

Chapitre 3 : Nutrition bactérienne.

- Introduction

Pour assurer sa croissance ou sa survie, une bactérie doit trouver dans son environnement de quoi satisfaire ses besoins nutritifs : substances énergétiques permettant à la cellule de réaliser la synthèse de ses constituants et substances élémentaires ou matériaux constitutifs de la cellule.

Toutes les bactéries ont besoin d'eau, d'une source d'énergie, d'une source de carbone, d'une source d'azote et d'éléments minéraux. Ces besoins élémentaires sont suffisants pour permettre la nutrition des bactéries qualifiées de prototrophes. Certaines bactéries qualifiées d'auxotrophes nécessitent, en plus des besoins élémentaires, la présence de facteurs de croissance.

1. Besoins nutritifs

Les besoins nutritifs des bactéries sont deux types : les besoins élémentaires et les besoins spécifiques (facteurs de croissance).

1.1. Les besoins élémentaires : sont des besoins communs chez toutes les bactéries : source d'énergie, source de carbone, source d'azote et d'éléments minéraux.

➤ Source de carbone

Le carbone est nécessaire à la formation du squelette de toutes les molécules organiques dont sont constitués les organismes. C'est l'élément constitutif le plus abondant chez les bactéries. Les exigences nutritionnelles en carbone conduisent au classement des micro-organismes en deux grandes catégories :

- **Les autotrophes :** sont capables de se développer en milieu minéral (inorganique) en utilisant le dioxyde de carbone (CO_2) ou les ions hydrogénocarbonates (HCO_3^-) comme seule source de carbone pour synthétiser leurs constituants carbonés ;

- **Les hétérotrophes,** exigent des molécules organiques (sucres et dérivés, acides organiques, peptides et acides aminés...), pour leur croissance.

Certains micro-organismes sont capables d'assimiler de nombreuses substances organiques différentes, tandis que d'autres ont des capacités métaboliques restreintes à quelques substrats (voir un seul).

➤ Source d'énergie

L'énergie nécessaire à la synthèse des macromolécules est fournie comme pour les cellules humaines par l'adénosine triphosphates (ATP) synthétisé par la bactérie.

Selon la source d'énergie, les bactéries se divisent en phototrophes et chimiotrophes :

- La source d'énergie **des bactéries phototrophes** est la lumière transformée en ATP grâce à des pigments (chlorophylles, bactériochlorophylles, carotènes...). Si la source d'électrons est minérale, les bactéries sont qualifiées de photolithotrophes et si la source d'électrons est organique, les bactéries sont photo-organotrophes.

- **Les bactéries chimiotrophes** puisent leur énergie chimique à partir de l'oxydation des composés minéraux ou organiques. Si le donneur d'électrons est minéral, les bactéries sont **chimiolithotrophes** et si le donneur d'électrons est organique, les bactéries sont **chimio-organotrophes**.

➤ **Source d'azote**

La synthèse des protéines nécessite des substances azotées. L'azote moléculaire est fixé par quelques bactéries vivant en symbiose avec des légumineuses ou des champignons. Tel est le cas des *Rhizobium* qui vivent en symbiose avec certaines légumineuses en leur permettant de fixer l'azote atmosphérique. La fixation d'azote moléculaire peut également être le fait de bactéries libres tels les *Azobacter* et certains *Clostridium* qui, de ce fait, contribuent à fertiliser le sol.

Les micro-organismes peuvent puiser l'azote dans des molécules organiques (acides aminés, bases azotées) ou plus généralement dans des composés minéraux :

- les ions ammoniums, NH_4^+ ;
- les ions nitrates, NO_3^- (grâce à nitrate réductase B) ;
- Les nitrites avec les *Nitrobacter*.
- l'azote atmosphérique, N_2 (grâce à la nitrogénase, présente chez *Rhizobium* et *Azotobacter*).

➤ **Source de soufre et phosphore**

Le soufre et le phosphore sont particulièrement importants.

-Le soufre : est retrouvé au niveau des acides aminés soufrés (cystéine, méthionine) peuvent fournir le soufre aux micro-organismes. Il intervient dans les structures complexes des protéines. Il est également utilisé dans la synthèse des vitamines (Biotine, coenzyme A). Dans de nombreux milieux de culture, le soufre est fourni sous forme d'ions sulfates (SO_4^{2-}), réduits en sulfites (SO_3^{2-}) puis en sulfures (H_2S). H_2S est ensuite incorporé à la sérine pour former la cystéine.

- **Le phosphore** est nécessaire comme composé de l'ATP, des acides nucléiques et des coenzymes tels que NAD, NADP et les flavines. Le phosphore est toujours absorbé dans la cellule comme phosphate libre inorganique.

➤ **Autres éléments minéraux**

- Le potassium joue un rôle comme cofacteur enzymatique, le magnésium aussi, qui, en plus a une fonction de stabilisateur de structures cellulaires.
 - Le calcium joue un rôle important dans la résistance à la chaleur des endospores (chez *Bacillus*, *Clostridium*). Il stabilise également la paroi des bactéries.
 - Le sodium est important pour la croissance des bactéries halophiles (du grec halo : sel et philein : aimer).
- Enfin le Fer, qui intervient dans la chaîne respiratoire (bactéries aérobies), élément des cytochromes au niveau de la membrane plasmique. Les bactéries possèdent des sidérophores qui capturent le fer insoluble et le transportent à l'intérieur des cellules bactériennes.

1.2. Besoins en facteurs de croissance

Un facteur de croissance est une molécule organique qu'un micro-organisme doit puiser dans son milieu car il ne peut pas le synthétiser. Les facteurs de croissance sont répartis en trois classes :

- les acides aminés, nécessaires à la synthèse des protéines ;
 - les bases azotées (purines et pyrimidines), nécessaires à la synthèse des acides nucléiques ;
 - les vitamines, coenzymes (ou leurs précurseurs) indispensables pour de nombreuses réactions.
- *E. coli* est capable de se développer dans un milieu minéral additionné de glucose : elle peut donc synthétiser tous ses constituants carbonés à partir d'une seule source de carbone (le glucose par exemple). *E. coli* est dite **prototrophe**, car elle n'exige pas de facteur de croissance.
- *Proteus vulgaris* n'a pas cette capacité : il ne peut se développer dans un tel milieu que si de l'acide nicotinique (vitamine B3) lui est fourni en petite quantité. *Proteus vulgaris* est **auxotrophe** pour l'acide nicotinique, qui représente un facteur de croissance pour cette espèce bactérienne.

1.3. Les différents types nutritionnels ou trophiques

Comme le besoin en carbone, en énergie et en électrons est tellement important, les biologistes utilisent des termes spécifiques pour définir la façon dont ces besoins sont satisfaits.

Les différents types trophiques sont résumés dans le tableau ci-dessous

Tableau 01 : Les principaux types nutritionnels chez les micro-organismes

Classe du besoin	Type trophique	Nature de besoins
Sources de carbone	Autotrophes	CO ₂ , seule ou principale source de carbone biosynthétique
	Hétérotrophes	Molécules organiques préformées, réduites provenant d'autres organismes
Sources d'énergie	Phototrophes	Lumière
	Chimiotrophes	Oxydation de composés organiques et inorganiques
Sources d'électrons	Lithotrophes	Molécules inorganiques réduites
	Organotrophes	Molécules organiques
Facteurs de croissance	Auxotrophes	Nécessaires
	Prototrophes	Non nécessaires

2. Paramètres physico-chimiques

Ce sont des facteurs qui conditionnent l'environnement des microorganismes : Eau, Température, pH, la pression osmotique, oxygène. Ils peuvent favoriser, empêcher ou inhiber la croissance et la nutrition de ces microorganismes.

2.1. Le taux d'humidité : L'eau représente 80% des constituants cellulaires, elle présente une grande affinité aux nutriments (sucre, sels) et participe aux réactions d'hydrolyse, elle est indispensable au développement. Il est apporté par l'eau distillée.

2.2. La température

Une bactérie est en général capable de croître dans un intervalle plus ou moins important (selon les espèces) de température. Il est limité par une valeur minimale en dessous de laquelle il n'y a plus de développement et une valeur maximale au-dessus de laquelle la croissance s'arrête. La croissance est meilleure dans un intervalle de température optimale.

Selon leurs températures optimales, les microorganismes sont divisés en :

- **Les psychrotrophes** : Peuvent se cultiver à 0°C. Température optimale de multiplication entre 20 à 25 °C.
- **Les psychrophiles** : Température maximale 20°C. Température optimale de croissance inférieure à 15 °C.
- **Les cryophiles** : peuvent se développer à des températures négatives. Elles sont souvent isolées des matières fécales d'animaux polaires. Température optimale de croissance (- 5 °C).

- **Les mésophiles** : croissance entre 25 et 40 °C. Optimum à 37°C (la majorité des bactéries pathogènes).
- **Les thermophiles** : température optimale entre 50 et 60 °C (*Bacillus, Clostridium*).
- **Les hyper thermophiles** ont une température optimale de croissance entre 70 °C et 110°C.

2.3. Le pH

C'est la mesure de l'activité des ions hydrogène d'une solution. Le pH a une grande incidence sur l'équilibre ionique du milieu (perméabilité cellulaire et la disponibilité en nutriments). Selon leur pH optimal de croissance, on distingue des bactéries :

- **Acidophiles** : entre 1 et 5,5 (*Lactobacillus*)
- **Neutrophiles** : entre 5,5 et 8,5 avec un optimum de 7 (La majorité des bactéries)
- **Basophiles ou alcalophiles** : entre 8,5 et 11.5 (*Vibrio*).

4.1.1. Besoins en oxygène

L'oxygène est en réalité un gaz très toxiques s'il n'est pas neutraliser par les cellules qui en ont besoin. Plusieurs groupes bactériens peuvent être distingués en fonction de leurs besoins en Oxygène:

- Certains microorganismes sont **aérobies strictes** (exigent l'oxygène libre pour leur développement).
- D'autres sont **anaérobies strictes** (ne peuvent se multiplier qu'en l'absence d'oxygène libre).
- D'autres sont encore **aéro-anaérobies facultatives** (capables de croître avec ou sans oxygène libre).
- D'autre sont **micro-aérophiles** (ne se reproduisent qu'en présence d'une faible quantité d'oxygène).
- **Les aéro-tolérantes** : n'ont pas besoins d'oxygène pour leur croissance, mais peuvent se croître en présence de ce dernier.

2.4. La pression osmotique

C'est la force qui attire l'eau au travers de la membrane qui sépare deux milieux liquides. Le créateur de cette force c'est le sel (NaCl) qui attire l'eau.

Selon leur sensibilité à la pression osmotique, on distingue trois catégories de bactéries.

- Les bactéries non-halophiles** :NaCl est inférieure à 0,2 M.
- Les espèces halophiles** :NaCl supérieure à 0,2 M pour les moins halophiles (*Cobetia marina*) à 5,2 M pour les plus halophiles *Halobacterium salinarum*.
- **Les espèces halotolérantes** comme les *Staphylococcus*, les *Listeria* ou les *Lactobacillus*. Ils tolèrent 7.5 à 15% de NaCl.