

# Chapitre 1 :

## LES BACTERIES.

On a deux grands groupes, les archéobactéries et les eubactéries.

La classification est basée sur des caractères génotypiques, sur la filiation évolutive (techniques de séquençage, types de parois, ...). Par exemple, la paroi des archéobactéries ne renferme pas d'acide muramique qui est le composant typique des peptidoglycanes. Les lipides membranaires présentent des chaînes aliphatiques ramifiées, alors que chez les eubactéries, ces mêmes chaînes ne le sont pas. De plus, les archéobactéries possèdent des gènes discontinus.

### **I\ Les eubactéries.**

#### **A\ Morphologie des eubactéries.**

Elles sont en général unicellulaires mais on les trouve parfois sous forme de colonies plus ou moins structurées. Les cellules sont soit sphériques : cocci, soit en bâtonnets : bacillus. L'enveloppe : c'est la membrane la plus interne, elle est cytoplasmique, rarement en contact avec le milieu externe dont elle est séparée par la paroi. Chez certaines espèces, la membrane cytoplasmique peut s'invaginer pour donner un empilement de membrane interne : le mésosome. Cela se retrouve particulièrement chez les bactéries photosynthétiques ou, chez les bactéries ayant des échanges gazeux importants.

La coloration de Gram permet de séparer les eubactéries en deux groupes : les g<sup>+</sup> et les g<sup>-</sup>. Cette coloration est révélatrice d'une différence de structure de la paroi.

- Chez les g<sup>+</sup>, la membrane cytoplasmique est recouverte d'une zone épaisse de peptidoglycane qui enferme la cellule dans une coque relativement rigide et épaisse. Cette gangue est responsable de la forme cellulaire et est chargée de constituants secondaires comme l'acide teïchoïque.

- Chez les g<sup>-</sup>, la couche de peptidoglycanes est faible et est recouverte d'une seconde membrane externe de composition spéciale renfermant des Lipopolysaccharides (LPS). Entre la membrane interne et la membrane externe, se situe un espace étroit appelé le Périplasme où se situe le peptidoglycane.

Les bactéries s'entourent souvent d'une enveloppe supplémentaire plus ou moins structurée, parfois épaisse, appelée le Glycocalyx.

#### **B\ Le génome.**

Dans une bactérie, il est représenté par un double brin d'ADN circulaire. Le génome est parfois complété par des anneaux d'ADN supplémentaires plus petits : ce sont les plasmides. Ils offrent au monde bactérien des possibilités extraordinaires d'adaptation car ils sont souvent transmissibles d'une cellule à l'autre. Les bactéries échangent entre elles des portions de

séquences d'ADN ou de plasmides qui peuvent s'intégrer complètement dans le génome de la bactérie receveuse.

## C\ Les cils et les flagelles.

Ils sont comparables aux flagelles des cellules mobiles des algues. Ils sont constitués par un petit nombre de fibrilles et s'insèrent au niveau du plasmalème sur un blépharoblaste. La protéine constituant ces flagelles est élastique et contractile comme la myosine des muscles.

## D\ La multiplication asexuée.

Les bactéries se divisent par scissiparité. La division cellulaire peut-être rapide (de 20 à 30 minutes), à partir d'une cellule, on peut en obtenir jusqu'à  $10^9$  en 24 heures. C'est un phénomène de parasexualité. Chez certaines bactéries, il existe des processus parasexués aboutissant à des recombinaisons génétiques voisines de celles résultant de la reproduction sexuée des eucaryotes.

On connaît trois processus : transformation, transduction, conjugaison qui ont des caractéristiques générales qui permettent de les distinguer de la reproduction sexuée des eucaryotes.

Chez ces derniers, la contribution des deux gamètes pour constituer le matériel génétique du zygote est symétrique. Un zygote diploïde redevient haploïde à la suite d'une méiose. Dans les processus parasexués, il n'y a pas de gamètes, mais deux cellules à rôle opposé : un parent donneur qui introduit dans l'autre parent (receveur ou accepteur), une partie de son matériel génétique et donne un mérozygote qui contient la totalité du matériel génétique de l'accepteur. Ce matériel génétique est appelé endogénote.

De plus, un ou plusieurs fragments d'ADN du donneur (exogénote) rentrent dans ce nouveau matériel génétique mais les exogénotes sont incapables de se multiplier et finissent par disparaître. De temps en temps, l'exogénote peut s'intercaler avec la région homologue de l'ADN du receveur. Par la suite, des descendances du mérozygote vont apparaître et donneront des bactéries à matériel génétique recombiné. Toutefois, la majeure partie du génome provient du receveur.

### 1\ La transformation.

Exemple avec *Streptococcus pneumoniae* : Un échange génétique peut se produire, quand, dans un milieu de culture où se développe une population bactérienne avec un génotype donné, on introduit de l'ADN correspondant à un génotype différent. La transformation ne peut se produire que si les bactéries sont dans un état «compétent».

Dans le cas de l'agent de la pneumonie (g+), l'état de compétence est conféré par un facteur de compétence (une protéine soluble de faible poids moléculaire, produite et excrétée par les bactéries dans le milieu de culture) qui est absorbé sur certains sites de la surface cellulaire. Ce facteur induit une cascade de réactions permettant l'entrée dans la cellule de l'ADN transformant.

Si l'ADN est originaire d'un organisme différent mais s'il présente suffisamment d'homologies avec celui de l'endogénote, il est intégré à ce dernier sous forme de courtes séquences. La bactérie réceptrice, en intégrant une partie de l'information génétique de l'ADN donneur, acquière donc, une ou plusieurs caractéristiques du donneur.

## 2\ La transduction.

Ce mécanisme de recombinaison génétique s'opère par l'intermédiaire d'un bactériophage. Il y a infection d'une bactérie par un virus (virion), qui se multiplie à l'intérieur et qui provoque sa destruction. Pendant cette multiplication, ce virus peut intégrer à son ADN une partie du génome de la cellule infectée. Au cours de l'infection d'une nouvelle bactérie, le virion introduit dans celle-ci, une séquence du génome de la cellule infectée précédemment. Ces virions sont appelés : « vecteur de transduction ».

## 3\ La conjugaison (sur *Escherichia coli*).

Une véritable différenciation de type sexuel existe. Deux bactéries entrent en contact par un pont cytoplasmique. La bactérie mâle est plus petite que la bactérie femelle (réceptrice). La bactérie mâle injecte un brin d'ADN représenté par un plasmide ou un chromosome.

Un trait dominant du monde bactérien est une grande variété et un important métabolisme. Les bactéries peuvent fixer l'azote atmosphérique.

Exemple : Des bactéries sont à l'origine du gaz naturel et de la houille. Elles ont donc un rôle fondamental. Sur l'Homme, elles peuvent avoir un rôle bénéfique ou pathogène.

Les bactéries peuvent être :

- aérobies strictes.
- aérobies facultatives (elles vivent avec ou sans oxygène).
- anaérobies strictes (elles vivent sans oxygène).
- anaérobies qui supportent la présence d'oxygène en faibles concentrations.

Les bactéries anaérobies sont les plus anciennes. Certaines bactéries, comme les végétaux, sont capables d'utiliser les radiations lumineuses comme source d'énergie. Ce sont des phototrophes, mais leurs pigments sont différents de ceux des végétaux. En général, la photosynthèse a lieu en milieu, à peu près, anaérobie.

Les bactéries qui effectuent toutes leurs synthèses à partir du CO<sub>2</sub> comme seule source de carbone sont dites « photoautotrophes ».

D'autres bactéries vivent au dépend des composés organiques tout en continuant à utiliser l'énergie lumineuse. Ce sont les « photohétérotrophes ».

Des bactéries vertes utilisent le CO<sub>2</sub> comme source de carbone et H<sub>2</sub>S comme source de pouvoir réducteur. Ces bactéries sont dites : « chimio-litho-hétérotrophes ».

→ Les bactéries peuvent vivre partout.

Remarque : Les pigments permettant la photosynthèse sont les bactériophylles et les caroténoïdes.

## II\ Les cyanobactéries.

C'est le deuxième grand groupe des procaryotes. On les appelle aussi cyanophycées ou blue-green algae.

### A\ Généralités.

Les cyanobactéries n'ont pas de recombinaison génétique. Au niveau des pigments, on note la présence de chlorophylle A, ainsi que d'autres pigments : les billiprotéines qui sont solubles dans l'eau (exemple : la Phycoérythrine qui est rouge et la phycocyanine qui est bleue).

Au microscope, la cellule bactérienne apparaît souvent homogène car elle n'a pas de plastes individualisés. Toutefois, on arrive à distinguer une zone périphérique : le chromatoplasme, et une partie centrale : le centroplasme ou nucléoplasme. La cellule est entourée d'une paroi épaisse. Celle-ci est similaire à la paroi des gram-. Dans un certain nombre de genres, on note la présence d'une gaine. Celle-ci peut avoir une structure lamellaire très épaisse. Les cellules sont dans une sorte de gelée.

## B\ Structure et fonctions.

### 1\Le chromatoplasma.

C'est une partie très colorée par les pigments. On y trouve des thylacoïdes (se sont des sacs aplatis sur lesquels est fixée la chlorophylle). Ils sont dispersés dans le centroplasme, mais ne sont jamais entouré de parois pour former des chloroplastes.

Le complexe pigmentaire. Il est constitué par la chlorophylle A qui est fixée sur les thylacoïdes, et par les caroténoïdes.

L'énergie lumineuse que peuvent capter les caroténoïdes est faible mais ils peuvent avoir un rôle écologique important car ils protègent contre une trop forte intensité lumineuse et empêchent donc la photo-inhibition.

Les billiprotéines sont des pigments, excellents capteurs de l'énergie lumineuse et la retransmettent presque à 100% à la chlorophylle. Ces billiprotéines donnent un avantage car la présence de ces deux pigments permet de capter tout le spectre de la lumière (entre 400 et 800 nm). Quand le milieu est carencé en azote, les cyanobactéries utilisent celui contenu dans les billiprotéines.

### 2\ Les inclusions cellulaires.

Les granules de carboxysome : elles sont le lieu de localisation des enzymes fixant le CO<sub>2</sub> (Rubisco)

Les granules de polyphosphates (= la volutine). Ils sont métachromatiques (s'ils sont colorés par le bleu de méthylène ils seront rouges). Ils sont le lieu d'accumulation du phosphate. Ils sont utilisés quand le milieu extérieur est carencé en phosphate.

Les granules de cyanophycine. Ce sont des réserves d'azote qui peuvent être utilisées des deux côtés de la paroi cellulaire.

Ces granules se constituent quand le milieu est riche en un élément. C'est un avantage dans la compétition entre cellules. A partir de ses réserves, une cellule peut se multiplier 7 à 8 fois.

Chez les cyanobactéries planctoniques, on trouve très souvent des pseudo-vacuoles gazeuses (ce sont de petits cylindres creux, remplis d'air, leur diamètre est à peu près de 70 nm). Leur paroi est perméable à l'eau : c'est un espace creux en équilibre avec les gaz dissous dans le cytoplasme

Leur rôle est de permettre aux cyanobactéries de faire des migrations verticales soient journalières, soient, plus étalées dans le temps. Quand ces bactéries sont soumises à une trop faible intensité lumineuse, il y a multiplication des pseudo-vacuoles gazeuse : ce qui permet une remontée vers la surface.

→ Donc : plus l'intensité lumineuse augmente, plus la pression osmotique augmente. On assiste donc à un collapsus ou dégonflement de ces vacuoles qui entraîne la descente des ces bactéries.

Le génome : Il est constitué de fibrilles d'ADN localisées dans le nucléoplasma.

### 3\ Cyanobactéries coloniales et multiplication asexuée.

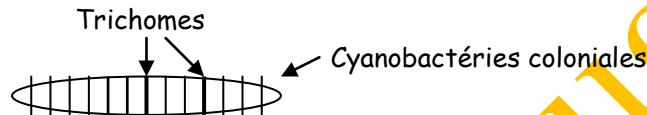
Certaines cyanobactéries (coloniales) possèdent des cellules spéciales appelées «hétérocystes». Ces cellules se distinguent par une couleur plus verdâtre, moins dense, avec une paroi plus épaisse et surtout avec à chaque extrémité, la présence d'un pore qui la met en contact avec les cellules contiguës du filament. Les hétérocystes perdent leur carboxysomes (et l'enzyme Rubisco [Ribulose 1,5 diphosphate carboxylase] qui fixe le  $\text{CO}_2$ ), et ne peuvent donc plus effectuer la photosynthèse, et ne peuvent en conséquence, plus rejeter d'oxygène.

Les hétérocystes sont considérés comme les cellules les plus aptes à fixer l'azote atmosphérique. Tout autour des hétérocystes, il n'y a pas d'oxygène, c'est ce qui permet un meilleur fonctionnement de la nitrogénase (c'est l'enzyme qui fixe l'azote).

En milieu anaérobie, toutes les cellules fixent l'azote atmosphérique. Les hétérocystes ont la faculté de produire des askinètes. Ce sont des spores de résistances : c'est une cellule normale qui grandit, se remplit de matière organique et se protège avec une épaisse membrane, puis se laisse tomber au fond du milieu, puis remontera plus tard pour recoloniser le milieu.

Remarque : il existe de vraies et de fausses ramifications chez les cyanobactéries.

La multiplication asexuée : certaines formes de cyanobactéries forment des endospores ou nannocystes, d'autres forment des exospores. Beaucoup de cyanobactéries se multiplient grâce à des spores pluricellulaires qui sont appelés hormospores.



#### Ecologie des cyanobactéries :

Elles sont rencontrées dans tous les milieux. Dans certains cas, elles ont un rôle utile, par exemple, dans certains cours d'eau, elles fixent l'azote et servent ainsi d'engrais naturel. Elles peuvent aussi avoir des effets négatifs : elles peuvent sécréter des toxines qui seront toxiques pour les autres habitants du milieu. Elles peuvent aussi être néfastes par leur nombre.