

La structure bactérienne

1° Généralités sur les études morphologiques :

1.1. Etat frais :

La préparation est traversée par les photons. Le fond de la préparation est clair.

Les microorganismes vivants sont visibles grâce à leur différence de réfringence par rapport au milieu.

1.2. La coloration de Gram :

La coloration complexe utilise les affinités des structures cellulaires pour les colorants. Les photons traversent la préparation, les microorganismes absorbent une partie des rayons lumineux. Ainsi, ils apparaissent plus ou moins colorés et diversement colorés.

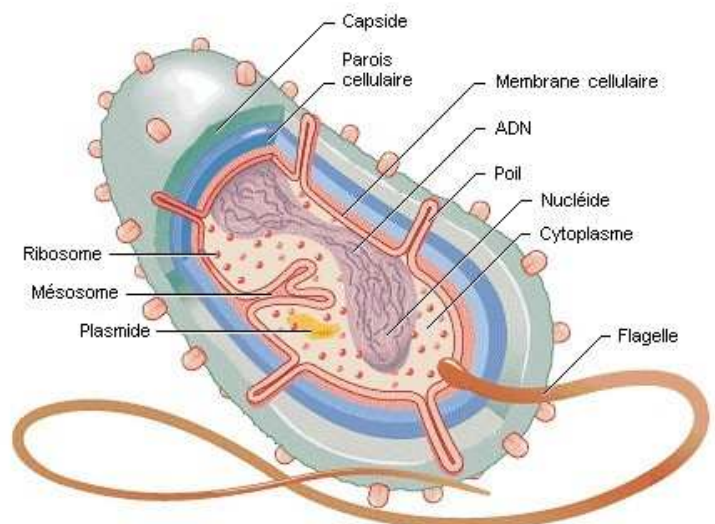
2° Structure bactérienne :

L'observation d'une cellule bactérienne peut se faire à l'état frais ou à la coloration de Gram.

On met en évidence :

- La taille.
- La morphologie.
- Le mode de groupement.

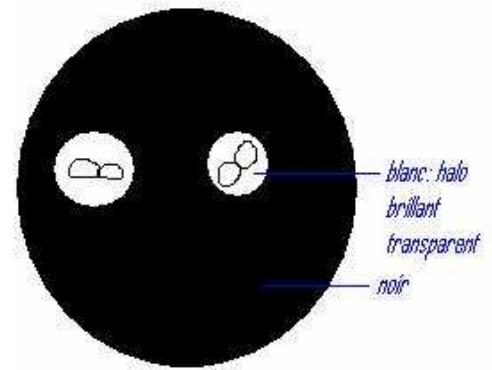
La cellule bactérienne est équivalente à un système clos protégé du milieu extérieur par une membrane et différentes structures extérieures. Une bactérie peut aussi avoir des appendis tels que les flagelles ou le pilus.



2.1. La capsule :

2.1.1. Mise en évidence :

La mise en évidence d'une capsule peut se faire par microscopie optique (sur un état frais à l'encre de Chine).



2.1.2. Formation de la capsule (capsulogénèse) :

L'aptitude des bactéries à produire une capsule dépend de son matériel génétique et des conditions de culture.

2.1.3. Nature biochimique :

La capsule est formée de couches de polymères organiques accumulés à l'extérieur de la paroi. Selon les espèces, ces polymères peuvent être :

- **Nature polyosidique :**

Polymères d'oses et de dérivés osidiques.

- **Nature polypeptidique :**

Polymères d'acides aminés.

2.1.4. Rôles de la capsule :

- **Protection :**

Elle favorise la survie des bactéries. Elle a un rôle dans la virulence et dans la pouvoir invasif de certaines bactéries. Elle empêche la phagocytose et protège la bactérie vis-à-vis des bactériophages.

- **Energétique :**

Les polymères accumulés à l'extérieur de la bactérie peuvent représenter une source de carbone et d'énergie. Elle intervient dans la fixation des ions.

- **Antigénique :**

Les constituants de la capsule ont un rôle immunogène.

2.2. La paroi :

2.2.1. Structure :

2.2.1.1. Méthodes d'étude :

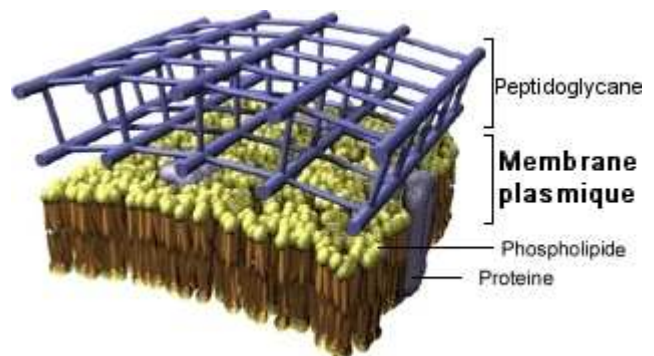
- **Isolement de la paroi bactérienne :**
 - Extraction chimique par les solvants.
 - Traitement mécaniques visant à déchirer la paroi.
 - Traitement enzymatique.
 - Isolement puis purification des parois brutes.
- **Etude de la paroi :**
 - Coloration différentielle de Gram.
 - Examen au microscope électronique.
 - Etude physique.
 - Analyse biochimique des parois.

2.2.1.2. Constituants essentiels de la paroi des Gram + :

La paroi des Gram + est une paroi épaisse constitué d'une couche épaisse de peptidoglycane.

Elle possède :

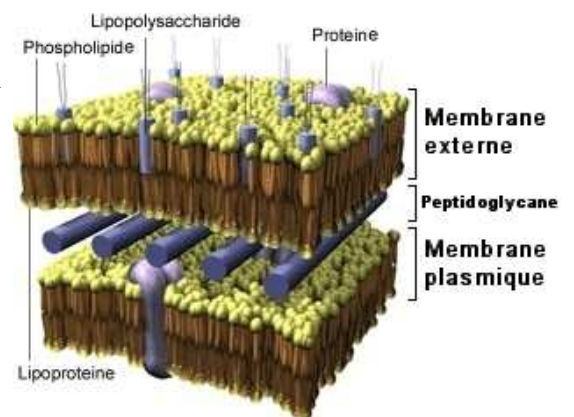
- Des protéines.
- Des acides teichoïques.
- Des acides lipoteichoïques.
- Un peptidoglycane.
- Une membrane plasmique.



2.2.1.3. Constituants essentiels de la paroi des Gram - :

La paroi des Gram – est plus complexe et plus stratifié.

- **Des lipopolysaccharides (LPS) :**
 - ✓ Une partie lipidique (lipide A), qui permet d'encrer le LPS dans la membrane externe.
 - ✓ Une partie glucidique (polysaccharide), formé d'un noyau interne et d'un noyau externe.
 - ✓ Une chaîne O spécifique, qui varie selon le sérotypes.
- **Des protéines.**
- **Des porines.**



- Des lipoprotéines.
- Un peptidoglycane.
- Une membrane plasmique.

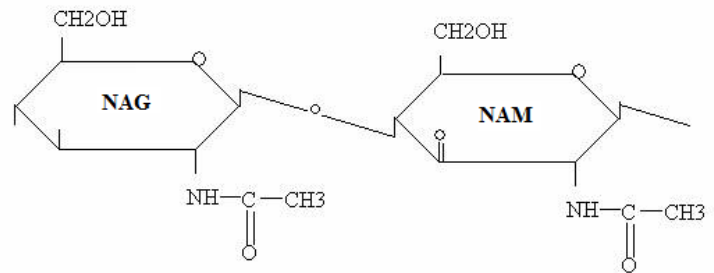
2.2.1.4. Peptidoglycane :

C'est un glycoaminopeptide, qui est constitué :

- D'une partie glucidique :

Formé par un enchaînement de deux dérivées osidiques appelés osamines.

Le peptidoglycane est constitué d'un enchaînement de NAG et NAM, relié entre eux par des liaisons glycosidique $\beta 1 \rightarrow 4$.



- D'une partie peptidique :

Un tétra peptide est fixé sur la partie glucidique au niveau des groupements carboxyliques de NAM. Ce peptide est constitué par des acides aminés que l'on ne trouve pas dans les protéines car ils font parties de la série D. Pour de nombreuses bactéries, l'ordre des résidus par les acides aminés du tétra peptide est le suivant :

- L-ALA
- D-GLU
- Acide diaminopimélique
- D-ALA

L'acide diaminopimélique n'est rencontré que chez les bactéries aussi, ils constituent un véritable marqueur des bactéries. Les divers tétras peptides sont reliés entre eux par des liaisons interpeptidase.

2.2.2. Rôles physiologiques :

- Protection mécanique à l'égard des agents physico-chimiques.
- Rôle morphologique pour la bactérie.
- Rôles dans les colorations.
- Rôles immunogène et antigénique.
- Rôle dans la division cellulaire.
- Rôle dans les échanges.
- Rôle dans l'expression de la mobilité.
- Rôle dans le diagnostic bactérien.

2.3. Le LPS :

2.3.1. Localisation et relations du LPS avec la cellule bactérienne :

- **Origine :**

Les toxines LPS sont présentes chez toutes les bactéries Gram négatif.

- **Localisation :**

Le LPS est toujours lié aux bactéries. Il n'est libéré dans le milieu extérieur que lorsqu'il y a lyse ou de la multiplication de ces germes.

Il est situé dans la paroi au niveau de la membrane externe.

2.3.2. Structure du LPS :

- **Le lipide A :**

Principal constituant de la couche externe de la bactérie.

- **Structure :**

Il possède une structure constante chez les diverses espèces bactériennes. Le lipide A est un glycophospholipides, composé de glucosamines, de groupes phosphates, de longues chaînes d'acides gras.

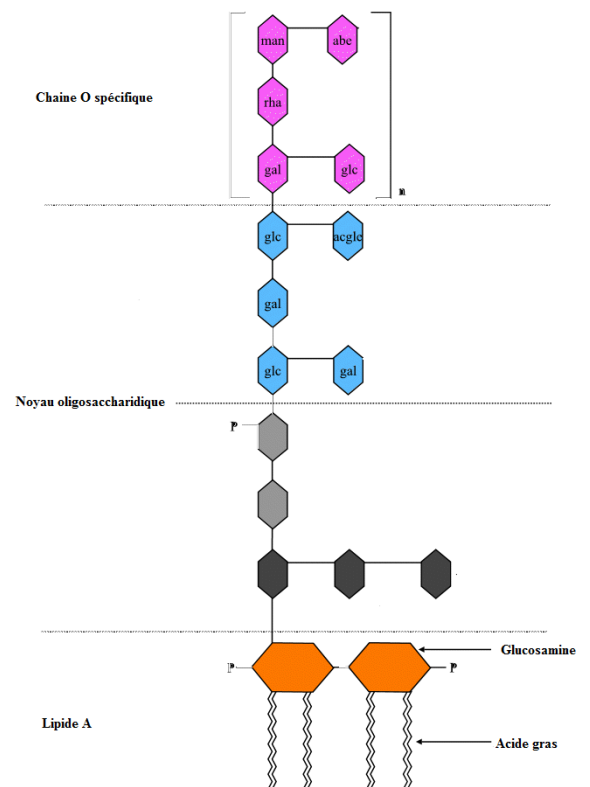
- **Propriétés :**

C'est le principe actif du LPS. Il est responsable du pouvoir immuno-virulent du LPS, à faible dose et des propriétés toxiques, à forte dose.

- **Noyau oligosaccharidique.**
- **Chaines polysidiques O spécifiques des souches S.**

2.3.3. Propriétés physico-chimiques :

- Thermostabilité.
- Résistance au traitement par le méthanol HCHO.



2.3.4. Propriétés immunologiques :

Le LPS induit la synthèse d'anticorps précipitant et agglutinant.

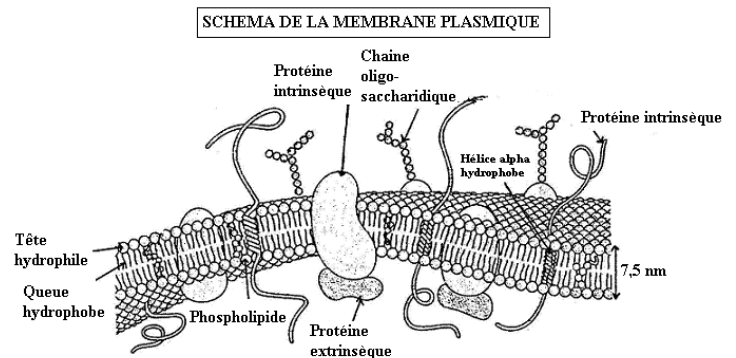
2.4. La membrane plasmique :

L'existence de cette membrane plasmique se déduit de différentes observations :

- Le phénomène de plasmolyse.
- L'observation au microscope électronique.
- La centrifugation différentielle.

2.4.1. Structure :

Elle forme un feuillet continu.
Elle est constituée d'une bicouche fluide de phospholipides dans laquelle sont incorporés des protéines globulaires. Les glucides sont associés aux protéines de surfaces (glycoprotéines) ou aux phospholipides (glycolipides). Cette structure est dynamique et conforme au modèle de la mosaïque fluide.



2.4.2. Composition chimique :

2.4.2.1. Les lipides :

Ce sont des molécules amphiphiles, c'est-à-dire :

- Une partie hydrophile.
- Une partie hydrophobe.

A cause de leurs propriétés, ils s'organisent spontanément en bicouche avec deux surfaces hydrophiles externes séparées par une zone centrale hydrophobe. Les lipides de la membrane plasmique sont essentiellement des phospholipides.

2.4.2.2. Les protéines :

On distingue deux classes de protéines :

- **Intrinsèques :**

Ce sont des protéines transmembranaires. Elles sont globalement hydrophobes et s'associent en un complexe stable avec les phospholipides. En effet, les régions les plus hydrophobes de la protéine sont au niveau de la couche hydrophobe lipidique, alors que la partie hydrophile est au contact de l'espace péri-plasmique ou du cytoplasme.

- **Extrinsèques :**

Riche en acide aminés hydrophiles et peuvent être soit péri-plasmique, soit cytoplasmique à proximité de la membrane.

2.4.3. Fonction de la membrane plasmique :

La membrane plasmique isole la bactérie du milieu extérieur tout en permettant les échanges avec celui-ci, elle a donc une perméabilité sélective. Ainsi, elle joue un rôle de barrière mais aussi de transport.

2.4.3.1. Rôle de barrière :

Elle s'oppose à la fuite, vers l'extérieur, de constituants libres dans la cellule. Elle s'oppose à l'entrée, vers l'intérieur, de constituants indésirables. Elle permet aussi l'entrée de molécules et de déchets.

2.4.3.2. Rôle de transport :

La bactérie puise dans le milieu extérieur, des substances nutritives et y rejette des produits devenu inutiles, ce qui permet de maintenir les conditions nécessaires à la vie de la cellule. Les protéines jouent un rôle essentiel dans cette fonction.

Les mécanismes de transports sont nombreux mais on distingue deux mécanismes principaux :

- **Passif :**
 - **Diffusion simple :**

Passage direct, au travers de la membrane, pour des molécules hydrophobes ou le dioxygène, et par l'intermédiaire d'un canal protéique pour les petites molécules hydrophiles.

Lorsque se sont des molécules d'eau qui diffusent au travers d'une membrane dont la perméabilité est sélective, on parle d'osmose.

- **Diffusion facilité :**

Un transporteur intervient pour les molécules hydrophiles.

- **Actif :**

Nécessite de l'énergie et s'effectue dans le sens inverse du gradient de concentration du composé. Pour cela, la présence d'une perméase est nécessaire. Les perméases correspondent à des ensembles de protéines situés dans la membrane cytoplasmique dans l'espace péri plasmique. Ces protéines ont une activité enzymatique. Elles reconnaissent des substrats spécifiques et les transportent. L'énergie nécessaire, vient de l'hydrolyse de la molécule d'ATP (transport actif primaire) ou du gradient d'ion à travers la membrane, couplé avec le transport du composé.

2.4.3.3. Autres fonctions :

Elle a un rôle :

- Dans la respiration et la production d'énergie.
- Dans la synthèse de la paroi et des lipides.
- Dans la division cellulaire.

2.5. Le cytoplasme :

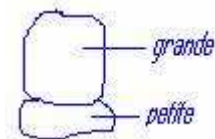
2.5.1. Le Hyaloplasme (ou le cytosol) :

Liquide	Cytoplasme homogène, fluide, clair, transparent.
pH	7 - 7,2
Pression osmotique	Elevée
Composition chimique	Eau, minéraux, acides aminés, nucléotides, lipides, protéines, ARN, composés métaboliques

2.5.2. Les Ribosomes :

Ce sont des particules sphériques, de 20nm de diamètre, présents en très grand nombre dans le cytoplasme bactérien. Les ribosomes sont répartis dans tout le cytoplasme mais ne sont pas accrochés aux chromosomes bactériens.

Ils sont constitués de deux sous-unités, qui sont chacun constitués de protéines et d'ARN ribosomiaux (ARNr).



Le ribosome assure la traduction des ARNm en protéine.

2.6. Les plasmides :

2.6.1. Définition :

Petite séquence circulaire de désoxyribonucléotides. Cette fraction d'ADN correspond à une structure hélicoïdale très enroulée. Sa présence dans la bactérie est indépendante de celle du chromosome bactérien. La localisation est cytoplasmique. Il porte des informations génétiques secondaires. Il a de nombreux rôles dans la vie de la bactérie et il est capable de répliquer autonome.

2.6.2. Réplication du plasmide :

- **Le plasmide est un réplicon :**

Molécule d'ADN ou une séquence de désoxyribonucléotides qui possèdent une origine de répliquer et qui est capable d'être répliquer.

- **Mécanismes de répliquer de l'ADN plasmidique :**

La répliquer de l'ADN plasmidique nécessite des enzymes.

- **Inhibition de la répliquer du plasmide et élimination des plasmides :**

Il existe divers traitements empêchant la répliquer du plasmide mais cela n'affectent pas la répliquer du chromosome bactérien ni la division bactérienne.

2.6.3. Transmission des plasmides :

Les plasmides peuvent être transmis d'une bactérie donatrice de matériel génétique à une bactérie réceptrice.

Le mécanisme de transfert peut être la transduction ou la conjugaison.

2.7. Appareil nucléaire :

- **Méthodes cytochimiques :**

- Hydrolyse préalable de l'ARN.
- Coloration de l'ADN.

- **Technique de microscopie électronique.**
- **Morphologie :**

Les régions nucléaires ont des aspects variables selon :

- L'espèce.
 - La phase de croissance.
 - L'état physiologique de la bactérie.
- **Organisation de l'appareil nucléaire :**

Les mécanismes de transfert génétique et la conjugaison bactérienne ont suggéré que le chromosome avait une structure circulaire.

Il est constitué d'un chromosome unique, continu et circulaire.

L'enroulement de l'ADN en nucléotides est en corrélation avec l'activité de l'appareil nucléaire.

2.8. Les pili :

Se sont des structures inconstantes externes pour les bactéries.

2.8.1. Pili communs :

Ils sont présents en grand nombre autour de la bactérie (100 à 200), très court (< 1 μm), rigide. Constitués par l'assemblage de sous unités de piline, ils participent au pourvoir pathogène des bactéries en leur permettant d'adhérer aux membranes des cellules et joue un rôle dans les propriétés d'Héماغلuttination.

2.8.2. Pili F :

Peu nombreux (1 à 4), un peu plus longs avec une extrémité arrondie, codés par des plasmides conjugatif (plasmide F) et sont synthétisés seulement par les bactéries mâles. Les bactéries capables de produire le pili sexuel sont des bactéries mâles à l'opposé des bactéries femelles. Ils interviennent dans la conjugaison bactérienne, dans la reconnaissance mâle/femelle. Des bactériophages spécifiques peuvent s'adsorber à l'extrémité de certains pili sexuel et injecter leur génome viral dans le canal du pilis.

2.9. Les flagelles :

On peut observer les flagelles au microscope optique mais il faut les épaissir par un mordant énergétique, puis dans une solution colloïdale qui se dispose sur le mordant et épaissit le diamètre des flagelles. La meilleure observation se fait sur un microscope électronique.

2.9.1. Description :

Les flagelles sont des éléments long (8 à 20µm), ils sont fins (10 à 25nm). Ils se fixent sous la membrane plasmique. Ils sont constitués par un assemblage de flagelline de forme hélicoïdale. Le nombre de flagelles varie de 1 à 30. Leur disposition autour de la bactérie varie selon le type de ciliature.

Les flagelles sont constitués :

- De filaments (flagelline).
- De crochet situé près de la surface de la cellule.
- D'anneaux qui encrent le flagelle au niveau de la bactérie.

2.9.2. Comportement :

Ils sont doués de chimiotactisme. Les bactéries ne se déplacent pas de manière désordonnées, mais en fonction du chimiotactisme positif, attiré par les nutriments ou en fonction du chimiotactisme négatif, répulsion par des agents microbiens.

L'activation de la mobilité peut être due à un épuisement en nutriment.

2.10 Les spores :

Elle est appelée endospore quand elle est à l'intérieur et exospore lorsqu'elle est libérée. Toutes bactéries ne peuvent pas sporulés.

Lors de la maturation, la pré-spore s'entoure de ces différentes enveloppes, c'est-à-dire :

- De la paroi.
- De la tunique.
- De l'exosporium.

La germination s'effectue suivant les étapes :

- **L'activation :**

Lors de ce stade, l'action d'un agent qui lèse les tuniques (de l'abrasion, destruction physique, un agent chimique acide ou la chaleur). Le plus souvent entre 60° et 70° C, il y a activation du processus de germination.

- **L'initiation :**

Il y a réhydratation de la spore (gonflement de celle-ci). Le cortex est solubilisé et détruit. Des enzymes hydrolytiques détruisent les autres enveloppes de la spore.

- **L'excroissance :**

C'est la phase active de la biosynthèse qui permet à la cellule végétative de reprendre ces processus métaboliques et de reprendre une vie normale.

Les spores sont un problème dans l'agro-alimentaire et dans le milieu hospitalier car elles résistent à la stérilisation classique.

Certaines spores sont pathogènes.