

## La signification économique des micro-organismes

Quelques propriétés des microbes qui permettent leur utilisation en biotechnologie, agro-alimentaire et médicale.

**1- En biotechnologie**, les microbes sont utilisés pour leur facilité de culture et leur rapidité de croissance. De nombreux composés intéressants pour les industries sont produits naturellement par certains micro-organismes (médicaments, antibiotiques, vitamines...). on peut également transformer les microbes avec un gène d'intérêt de manière à ce qu'il produise une substance désiré. Ex : l'insuline humaine est produite par des bactéries dans lesquelles le gène codant pour l'insuline humaine a été introduit.

**2- Dans le domaine alimentaire**, les capacités métaboliques de certains microbes sont utilisées pour les procédés de fermentation (production d'alcool, transformation du lait en yaourt ou fromage) et la production de divers aliments.

**3- En médical**, outre la production de médicament, les microbes sont importants, puisqu'ils représentent la majorité des cellules qui nous compose. Leur capacité à coloniser permet de fournir une protection en inhibant le développement d'espèces pathogènes. Les probiotoques sont par exemple, des micro-organismes vivant qui permettent de compléter notre flore intestinale en cas de dérèglement de cet organe.

**4- En agriculture**, Les modification des caractéristiques génétiques par transgénèse . des fragments d'ADN contenant des gènes fonctionnels peuvent être transférés à des animaux qui les transmettent à leur descendance. Dans le meilleur des cas, le gène étranger s'expérimentation a déjà été réalisé sur des animaux domestiques : poulet, lapin, mouton, .....

Les applications de ces techniques concerneront aussi la protection contre les maladies et les changements de physiologie quoi que se soit pour les animaux ou les végétaux.

En résumé, les propriétés des microbes dans de nombreux domaines sont :

- Leur petite taille (permet d'avoir un grand nombre de cellule dans un espace restreint)
- Développement rapide (permet d'avoir un grand nombre de cellule en peu de temps)
- Production de substance utiles (naturellement ou en insérant un gène d'intérêt)

Ces capacités font que la microbiologie est un domaine de biologie extrêmement utile dans nombreux disciplines telles que l'écologie, le développement durable, les industries et le médical.

## Utilisation des micro-organismes dans la fermentation alimentaire

### I- Utilisation des micro-organismes dans la fabrication du Pain

Certains aliments proviennent de la transformation de produits d'origine animale ou végétale par des micro-organismes. Parmi ces micro-organismes, la levure tient la première place. Qu'est ce qu'une levure ? Quels sont les produits issus de l'action des levures ?

#### 1. Les levures

Les levures sont des champignons microscopiques formés d'une seule cellule (unicellulaires). Il en existe un grand nombre de variétés :

- certaines sont pathogènes c'est-à-dire capables de provoquer des maladies : le muguet des jeunes enfants est ainsi provoqué par un champignon microscopique, les levures transmises par les pigeons provoquent des méningites mortelles, etc. ;
- d'autres sont inoffensives et ne sont pas utilisées par l'homme ;
- d'autres encore sont exploitées par l'homme pour fabriquer des aliments.

La levure la plus utilisée pour transformer des matières premières végétales ou animales en aliments est la levure de boulanger, appelée aussi levure de bière, ayant pour nom scientifique *saccharomyces cerevisiae*. La levure de boulangerie, vendue sous forme de cubes ou de granules déshydratés est composée de levures **vivantes**

#### 2. Les produits issus de l'action des levures

- La bière, boisson fermentée, était déjà connue des Sumériens et des Babyloniens (6 000 ans av. J.-C.). On utilisait « les ferments » pour fabriquer du vin, du vinaigre, des fromages, du pain mais on ne savait pas encore qu'ils contenaient des levures. Elles ont été observées, pour la première fois, au XVII<sup>e</sup> par le Hollandais A. Van Leeuwenhoek, inventeur probable du microscope. Mais c'est L. Pasteur (de 1857 à 1876) qui a démontré qu'il y avait différents types de fermentation, et que chaque type de fermentation était réalisé par un micro-organisme spécifique.
- La transformation des sucres de céréales ou de fruits par les levures est une **fermentation** alcoolique. Elle produit de l'alcool éthylique et du gaz dioxyde de carbone (anciennement appelé gaz carbonique).
- Lorsqu'on place une suspension de levures dans une solution glucosée peu oxygénée, cette dernière fermente. Si l'on place une allumette incandescente dans le tube à essai à la fin de l'expérience, l'allumette s'éteint. Le gaz est du dioxyde de carbone.
- Pour s'effectuer, une fermentation nécessite des **conditions physiques déterminées** :
  - une température généralement comprise entre 18 °C et 40 °C ;
  - une absence d'air.

### 3. Les pâtes levées

La matière première utilisée pour la fabrication du pain (**panification**) est l'amidon contenu dans la farine : différentes farines peuvent être utilisées (blé, seigle, maïs, etc.). L'amidon est transformé par la fermentation alcoolique (levure de boulanger), mais cette fermentation dégage à la fois de l'alcool (qui s'évaporera lors de la cuisson du pain) et du dioxyde de carbone : ce dernier fait lever la pâte.

Ce sont les micro-organismes déjà présents dans la farine, plus précisément les levures, qui furent longtemps les seuls responsables de la fermentation de la pâte à pain. On appelle levain la flore microbienne naturelle de la farine dont la multiplication s'effectue généralement dans un mélange de farine et d'eau.

On note aussi que les bactéries lactiques qu'on trouve en abondance dans la farine, y concourent également (production de gaz carbonique dans la fermentation). Ces bactéries jouent également un rôle important dans la saveur particulière du pain au levain.

## II- utilisation des micro-organismes dans la fabrication du fromage

Dans le domaine de la fabrication fromagère, de multiples microorganismes utiles sont impliqués comme les **bactéries, les moisissures, les levures**.

### Les bactéries

– les bactéries lactiques : Ce sont des bactéries produisant de l'acide lactique par fermentation des glucides simples (fermentation lactique). Elles ont pour rôles essentiels d'acidifier le lait et le caillé, de participer à la formation du goût (protéolyse, production d'arômes), de la texture et de l'ouverture des produits laitiers. Ces bactéries sont maintenant largement utilisées sous formes de levains sélectionnés.

– les bactéries propioniques. Ce sont des bactéries fermentant les lactates pour donner de l'acide acétique et propionique, ainsi que du CO<sub>2</sub> (fermentation propionique). Ils participent à la formation du goût et de l'ouverture des fromages à pâte pressée cuite (Emmental, Comté, Gruyère).

– les microcoques, les staphylocoques non pathogènes. la formation du goût des fromages, *notamment des fromages à croûte lavée, fleurie ou croûte mixte (Munster, Camembert, Pont l'Evêque, etc....)*. Ce sont des bactéries constituant de la flore de surface des fromages affinés. Ils jouent un rôle essentiel dans l'affinage du fromage.

### Les levures

Les levures sont retrouvées de manière plus importante (en moyenne 100 fois plus) à la surfaces des fromages (à pâte molle notamment) qu'à l'intérieur. Elles interviennent dans la désacidification de la pâte en début d'affinage, permettant ainsi l'implantation ultérieure d'une flore acide et interviennent également dans la formation du goût.

### Les moisissures :

- Penicillium camemberti est présent à la surface des fromages à pâte molle à croûte fleurie comme le Camembert ou les fromages de chèvre.

- Penicillium roqueforti est la moisissure interne des bleus comme le Bleu d'auvergne (lait de vache) ou le Roquefort (lait de brebis).

-Mucor est la moisissure dominante à la surface de la Tomme de Savoie et est présente également à la surface du Saint Nectaire fermier.

*Par leurs aptitudes biochimiques, les moisissures jouent un rôle déterminant dans la formation des caractéristiques sensorielles des fromages.*

Du fait même de leur composition et des conditions de production, le lait et les produits laitiers peuvent être contaminés par des micro-organismes qui, en se multipliant dans le milieu, provoquent des transformations nuisibles à la qualité des produits par dégradation de leurs constituants (protéines, lipides, lactose) et libération en leur sein de composés indésirables. Ces dégradations peuvent être dues à des bactéries, levures et moisissures et se traduisent par des défauts de goût, d'odeur, d'aspect et de texture.

## **II- Micro-organismes associés au lait**

La définition adoptée par le 1<sup>er</sup> congrès international pour la répression des fraudes alimentaires tenu à Genève en 1908, pour le lait propre à la consommation humaine: «est le produit intégral de la traite totale interrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum.

Les laits des différentes espèces de mammifères sont constitués des mêmes types de composants; mais leur composition varie d'une espèce à l'autre. On y trouve des globules de matières grasses en suspension dans une solution contenant le sucre du lait (lactose), des protéines (surtout la caséine) et des sels de calciums, de phosphore, de chlore, de sodium de potassium et de soufre, donc le lait est un produit équilibré d'un point de vue nutritionnel, adapté aux besoins de chaque espèce.

### **1- Aspect et composition**

Il apparaît comme un liquide opaque blanc mat, plus ou moins jaunâtre selon la teneur en  $\beta$ -carotène de la matière grasse, deux fois plus visqueux que l'eau, de saveur légèrement sucrée. Il a une odeur peu marquée mais reconnaissable. Schématiquement, on peut considérer le lait comme une émulsion de matière grasse dans une solution aqueuse comprenant de nombreux éléments dont les uns sont à l'état dissous et les autres sont la forme colloïdale.

L'eau est l'élément quantitativement le plus important. Il représente environ les 9/10 du lait. Les autres éléments constituent la matière sèche totale qui s'élève habituellement à 125-130g par litre de lait. La matière sèche dégraissée exprime la teneur du lait en éléments secs presque toujours voisine de 90g/litre.

Certains composants sont présents en quantités sensibles donc plus ou moins dosables (la matière grasse, le lactose, les matières azotées, les matières salines). D'autres, au contraire, ne figurent qu'à l'état de traces et sont plus difficilement appréciables (les enzymes, les pigments et les vitamines). (**Tableau 1**)

**Tableau 1 : composition typique du lait de vache**

Constituants	Concentration (g/l)
Eau	905
Glucides : lactose	49
Lipides	35
Matière grasse proprement dite	34
Lécithine (phospholipide)	0,5
Partie insaponifiable (stérols, carotène, tocophérols)	0,5
Protides	34
Caséines	27
Protéines solubles (Globulines, Albumines)	5,5
Substances azotés non protéiques	1,5
Sels	9
De l'acide citrique	2
De l'acide phosphorique	2,6
De l'acide chlorhydrique (Na Cl)	1,7
Vitamines, enzymes, gaz dessous	Traces
Extrait sec total	127
Extrait sec non dégraissé	92

## 2- Les caractéristiques microbiologiques du lait de vache

Du fait de sa composition physico-chimique, le lait est un excellent substrat pour la croissance microbienne. De ce fait on trouve que le lait comporte une flore originelle et une flore de contamination.

### 2-1 La flore d'origine

Le lait contient peu de Microorganismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions, à partir d'un animal sain (moins de 10<sup>3</sup> germes /ml). Il s'agit essentiellement des germes saprophytes de pis et des canaux galactophores : microcoques, streptocoques lactiques, lactobacilles. Des germes pathogènes et dangereux du point de vue sanitaire peuvent être présents lorsque le lait est issu d'un animal malade (Streptocoque pyogène, caryne bactéries pyogènes, des staphylocoques) qui sont des agents des mammites et peut s'agir aussi de germes d'infection générale *Salmonella*, *Brucella*, et exceptionnellement *listeria monocytogene*, mycobactérie, *Bacillus anthracis* et quelque virus

### 2-2 La flore de contamination

Le lait peut se contaminer par des apports microbiens divers:

Fèces et téguments de l'animal : Coliformes, Entérocoques Clostridium, Salmonella.

Sol: Streptomyces, Listeria, bactéries sporulés, spores fongiques.

L'air et l'eau : Flores diverses, bactéries sporulés.

### 3- Quelques dénominations sur le lait

**3-1-Le lait cru** : Autrefois, le seul disponible. Ce lait n'a subi aucun traitement autre que la réfrigération mécanique immédiate après la traite à la ferme qui a remplacé le refroidissement à l'eau fraîche (à environ 15°C). Pour être vendu, il doit répondre à des prescriptions réglementaires sur sa composition et l'état sanitaire des vaches d'où il tiré. Il doit être conditionné sur le lieu même de production et subi de nombreux contrôles. La couleur du conditionnement est à dominante jaune. La mention «lait cru» ou «lait cru frais» est obligatoire sur l'emballage. Sa date de limite de consommation correspond au lendemain du jour de la traite.

- Porté à l'ébullition 5 à 8 minutes avant la consommation, il doit être utilisé dans les 48 heures.

- Ouvert, il ne se conserve pas au-delà de 24 heures à +4°C.

**3-2-Lait entier** : Contient généralement 3,5% de la matière grasse. S'il n'est pas homogénéisé, les matières grasses remontent à la surface et forment une couche de crème.

Cette couche de crème est absente dans le lait homogénéisé, car la matière grasse est en suspension dans le lait. Ce lait est enrichi de vitamine D.

**3-3-Lait partiellement écrémé** : Contient 1 ou 2% de matière grasse. Il presque la même valeur nutritive que le lait entier, à l'exception des matières grasses, ce qui entraîne une diminution de la valeur énergétique. Son goût est légèrement moins riche que celui du lait entier. On lui ajoute de la vitamine A pour compenser les pertes survenues avec le retrait des matières grasses. Il est également enrichi en vitamine D.

**3-4-Lait écrémé** : Contient au maximum 0,3% de matière grasse. On y ajoute de la vitamine A pour compenser les pertes survenues avec le retrait des matières grasses. Il est également enrichi en vitamine D.

**3-5-Lait pasteurisé** : Lait chauffé sous le point d'ébullition pour détruire la plupart des bactéries pathogène. La pasteurisation consiste à porter le lait à une température de 62,8°C pendant 30 min ou à 72,8°C pendant 16 s et c'est pour les produits laitiers contenant 3,25% de matière grasse et moins, ce qui augmente la durée de conservation. Cette méthode favorise la conservation de la saveur et de la couleur ainsi que de la teneur en nutriments thermosensibles telles la thiamine, la vitamine B12 et la lysine.

**3-6-Lait UHT**: Lait subit une pasteurisation particulière, soit un traitement thermique à des températures très élevées ou Ultra Haute Température(UHT). On chauffe le lait entre 132°C et 150°C pendant quelque secondes (2 à 6). La stérilisation détruit tous les micro-organismes présents dans le lait. Le lait UHT est conditionné dans des contenants aseptiques scellés; il peut se conserver dans son emballage à la température de la pièce pendant 3 mois. Une fois l'emballage ouvert on doit le consommer dans les jours suivants.

**3-7-Lait concentré:** est du lait entier, partiellement écrémé ou écrémé, dont environ 60% de l'eau a été évaporée sous vide. Le lait concentré contient au moins 7,5% de matière grasse et pas moins de 25,5% de solides du lait. Il est enrichi de vitamine D et de vitamine C. S'il s'agit de lait partiellement écrémé ou écrémé, il doit être enrichi de vitamine.

**3-8-Lait aromatisé:** lait auquel on ajoute un ingrédient qui lui confère de la saveur.

Le plus connu des laits aromatisés est sans doute le lait au chocolat. Il existe plusieurs autres laits aromatisés dont les laits maltés, les laits à saveur de fruits ou de vanille et les boissons au lait contenant du jus de fruit. La plupart des laits aromatisés sont fabriqués avec le procédé UHT (Ultra Haute Température). Compte tenu des ingrédients que renferme le lait au chocolat, ce dernier doit subir une sérieuse pasteurisation, soit un minimum de 30 min à 74,4°C ou 25 secondes à 81,1°C ; on peut même atteindre les conditions de stérilisation.

**3-9-Lait en poudre ou lait sec:** C'est un lait qui a perdu le quasi totalité de son eau (environ 96%) pour ne conserver que son extrait sec. Après pasteurisation et concentration, le lait est projeté en minuscules gouttelettes dans une enceinte.

Celles-ci sont séchées par envoi d'air chaud à 200°C qui provoque instantanément l'évaporation de l'eau dans la tour de séchage (séchage spray).

Cette déshydratation presque totale permet au lait en poudre de se conserver un an à température ambiante. Cependant, il craint la chaleur et l'humidité.

Une fois ouvert, il se conserve 10 jours lorsqu'il est entier, 2 semaines s'il est demi-écrémé et 3 semaines s'il est écrémé.

Il doit être consommé immédiatement après avoir été reconstitué par adjonction de liquide.

**3-10-Les lait infantiles:** Ce sont des laits en poudre spécialement conçus pour s'adapter aux besoins des nourrissons. Leur dénomination légale est \*aliment lacté diététique pour nourrissons\*

## VI- Autres utilisation des micro-organismes

### Fabrication du Yaourt

#### Bactéries lactiques

- *Streptococcus thermophilus*

*Streptococcus thermophilus* est l'une des bactéries lactiques thermophiles, largement employé en tant que levain dans la fabrication de certains produits laitiers fermentés tel que le yaourt (en culture mixe avec *Lactobacillus bulgaricus*)

- *Lactobacillus* est un genre principal de la famille des *Lactobacillaceae*, il contient de nombreuses espèces qui sont des agents de fermentation lactique intervenant dans de nombreuses industries espèces qui sont rencontrées comme contaminants



Aspect des cellules de *Streptococcus thermophilus*



Aspect des cellules *Lactobacillaceae P*