afin de revenir à l'origine d'une contamination pour retirer les produits susceptibles d'avoir été contaminés

**FRANCE STRATÉGIE**  
ÉVALUER AMéliorer DÉVELOPPER PROPOSER

## LES ENJEUX DES BLOCKCHAINS

La Blockchain pourrait se révéler un outil révolutionnaire en matière de logistique. D'après le rapport issu du groupe de travail présidé par Joëlle Toledano, c'est tout le cycle de vie d'un produit qui pourrait être ainsi certifié. L'objectif est double : faciliter la transparence des filières vis-à-vis des consommateurs et sécuriser les filières contre les dysfonctionnements opérationnels.

### L'EXEMPLE DE LA TRAÇABILITÉ ALIMENTAIRE

**LE MARAÎCHER**  
inscrit au registre toutes les informations destinées à l'identification de sa production de pommes de terre.

**LE CONDITIONNEUR**  
ajoute les informations liées à l'emballage et à l'étiquetage du produit.

**LE MAGASIN**  
accuse réception de la livraison. Il contrôle la qualité et les quantités.

**LE CONSOMMATEUR**  
flashe le QR code du filet de pommes de terre et accède ainsi à toutes les informations sur son parcours, de sa production à sa mise en rayon en magasin.

Retrouvez le rapport « Les enjeux des Blockchains » sur [www.strategie.gouv.fr](http://www.strategie.gouv.fr)

Twitter Facebook LinkedIn

# Types de traçabilité

- On parle donc de **“traçabilité montante”** et de **“traçabilité descendante”**.
- **“traçabilité montante”** est un outil mis au service de bonnes pratiques de production
- **“traçabilité descendante”** est un outil précieux pour la mise en œuvre des procédures de rappel ciblé d’un produit.
- Les techniques **“moléculaires”** et **l’Internet** s’avèrent être des auxiliaires essentiels de la traçabilité.
- **Les techniques “moléculaires”** servent à identifier les produits d’origine biologique au niveau des espèces (présence ou absence de porc, de soja ou d’une plante OGM) et même des individus (tel rôti provient de telle vache de tel élevage).

# Les techniques “moléculaires” et l’Internet s’avèrent être des auxiliaires essentiels de la traçabilité.

- **Quant à l’Internet**, il assure la mise en réseau des données collectées :
- la transmission automatique des informations recueillies réduit au minimum les risques d’erreur inhérents à leur saisie manuelle.
- **Les codes-barres et les étiquettes électroniques** permettent d’identifier et de suivre les contenants (cartons, palettes...) et les contenus (denrées).



# 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**

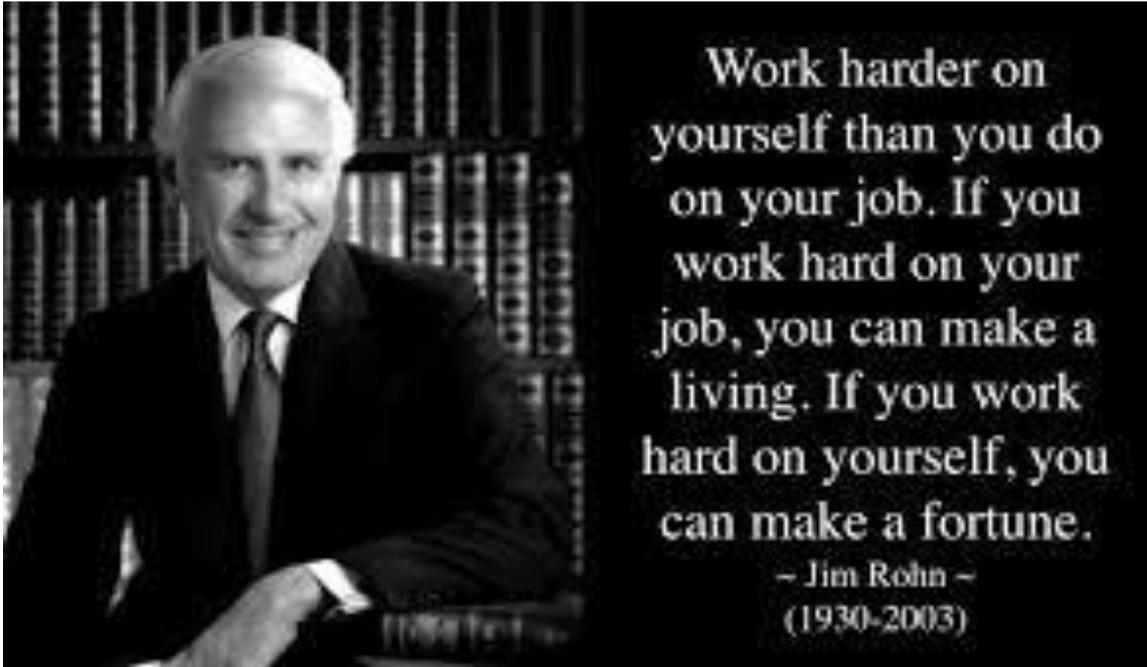
**BIOTECHNOLOGIES**



# Biotechnologies microbiennes et infectiologie

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

# #Bonne\_révision !!



Work harder on yourself than you do on your job.

Jim Rohn