

Métabolisme énergétique

Le type respiratoire d'un micro-organisme dépend de la nature de l'accepteur final d'électrons et de protons.

- La respiration où métabolisme oxydatif est appliquée aux mécanismes d'oxydation dans lesquels l'accepteur final est une molécule minérale.
- Si l'accepteur final est un composé organique, on parle de la fermentation, la dégradation du glucose est incomplète et aboutit à la formation de divers composés organiques (acides organiques)

Le rendement énergétique dépend de la voie utilisée, la respiration aérobie est la voie la plus efficace.

La fermentation

On décrit un certain nombre de fermentations parmi lesquelles :

- La fermentation **alcoolique** : réalisée par des levures dont la levure de boulanger (*Saccharomyces cerevisiae*). Cette fermentation est à la base de la production du vin, de la bière et du pain.
- La fermentation **homolactique** : réalisée par *Streptococcus*, *Lactobacillus*. Cette fermentation du lait conduit à la formation des fromages et des yaourts.
- La fermentation **hétérolactique** : réalisée par des *Lactobacillus*, cette fermentation conduit à la fabrication de nombreux produits à côté de l'acide lactique. Cette fermentation est mise en jeu dans la fabrication du kéfir.
- La fermentation **acide mixte** : réalisée essentiellement par des entérobactéries, cette fermentation conduit à la formation de nombreux produits intermédiaires (acétone, glycérol, acétoïne, etc.).
- La fermentation des bactéries anaérobies strictes :
 - la fermentation **butyrique** est le fait des *Clostridium butylicum* et *C. perfringens*. C'est la fermentation type des boîtes de conserve avariées.
 - La fermentation **acétonobutylique** réalisée par *Clostridium acetobutylicum* donne naissance à des substances comme l'acétone, le butanol, etc. Elle peut servir à la valorisation des produits agricoles par la production de carburants.

- La fermentation **propionique** réalisée par les *Propionibacterium*. Cette fermentation est à la base de la fabrication de fromage à pâte cuite (comté, gruyères, emmenthal) auxquels l'acide propionique donne le goût caractéristique.

La Fermentation industrielle

La Fermentation Industrielle aussi appelée Biotechnologie Blanche repose sur la culture de cellules vivantes à la fois pour la production de biomasse (levure ou probiotiques par exemple), ou de biomolécules d'intérêt (enzymes, antibiotiques, acides aminés, etc.).

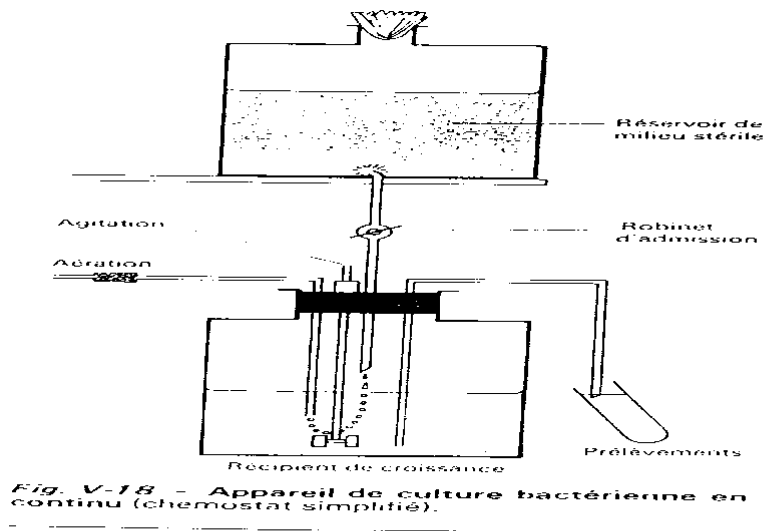
La fermentation consiste à utiliser des micro-organismes comme moyen de fabrication dans un processus industriel. C'est à dire qu'il faut produire à moindre coût une molécule donnée en quantité et de façon reproductible pour répondre aux besoins du marché.

Pour la production industrielle, il est nécessaire de réaliser des cultures de micro-organismes en très grandes quantités dans des cuves dont le volume peut atteindre plusieurs mètres cubes. Ces installations sont appelées "fermenteur. se sont des réacteur dans lequel la fermentation industrielle est effectuée

Les principales difficultés viennent de la nécessité de maintenir des conditions de culture stériles et d'homogénéiser la température et l'aération dans un si grand volume.

Pour obtenir un rendement élevé, il est nécessaire que les cultures soient pures, c'est-à-dire qu'elles ne soient pas contaminées par des organismes étrangers utilisant la matière première et même le produit recherché. L'amélioration des rendements peut aussi être obtenue grâce à des mutants qui accumulent le produit recherché au lieu de le dégrader comme c'est généralement le cas dans la souche sauvage. Enfin, l'étape de purification est simplifiée si les micro-organismes excrètent le produit cherché dans le milieu.

La tendance actuelle est une automatisation de plus en plus poussée avec une culture en continue. C'est la technique du "chémostat". Des détecteurs appropriés mesurent continuellement un certain nombre de paramètres biologiques et physico-chimiques de la culture tels que le nombre d'organismes, le pH, l'opacité, la concentration en aliment limitant, celle en produit fabriqué, etc. Ces informations, analysées par un ordinateur, commandent le prélèvement d'une partie de la culture (d'où l'on isolera le produit fabriqué) et l'apport de milieu neuf de façon à maintenir le contenu du fermenteur dans un état optimal.



Principaux produits biotechnologiques

Etant donné les produits biotechnologiques qu'ils servent à fabriquer, les microorganismes présentent un intérêt économique considérable, voire irremplaçable, dans de nombreux secteurs industriels, dans le secteur agricole ainsi que dans la vie courante. Généralement, on les cultive pour obtenir des cellules entières, des enzymes et divers métabolites. Ces derniers sont classés en métabolites primaires et secondaires selon qu'ils sont produit au début ou à la fin de la culture microbienne.

1. Cellules entières :

On peut vouloir cultiver les microorganismes dans le but d'utiliser les cellules microbiennes elles mêmes. C'est le cas :

- Des levures utilisées en boulangeries
- Des champignons comestibles
- Des protéines
- Des bactéries lactiques, d'autres bactéries et des mycètes utilisés dans la fabrication des fromages
- Des bactéries nitrifiantes, comme *Rhizobium* qu'on inocule aux graines de légumineuses de manière à favoriser la formation des nodules.

2. Métabolites primaires

Les Métabolites primaires sont des substances produites par les microorganismes au cours de leur phase exponentielle de croissance, ils sont indispensables à la vie des micro-organismes et dont certains font l'objet d'une production industrielle : acides aminés, nucléotides, vitamines, acides organiques.

3. Métabolites secondaires

Les Métabolites secondaires sont généralement produits à la fin de la phase exponentielle de croissance ou au début de la phase stationnaire, on distingue alors : les antibiotiques, les mycotoxines, les hormones...

L'application des microorganismes dans l'industrie

Cinq secteurs sont actuellement concernés par le développement industriel des procédés biologiques mettant en œuvre des micro-organismes: la santé, l'agro-alimentaire, l'agriculture, la chimie et l'énergie

1. La pharmacie

C'est actuellement le secteur d'application privilégié des biotechnologies qui représente 40,6% de l'ensemble de ce marché. Les produits commercialisés ont une haute valeur ajoutée et les industriels de la pharmacie.

➤ Les antibiotiques sont des composés de structure variable produits par diverses espèces de micro-organismes ou par synthèse. Ils possèdent la propriété d'inhiber la croissance d'autres micro-organismes et constituent les plus importants produits anti infectieux disponibles à ce jour.

➤ Les vaccins

➤ Les hormones (peptidiques, anti-inflammatoires..) se prêtent bien à une production par des procédés biotechnologiques car elles ont une forte valeur ajoutée. Le génie génétique rend possible la production d'insuline, de somatostatine et d'hormone de croissance.

➤ Les vitamines obtenues par fermentation sont la vitamine B12 et les précurseurs des vitamines A et B2.

2. Industrie alimentaire

- L'utilisation des microorganismes est résumée pour la fabrication du pain, des fromages, de la bière et du vin par fermentation.
- Les protéines d'organismes unicellulaires (POU) ou "Single Cell Protein" (SCP) constituent un type de produits occupant une place importante sur le marché des produits alimentaires issus des biotechnologies. Elles sont obtenues par culture de micro-organismes sur des substrats de matière organique.
- Les sirops à haute teneur en fructose qui constituent l'essentiel des produits de ce marché (environ 92 %). Ils sont produits à partir de l'amidon du maïs.
- Les acides aminés (lysine et acide glutamique surtout) et les acides organiques (citrique, lactique et itaconique) sont utilisés principalement comme additifs dans l'alimentation.

3. La chimie

Il est possible de produire par voie biologique deux molécules de base de la chimie organique: le méthane et l'éthylène. La première est obtenue directement par fermentation et la seconde à partir de l'alcool éthylique produit biologiquement. D'autres fermentations peuvent également être utilisées et conduire à la fabrication de produits de grande consommation : l'acétone, le butanol, le glycérol, le butanédiol, les acides organiques, les biodétergents, les huiles et les graisses...

4. L'agriculture

Deux types de production présentent un intérêt industriel : les bioinsecticides et les biopesticides.

5. L'énergie et environnement

Les polluants sont majoritairement des composés organiques (hydrocarbures, composés phénolés et chlorés,...) mais la contamination par des métaux est également importante. La biodépollution de sols ou d'eaux par les micro-organismes repose sur l'exploitation de leurs capacités à réaliser l'ensemble de ces réactions