



**Université Mohamed Khider- Biskra**  
**Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie**  
**Département des sciences de la nature et de la vie**




**3<sup>ème</sup> année LMD MICROBIOLOGIE**

# **Microbiologie industrielle**

***Dr. BABA ARBI S.***

**Année universitaire: 2019/2020**

## 4.4- La sécurité et l'hygiène dans l'industrie

- Les produits alimentaires, ainsi que les matières premières qui entrent dans leur composition, comme la viande de volaille, les œufs, constituent des milieux propices au développement de différentes germes.
- C'est pourquoi les producteurs alimentaires sont aujourd'hui sujets à une demande croissante de garanties concernant la sécurité de leurs produits.
- La protection de la sante humaine constitue une préoccupation primordiale pour les gouvernements. 
- En France, lorsque la sante publique est menacée, l'Agence Nationale chargée de la Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (Anses) peut recommander aux autorités de prendre les mesures de police sanitaire nécessaires.
- Ces mesures peuvent inclure le retrait, la destruction des denrées alimentaires voire la fermeture de tout ou partie de l'entreprise pour une période appropriée.

## **Echelle très grande = contamination de grands volumes = pertes financières immenses**

### **4.4.1- Les bases des pertes par les contaminants**

- Le contaminant peut toucher (attaquer) le substrat de la fermentation (matière première) = Réduit le rendement.
- Le contaminant peut altérer les conditions environnementales de la fermentation; le pH, l'oxygène = Réduction de la production maximale.
- Le contaminant est un organismes lytique; bactériophage = Destruction de l'organisme producteur.
- Le contaminant produit des molécules indésirables = Perte de temps et d'argent pour désigner un procédés pour leur élimination.

## 4.4.2- Destruction et élimination des microorganismes néfastes

### a- Généralités

La destruction d'un microorganisme est un phénomène mettant en jeu des réactions complexes. Ces réactions varient en fonction de la nature du microorganisme, de son état physiologique et de la dose utilisée (concentration d'un produit chimique, temps d'exposition, etc.).

#### 1- Notion de mort microbienne

La mort d'un microorganisme correspond à la perte irréversible de ses propriétés métaboliques et de son aptitude à la reproduction.

#### 2- Notion de stérilité

- Un produit est qualifié de non-stérile ou de septique s'il contient des microorganismes; il est qualifié de stérile s'il n'en contient pas ( au moins sous forme vivante).
- L'asepsie est la propreté correspondante à l'absence de germes: ce terme est utilisé pour les manipulations.

- La stérilité stricte ou stérilité biologique se traduit par l'absence de toute forme de vie: un milieu est considéré comme stérile s'il contient des formes non revivifiables dans les conditions habituelles mais revivifiables dans des conditions très particulières (des spores incapables de germer dans les conditions du milieu).

### **3- Facteurs influençant la destruction microbienne**

#### **➤ Nature et état du microorganisme**

- Les différentes espèces microbiennes ne sont pas également sensibles à un agent antimicrobien: ce dernier est caractérisé par son spectre d'activité qui est plus ou moins large en fonction de l'activité vis-à-vis des différentes molécules biologiques.
- L'état physiologique du microorganisme joue aussi un grand rôle: les microorganismes sont plus sensibles en phase exponentielle qu'en phase stationnaire vis-à-vis des agents antimicrobiens (chimiques ou physiques).
- Les formes sporulées sont plus résistantes aux agents physiques ou chimiques que les formes végétatives correspondantes.
- L'âge d'une culture est important de même que ses antécédents (conditions de culture, facteurs nutritifs).

- Plus la charge initiale en microorganismes sera élevée, plus le temps nécessaire pour obtenir un niveau de destruction donné sera grand.

### ➤ **Nature de l'agent antimicrobien**

Les différents agents ont une efficacité et un spectre d'activité variables.

Pour les agents physiques, l'activité microbicide augmente avec la dose, alors que pour les agents chimiques les effets seront d'abord bactériostatiques puis bactéricides.

L'activité de certains agents chimiques dépend essentiellement de leur stabilité.

### ➤ **Rôle de l'environnement**

- L'environnement peut influencer considérablement l'efficacité des agents antimicrobiens physiques ou chimiques.
- Pour les agents chimiques, la solubilité dans l'eau est un facteur déterminant.
- Parmi les principaux facteurs qui jouent un rôle important sur l'efficacité d'un agent antimicrobien, on peut citer: le pH du milieu; la turbidité, la viscosité; l'épaisseur (Les UV ne sont actifs que sur quelques millimètres de profondeur en milieu limpide); la dureté de l'eau (les ions calcium et magnésium diminuent l'activité antimicrobienne des ammoniums quaternaires);

les matières organiques (les protéines précipitent en présence d'alcool et le précipité formé empêche la diffusion de l'alcool; les hypochlorites donnent, en présence de matières organiques des chloramines moins actives); etc.

- La température peut modifier l'action de certains agents antimicrobiens chimiques: la plupart des antibiotiques perdent leur activité à température élevée.

## **b- Principaux agents antimicrobiens**

### **1. Critères de choix**

- Les agents utilisables dans l'industrie alimentaire ou de traitement de l'eau sont les agents non toxique (et n'entraînent pas de toxicité).
- Le problème de toxicité est peu posé pour les agents physiques mais plus important pour les traitements chimiques et biologiques.
- D'autre condition sont requises comme le spectre d'activité, coût, facilité d'utilisation (efficace à faible concentration, ou facilement éliminable par rinçage, ou ne laisse pas de sous-produits dangereux), absence de pouvoir corrosif, etc.

- L'addition de produits chimiques (agents de traitement désinfectants ou conservateur) est sévèrement réglementé.

## 2. Classification

- Le rôle des agents antimicrobiens est d'inhiber la croissance des microorganismes ou de les détruire.
- Il existe de nombreux moyens de lutte de nature physique, chimique ou biologique.
- Les principaux traitements sont classés en traitements d'élimination, de destruction et de stabilisation.
- Il existe des produits microbicides (germicides ou bactéricides) qui agissent par destruction (mort) des germes et des produits microbiostatiques (bactériostatiques) qui agissent sur leur développement (stabilisation). Les produits utilisés pour le traitement des eaux sont microbicides, alors que dans l'industrie alimentaire, on peut utiliser des agents, soit au cours de la fabrication (microbicides), soit dans le produit fini (microbicides et stabilisants).
- Des produits chimiques sont utilisés aussi pour le nettoyage du matériel et des locaux.





- On appelle **désinfectants** les agents capables de détruire les germes pathogènes (ou non) dans l'environnement (eaux, sol, air, etc.), ce terme est généralement réservé aux substances agissant sur des objets inertes.
- On appelle **antiseptiques** les agents capables de détruire les microorganismes ou d'arrêter leur développement ( agents microbicides ou microbiostatiques), ils sont habituellement utilisés en action locale chez les être vivants.
- Généralement, les désinfectants et les antiseptiques ne sont pas administrés à l'homme par voie orale en raison de leur toxicité.
- On appelle **agents chimiothérapeutiques** les substances actives sur les microorganismes mais peu ou pas toxiques, aux doses employées, pour les cellules humaines ou animales et qui sont utilisés en médecine.

### 3. Mécanismes d'action et conséquences

- Le mécanisme d'action est fonction de la nature du composé antimicrobien.
- Il faut noter que l'utilisation des produits antimicrobiens peut entraîner la sélection des espèces et des souches résistantes. L'apparition de ces souches doit être contrôlée,

elle peut être évitée et au moins limitée par le choix judicieux de l'agent et de son mode d'utilisation.

#### 4. Agents d'élimination

- L'élimination des microorganismes peut être obtenue par des procédés mécaniques:
- **Le lavage** est un moyen simple mais peu efficace: les microorganismes fixés ou cachés ne sont pas forcément éliminés. L'efficacité peut être améliorée à l'aide d'agents tensio-actifs ou de produits désinfectants (eaux chlorées).
- **La décantation** (éventuellement après un traitement de floculation ou d'agglutination) et la centrifugation permettent de diminuer la charge microbienne de produits liquides.
- **La filtration (gaz ou liquide)** est également utilisable à condition que le milieu ne soit pas visqueux et ne soit pas chargé en matières en suspension. Elle nécessite l'emploi de filtres organiques ou minéraux (filtres en céramique, verre frité, membranes en acétate de cellulose ou en matériaux divers) dont le diamètre des pores est inférieur aux dimensions des microorganismes.
- L'avantage majeur de ces procédés est de ne pas modifier les qualités organoleptiques du produit traité.



## 5. Agents physiques de stabilisation ou de destruction

En raison de leur faible spécificité, la plupart des agents physiques antimicrobiens sont efficaces sur l'ensemble des microorganismes, en affectant les acides nucléiques ou les protéines.

### 5.1. Température: Chaleur

- L'utilisation de la chaleur est un procédé très efficace de destruction des microorganismes.
- Très utilisé au laboratoire pour les milieux de culture et le matériel, les traitements thermiques sont à la base de la conservation de nombreux aliments.
- La chaleur provoque une augmentation de la vitesse des réactions métaboliques et de la vitesse de croissance, puis rapidement la dénaturation des composés microbiens et en particulier des protéines enzymatiques.
- Dans les traitements thermiques, plus la température augmente le temps de traitement diminue.

## Types de traitement à la chaleur

- **Pasteurisation** (industrie alimentaire): Elle entraîne la destruction des formes végétatives, en particulier les microorganismes pathogènes ou responsables d'altérations organoleptiques, à l'exclusion de de la plupart des formes sporulées bactériennes. Elle est obtenue par différents couples temps-température: 30 minutes à 60-65°C, 10 minutes à 80°C, quelques secondes à 90°C, quelques fractions de seconde à une température supérieur à 100°C.



➤ **La thermisation** est une pasteurisation incomplète qui se fait à 63-65°C pendant 15 à 20 sec et qui ne fait que réduire la charge microbienne.

- **Stérilisation par la chaleur sèche** (stérilisation des filtre d'air, matériel du laboratoire en verre ou en acier): Elle correspond à un traitement permettant d'éliminer tous les microorganismes (y compris les spores).

Les paramètres de traitement sont supérieurs à ceux de la pasteurisation, ils varient selon le produit entre 10 min à 115°C et 30 min à 121°C.

- **L'appertisation** est une stérilisation par la chaleur couplée à un conditionnement étanche (mis dans des récipients hermétiquement fermé), ce terme est utilisé dans l'industrie de conserve.

- **La tyndallisation** est un traitement thermique équivalent à des intervalles de 12 à 24 heures à des températures de 40 à 60°C. au cours de la pasteurisation, seules les formes végétatives sont inactivées tandis que dans les intervalles, la plupart des spores thermorésistantes germent et sont sensibles à la pasteurisation suivante. Ce procédé est utilisé pour les milieux de culture fragiles.

- **Stérilisation par la chaleur humide (vapeur sous pression ou autoclavage):** Le but de cette méthode est l'élimination des contaminants de forme végétative et sporulée par l'action conjuguée de chaleur et humidité (120°C à 1 bar pendant 20 min ou 140°C à 2 bar pendant 10 min). Cette technique est utilisée pour la stérilisation des équipements, fermenteurs, tuyaux, les milieux de culture.


## 5.2. Température: Froid

- Le froid entraîne le ralentissement de la croissance et des transformations microbiennes.
- **La réfrigération** qui utilise une température proche de 0 à 4°C, elle empêche la multiplication de nombreux germes mais pas celle des germes psychrophiles.
- **La congélation** à -18°C et la surgélation (-40 à -80°C) permettent une stabilisation totale des microorganismes et entraîne une mortalité plus ou moins importante selon la nature des germes et la vitesse de refroidissement.



## 5.3. Les radiations électromagnétiques:

- On appelle irradiation l'action de soumettre un produit ou un matériel à un rayonnement.
- Les rayonnements électromagnétiques couvrent une très large gamme de longueurs d'onde, on peut distinguer: les infrarouges (> 800 nm); les visibles (800 à 400 nm); les ultra-violets (400 à 10 nm); les rayons X (10 à 1 nm); les rayons  $\gamma$  (0.1 à 0.001 nm) et les rayons cosmiques (<0.001 nm).

- L'efficacité des radiations électromagnétiques contre les microorganismes est liée à la puissance énergétique qui est fonction de la longueur d'onde: plus celle-ci est faible et plus la radiation est énergétique et donc efficace (mais plus dangereuse à utiliser).
  - **Rayons X et  $\gamma$** : ils sont très efficaces mais difficiles à utiliser, ils sont employés dans les traitements d'ionisation (formation d'ions par perte d'électrons ce que entraîne des dénaturations et donc un effet létal). Ces rayons sont utilisés pour la stérilisation du plastique: seringues, gants, tout matériel sensible à la chaleur et aux produits chimiques. 
  - **UV (260 à 270 nm)**: sont employés au laboratoires et dans certaines industries pour la désinfection d'atmosphères, de surfaces et de couches liquides minces.
  - ❖ **Les micro-ondes**, radiations électromagnétiques d'une longueur d'onde de 1 mm à 1 m, sont actives de manière indirecte, elles provoquent l'agitation thermique des molécules polaires en particulier de l'eau. L'élévation de température qui en résulte (de l'eau intracellulaire) entraîne la mort des microorganismes (les formes végétatives sont plus sensibles que les spores).

## 6. Agents chimiques de stabilisation ou de destruction

Les agents chimiques antimicrobiens sont très nombreux mais ils ne peuvent pas tous être utilisés. Le choix d'un antimicrobien dépend de l'usage auquel il est destiné, de son activité, de sa toxicité, de sa stabilité, de son pouvoir corrosif ou colorant, de son odeur, etc.

### 6.1. Mode d'action

Les antimicrobiens chimiques agissent selon différents mécanismes:

- Altération (oxydation, hydrolyse, coagulation) des protéines ou dénaturation (perte d'activité) des enzymes (ex: l'alcool, les métaux lourds).
- Altération (oxydation, hydrolyse) des acides nucléiques, activité mutagène (ex: les colorants comme le violet de gentiane).
- Altération (hydrolyse) de l'enveloppe cellulaire (paroi, membrane) (ex: les agents liposolubles comme: phénol, savons, détergents).
- Action sur d'autres grandes fonctions métaboliques comme la respiration, les activités de synthèses, etc.



## 6.2. Principaux types d'agents chimiques

Il doit avoir les propriétés suivantes:

- Etre effectif à faible concentration.
- les composés du milieu de doivent pas être affectés.
- les sous produits résultants de son utilisation doivent être facilement éliminés ou être inoffensif.
- Etre effectif sous des conditions ambiantes.
- Agir rapidement, peu couteux et disponible.
- Etre non inflammable, non explosif et non toxique.

### a. Chlore et dérivés

- Le chlore gazeux et ses dérivés constituent les désinfectants les plus communs, ils sont utilisés pour le traitement des eaux de boisson, de piscine, pour la désinfection des locaux, etc.
- Les composés liquides sont plus utilisés que les formes gazeux.

- L'hypochlorite de sodium (eau de Javel) est employé généralement pour les locaux (à concentration de 10° chlorométrique).
- Le dioxyde de chlore est utilisé pour la stérilisation et la désodorisation de l'eau.

### **b. Savons et détergents**

Les savons ont un pouvoir désinfectants qui varie en fonction des espèces.

Leur action est liée à l'effet tensioactif (abaissement de la tension superficielle).

### **c. Les gaz**

- Ils sont employés pour la désinfection de produits instables à la chaleur et à la désinfection des locaux ou d'objets.
- **L'oxyde d'éthylène** est gazeux à température ordinaire et liquide au dessous de 10°C.
- **La β-propionolactone** liquide à température ordinaire, émet des vapeurs très actives, utilisé pour la stérilisation des objets, en industrie pharmaceutique; stérilisation du plasma, des vaccins, des milieux de culture (thermolabiles).
- **Propylène oxyde**: fumigation des chambres et pour les aliments, milieux de culture, aliments en poudre, fruits secs, les graines de blé.

- **Méthyl bromide:** fumigation et désinfection dans les moulins de céréales, les entrepôts et l'industrie alimentaire.
- **Sulfure dioxyde:** utilisé dans l'industrie alimentaire: dans la fabrication du vin; stérilisation partielle des grappes de raisin.