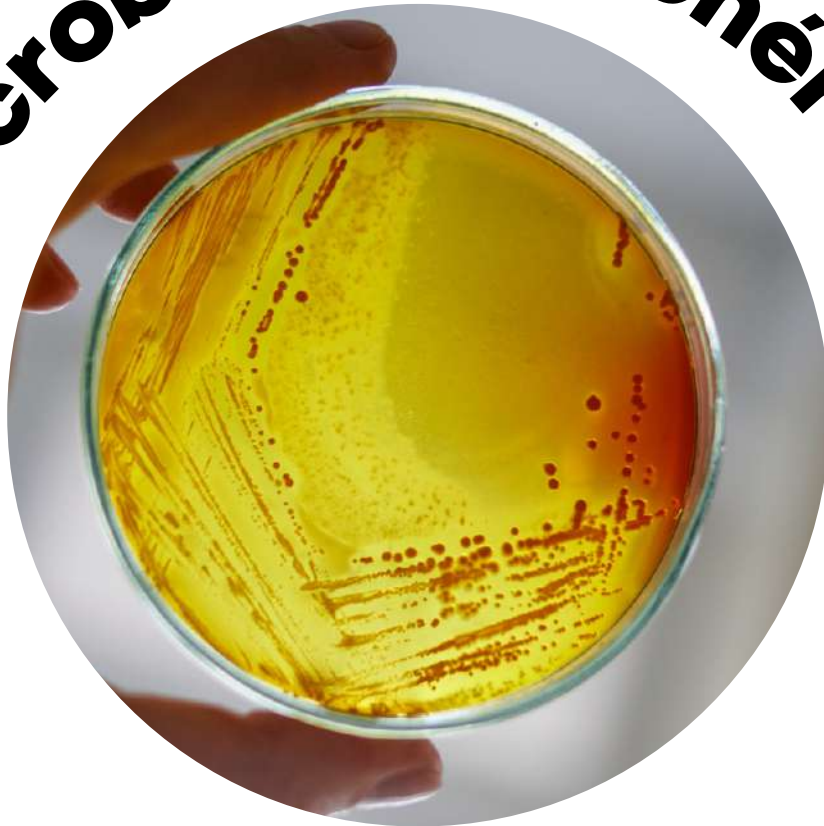


Microbiologie Générale



SCIENCES DE LA
VIE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](#) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

STRUCTURE BACTERIENNE

I. Introduction

Chez les bactéries, on distingue des structures obligatoires, présentes chez toutes les bactéries et des structures dont la présence est facultative et caractérisent certains groupes bactériens (figure 1).

Concernant les structures obligatoires, on trouve le **cytoplasme**, généralement constitué d'un hyaloplasme où baignent essentiellement des **ribosomes** et parfois des éléments supplémentaires comme les substances de réserve. Dans le cytoplasme, on trouve l'**appareil nucléaire** diffus non entouré par une membrane. La **membrane cytoplasmique** qui entoure le cytoplasme possède deux feuillets phospholipidiques contenant des protéines. Au dessus de la membrane cytoplasmique, on trouve la **paroi** (sauf chez les mycoplasmes) qui forme une enveloppe rigide.

Les structures facultatives, quant à elles, peuvent être des polymères de surface comme la **capsule**, des appendices comme les **flagelles** et les **pili** ou des structures génétiques comme les **plasmides** (molécules d'ADN extrachromosomiques). Les **endospores** caractérisent quelques genres bactériens (*Bacillus* et *Clostridium*); elles ne sont élaborées que lorsque les conditions de vie deviennent défavorables.

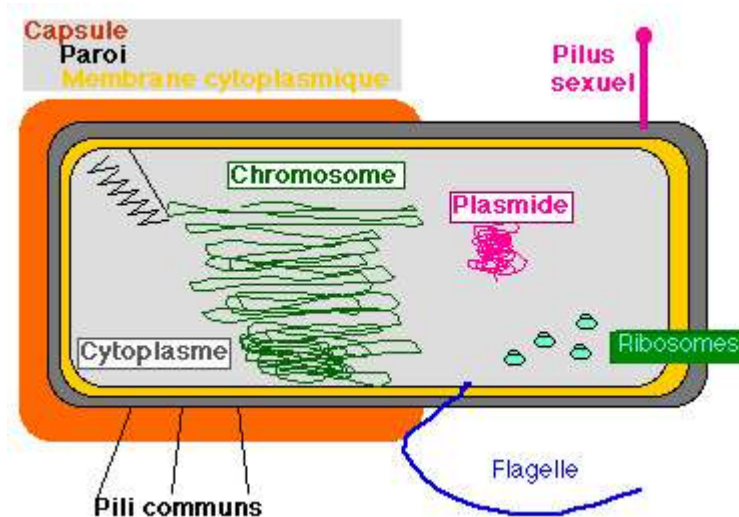


Figure 1 : Représentation schématique montrant les différentes structures bactériennes

II. Paroi

1. Historique

En 1884, un médecin danois, Christian **GRAM** a fait la distinction entre deux types de bactéries: **Gram⁺** et **Gram⁻**. Ceci a été possible après avoir coloré un frottis bactérien comme suit:

1. Coloration des bactéries par le violet de Gentiane
2. Addition d'une solution de lugol (solution iodo-iodurée, de mordantage)
3. Traitement par l'alcool ou un mélange alcool + acétone.

Après la troisième étape, certaines bactéries restent colorées en violet, elles sont dites **Gram⁺** ; d'autres se décolorent, elles sont dites **Gram⁻**.

Ceci montre donc qu'il existe des différences (de structure et/ou chimiques) entre ces deux types de bactéries.

Pour pouvoir bien observer les bactéries décolorées, on utilise la fuchsine après le traitement par l'alcool.

Les bactéries Gram⁺ gardent leur coloration violette alors que les Gram⁻ prennent une coloration rose-rouge (figure 2).



Figure 2 : Mélange de bactéries Gram⁺ (violette) et Gram⁻ (roses)

Par la suite, d'autres expériences ont permis d'élucider les différences entre Gram⁺ et Gram⁻ :

- Des bactéries G⁺ colorées en violet sont traitées par le lysozyme qui attaque le peptidoglycane de la paroi; ceci a pour résultat l'obtention de formes cellulaires dépourvues de paroi, appelées **protoplastes** (voir figure 3.A). *Pour éviter que les protoplastes éclatent, il faut travailler dans un milieu légèrement hypertonique (addition de saccharose)..*

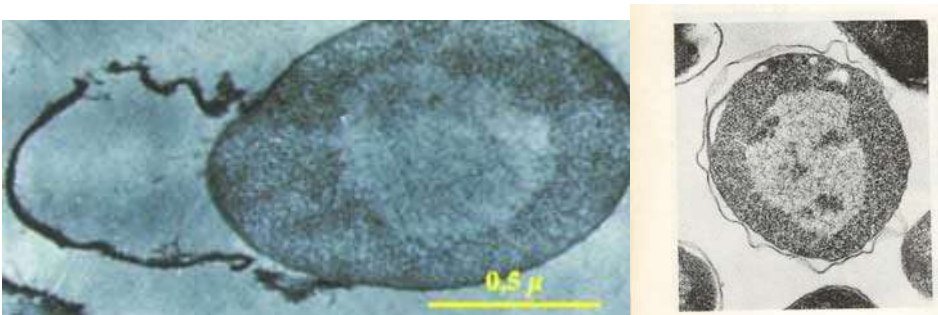


Figure 3 : A: Protoplaste

B: Sphéroplaste

Notez que les bactéries Gram⁻, traitées par le lysozyme, produisent des formes cellulaires qui gardent une partie de leur paroi; elles sont appelées sphéroplastes (figure 3.B)

Ces protoplastes gardent leur coloration violette ce qui montre que la coloration a lieu au niveau du cytoplasme.

- Quand on traite ces protoplastes par l'alcool, ils se décolorent; ceci prouve que c'est la paroi qui empêche les bactéries Gram⁺ de se décolorer. La paroi Gram⁻, par contre, est perméable à l'alcool.

Ces expériences montrent clairement que la différence de comportement des bactéries vis à vis de la coloration de Gram est due à des différences entre la paroi Gram⁺ et la paroi Gram⁻.

Plus tard, l'invention du microscope électronique et le développement des techniques d'analyse biochimiques ont permis de bien élucider les différences structurales et de composition chimique existant entre la paroi G⁺ et la paroi G⁻.

La paroi des bactéries Gram⁻ est riche en lipides (tableau 1), ce qui la rend perméable à l'alcool qui décolore le cytoplasme, alors que la paroi des Gram⁺ est imperméable à l'alcool et le cytoplasme reste coloré en violet.

Tableau 1 : Comparaison de la paroi Gram positif et Gram négatif.

	Paroi Gram⁺	Paroi Gram⁻
Épaisseur	20 à 80 nm	10 à 15 nm
Aspect en microscopie électronique	Une couche épaisse	Deux couches séparées par un espace clair
Membrane externe	-	+
Espace périplasmique	-	+
Muréine	Épais	Mince
Acides téichoïques	+++	-
Osamines	++	+
Acides aminés : - Nombre - Pourcentage	- 4 à 10 AA différents - 24 à 35 %	- 16 à 17 AA différents - 50 %
Lipides	1 à 2,5 %	10 à 22 %

2. Rôle de la paroi

Un bacille Gram⁺ traité par le lysozyme donne une forme cellulaire sphérique. Ceci montre que c'est la paroi qui confère la forme à la bactérie. Elle constitue, en effet, une enveloppe rigide qui évite aux bactéries de s'éclater malgré la forte pression osmotique qui règne à l'intérieur du cytoplasme. Elle constitue le squelette externe de la bactérie et représente environ 30 % du poids total de la bactérie.

Elle joue aussi un rôle déterminant dans la spécificité antigénique des bactéries (ex.: Antigène O de *Salmonella*)

3. Différentes formes bactériennes

La forme est très variable au sein du monde bactérien. On distingue généralement des formes sphériques (coques ou cocci), cylindriques (bacilles) et spiralées (voir figures ci-dessous). Certains bacilles peuvent être incurvés (*Vibrio cholerae*).

Les bactéries sont en général groupées entre elles selon des modes de groupement spécifiques. Chez les coques, on peut distinguer les diplocoques (paires), les streptocoques (chaînes), les staphylocoques (amas en forme de grappes de raisin) ou les tétrades (sarcines). Les bacilles se présentent soit en paires soit en chaînes (streptobacilles). Le mode de groupement est déterminé par le mode de division; il peut aider dans l'orientation de l'identification des bactéries.

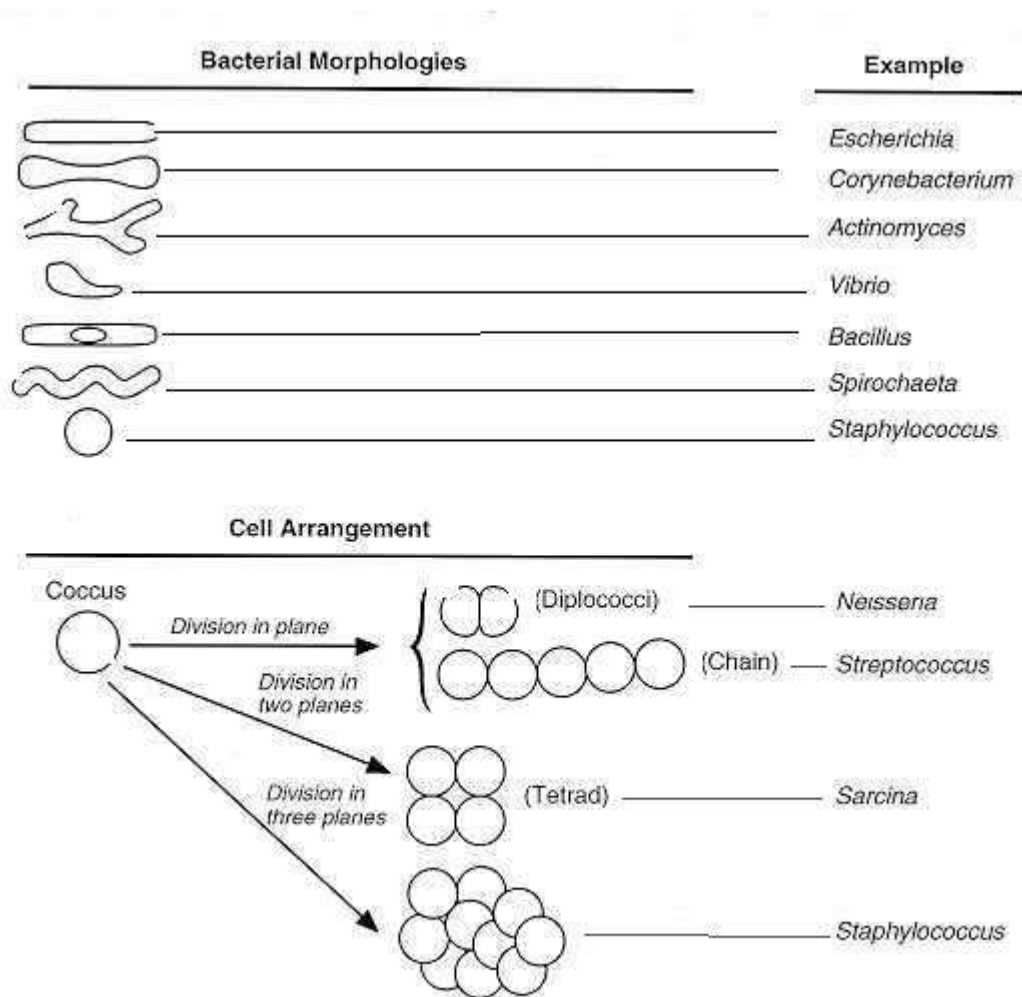


Figure 4 : Différentes formes et différents modes de groupement rencontrés chez la majorité des bactéries

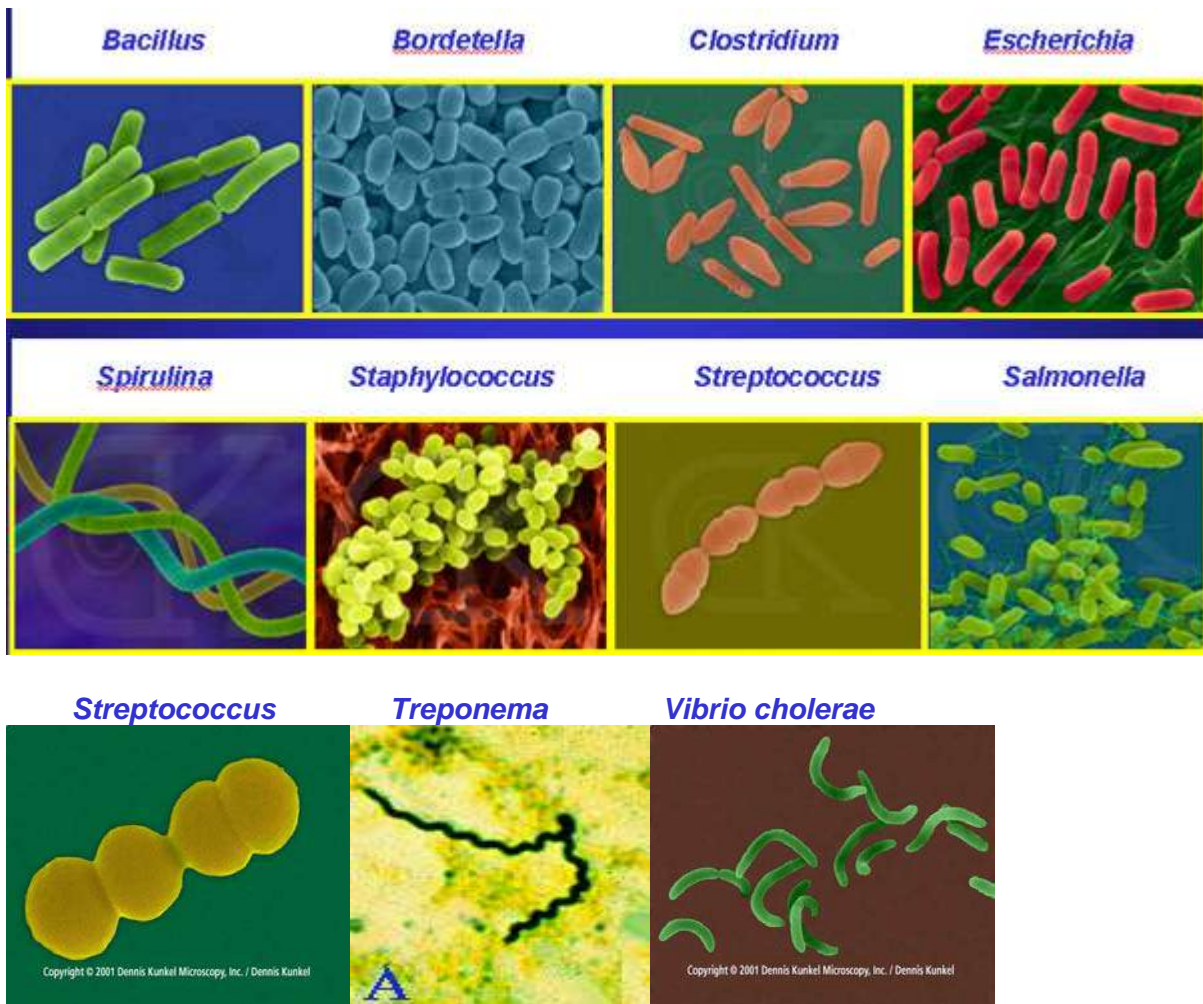
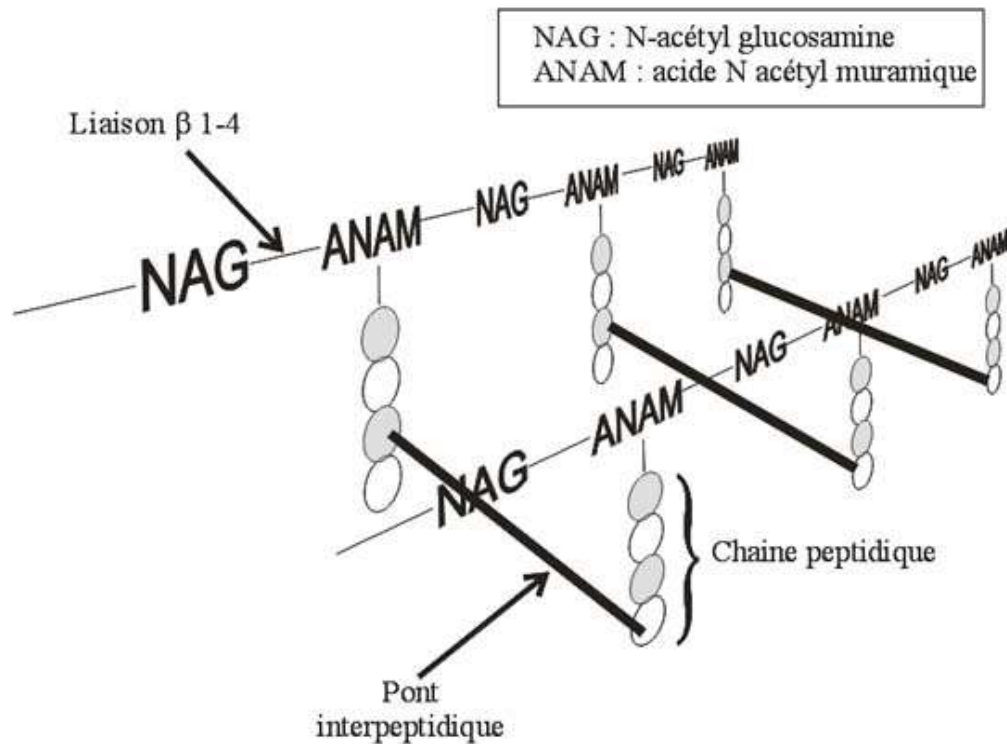


Figure 5 : Exemples de formes couramment rencontrées dans la nature
 (Notez que *Spirulina* est une algue)

4. Structure de la paroi

L'un des constituants essentiels qui caractérisent les parois bactériennes est la **muréine** (peptidoglycane ou mucopeptide) (figure 6). Il s'agit d'un hétéropolymère complexe formé de 3 éléments différents :

1. une structure composée d'une alternance de molécules de N-acétyl glucosamine et d'acide N-acétyl muramique ;
2. des chaînes latérales peptidiques, composées de 4 acides aminés et attachées à l'acide N-acétyl muramique ;
3. un ensemble de ponts inter-peptidiques.



Le peptidoglycane.

R.Moreda Lycée Lacroix Narbonne

Figure 6 : structure schématique du peptidoglycane

Dans le monde bactérien, on rencontre essentiellement deux types de paroi :

1- paroi épaisse et dense (figure 7):

Elle est constituée essentiellement de muréine, pouvant représenter jusqu'à 90 % des constituants de la paroi bactérienne, à laquelle sont associés des acides téichoïques. Cette structure caractérise la paroi des bactéries à Gram+ (figure 7).

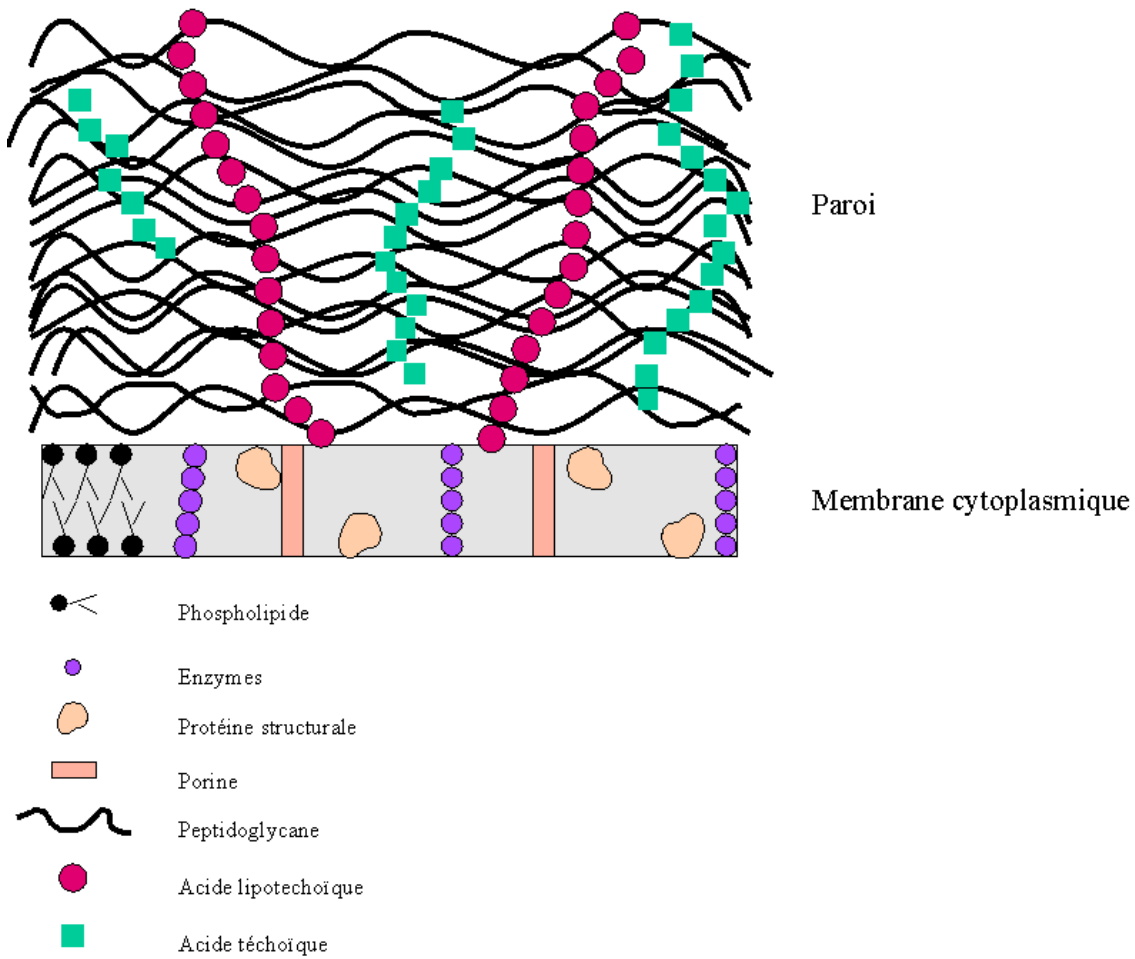


Figure 7.A : Schéma de la paroi des bactéries à Gram positif

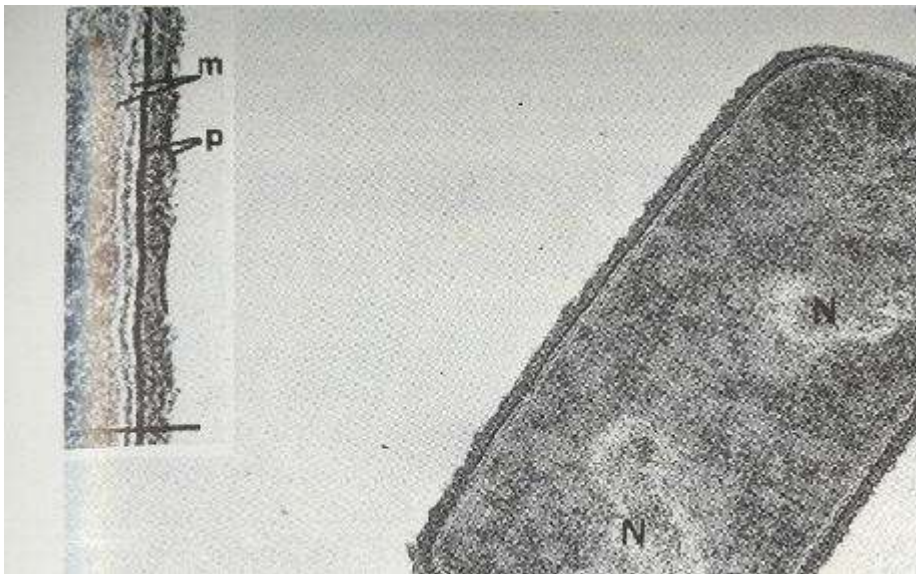


Figure 7.B : Paroi des bactéries à Gram positif vue au microscope électronique
(N: appareil nucléaire; p : paroi; m : membrane cytoplasmique)

2- paroi fine et lâche (figure 8):

Elle caractérise les bactéries à Gram négatif. Elle a une structure relativement complexe constituée d'une fine couche de mucopeptide à structure lâche (5 à 20 % des constituants de la paroi bactérienne) recouverte à l'extérieur d'une membrane externe. Cette paroi est séparée de la membrane cytoplasmique par un espace dit **espace périplasmique**.

La membrane externe est constituée de lipides (phospholipides et lipopolysaccharides) organisés en deux couches hydrophiles séparées par une couche hydrophobe. Dans l'épaisseur de cette membrane sont associées des protéines, qui peuvent être des **protéines de structure** ou des **porines** qui permettent le passage de petites molécules telles que les antibiotiques.

Les lipopolysaccharides les plus externes portent les **antigènes O** des bactéries et constituent l'**endotoxine** des bactéries.

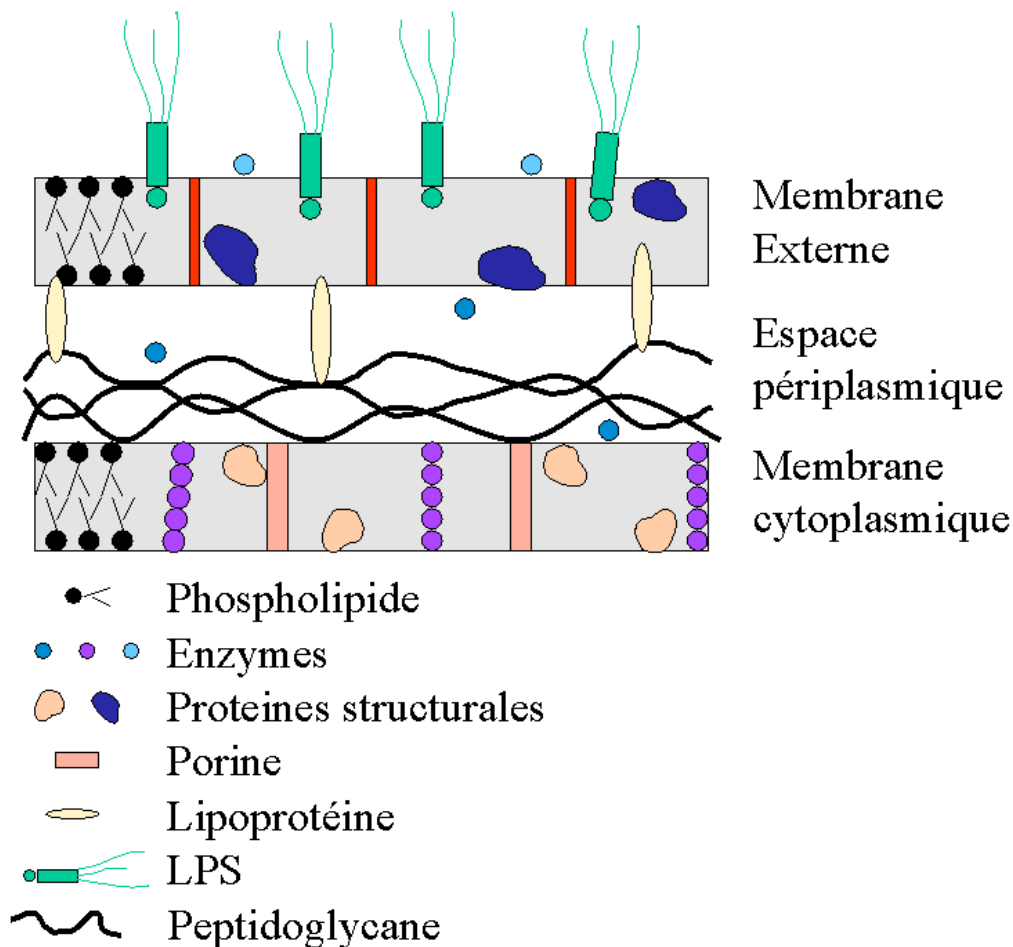


Figure 8.A : Schéma de la paroi des bactéries à Gram négatif



Figure 8.B : Paroi des bactéries à Gram négatif vue au microscope électronique (N: appareil nucléaire; em: membrane externe; im: membrane cytoplasmique; pg: peptidoglycane)

III. Flagelles

Les flagelles, encore appelés cils, sont des structures bactériennes facultatives. Ce sont des organes filamenteux, permettant la locomotion des bactéries. Chez les entérobactéries ils permettent une vitesse de déplacement de 10 à 20 micromètres par seconde; à l'échelle humaine, cette vitesse correspondrait à environ une soixantaine de km / h.

Ils sont longs d'une dizaine de μm et ont un diamètre qui varie entre 12 à 30 nanomètres. Ils sont composés de protéines (**flagellines**), d'un PM de 15 à 70 kDal. Leur nombre varie de 1 à 30 selon les espèces bactériennes. Ils sont souvent rencontrés chez les bacilles et rarement chez les coques.

Ils jouent un rôle important dans la spécificité antigénique des bactéries (antigènes H).

Vu leur faible épaisseur, pour pouvoir les observer au microscope photonique, on fait appel à des techniques de coloration spéciales qui permettent l'épaississement des flagelles (figure 9).



Figure 9 : Cellules flagellées de *Vibrio cholerae*

Les flagelles sont attachés dans le cytoplasme bactérien par une structure complexe (figure 10). Ils sont constitués de trois parties: un filament hélicoïdal, un crochet (hook) et un corpuscule basal avec deux ou quatre disques (ring).

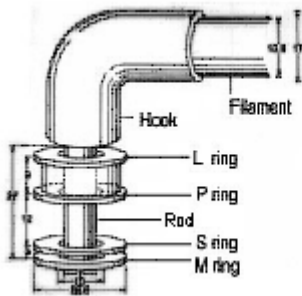
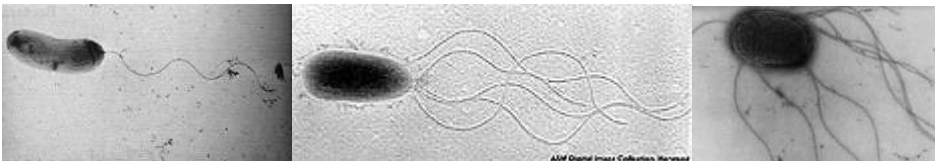


Figure 10 : Structure d'insertion du flagelle

Selon la disposition des flagelles (figure 11), on distingue les bactéries **monotriches** (un seul flagelle polaire), amphitriche (un flagelle à chaque pôle), **lophotriches** (une touffe de flagelles polaires) ou **péritriches** (flagelles répartis sur toute la surface de la bactérie). Les spirochètes possèdent un flagelle interne appelé filament axial (figure 12).



Ciliature monotriche Ciliature lophotriche Ciliature péritriche

Figure 11 : Différents systèmes ciliaires bactériens

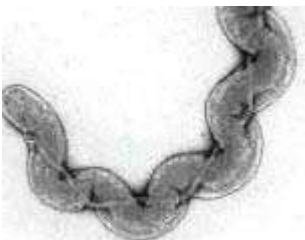


Figure 12 : Leptospire avec flagelle interne.

IV. Pili

Il s'agit d'appendices de surface plus fins que les flagelles que l'on trouve fréquemment chez les bactéries à Gram négatif et rarement chez les bactéries à Gram positif.

On en distingue deux types :

- **Les pili communs** (ou fimbriae):

Courts et cassants, très nombreux (parfois quelques centaines par bactérie), de 2 à 3 μm de long, disposés régulièrement à la surface de la bactérie (figure 13). Ils

jouent un rôle dans **l'agglutination** des bactéries et leur **attachement aux muqueuses** par exemple.

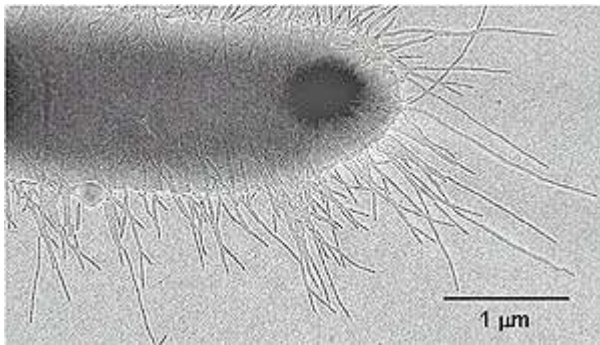


Figure 13 : Pili communs chez *Escherichia coli*

- Les pili sexuels :

Plus longs que les pili communs (jusqu'à 20 µm) mais en nombre plus restreint (1 à 4). Ils sont codés par des gènes plasmidiques (le prototype = facteur F). Ils existent uniquement chez les bactéries mâles (donatrices). Ils jouent un rôle essentiel dans l'attachement des bactéries entre elles au cours de la conjugaison (figure 14). Ils peuvent aussi servir de support de fixation pour certains bactériophages.



Figure 14 : Bactéries en conjugaison, liées par un pilus sexuel

V. Capsule

C'est un constituant facultatif rencontré chez certaines espèces bactériennes (ex.: *Streptococcus pneumoniae*, *Klebsiella pneumoniae*). Il s'agit de la formation la plus superficielle. Sa mise en évidence s'effectue par coloration négative (encre de Chine par exemple); la capsule apparaît alors en clair sur fond noir (figure 15). On peut aussi l'observer après la coloration de Gram (figure 16).

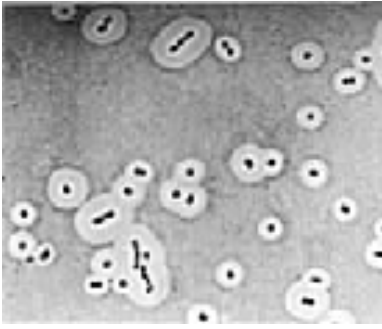


Figure 15 : Streptocoques avec capsule (coloration à l'encre de Chine)



Figure 16 : Coques capsulées (coloration de Gram)

La capsule est généralement de nature **polysaccharidique** et rarement polypeptidique (ex.: chez *Bacillus anthracis*).

Les bactéries capsulées, après développement sur milieu gélosé, donnent des colonies lisses (appelées "S" pour "Smooth") ou muqueuses, alors que les bactéries non capsulées donnent des colonies rugueuses (dites "R" pour "Rough"); il s'agit dans ce dernier cas de bactéries ayant perdu la capacité de synthèse de la capsule suite à une mutation.

La capsule joue un rôle important non seulement dans l'attachement des bactéries mais aussi dans leur **virulence** en les protégeant contre la phagocytose. Les cellules non capsulées sont **avirulentes**.

La capsule est antigénique, les antigènes capsulaires sont dénommés **antigène K**. Leur étude permet la distinction de plusieurs sérotypes au sein de la même espèce bactériennes.

VI. Endospores

Les bactéries appartenant à certains genres, notamment les genres *Bacillus* et *Clostridium*, placées dans des conditions défavorables de survie, (lorsque leur milieu s'épuise, par exemple), forment des **endospores** ; on parle alors de **sporulation**. La spore est donc une forme de résistance aux conditions défavorables de vie, avec conservation de toutes les aptitudes génétiquement déterminées. Durant la sporulation, la

cellule végétative subit une déshydratation progressive du cytoplasme, par l'apparition de certains composés (dipicolinate de calcium), une densification des structures nucléaires et enfin la synthèse d'une paroi sporale épaisse, imperméable, et donc hautement résistante (figure 17). Elle est douée d'une résistance à la chaleur, à la dessiccation et aux radiations et est imperméable à plusieurs agents chimiques.

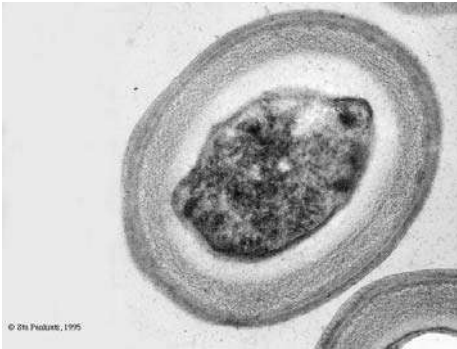


Figure 17 : Endospore avec ses enveloppes protectrices, observée au microscope électronique

Replacée dans des conditions favorables, la spore **germe** et redonne une cellule végétative identique à celle qui lui a donné naissance.

La spore contient, sous forme condensée, le génome et une partie du cytoplasme déshydraté autour d'une enveloppe très résistante. La spore intracellulaire est libérée dans le milieu extérieur et y survit des années. Elle peut résister pendant longtemps voire des milliers d'années (certaines espèces de *Bacillus*).

Le processus de sporulation débute à la fin de la phase de croissance exponentielle et il se déroule en plusieurs étapes (figure 18):

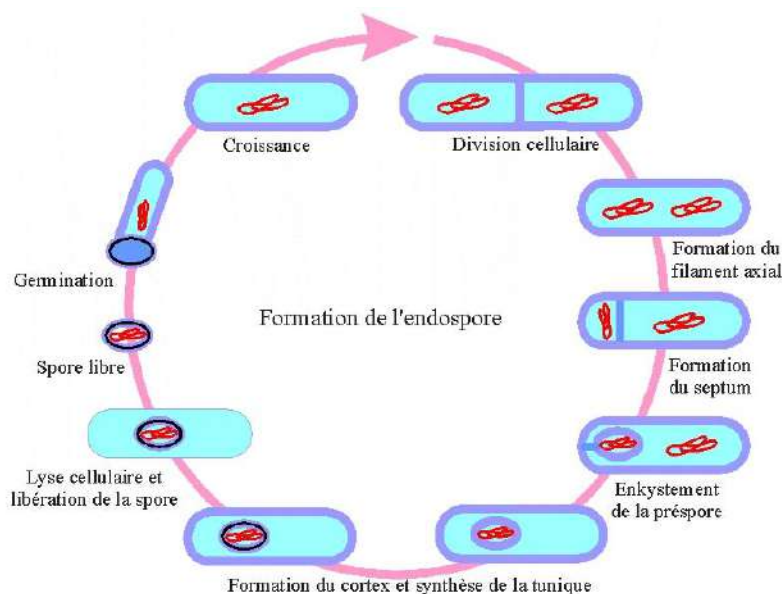
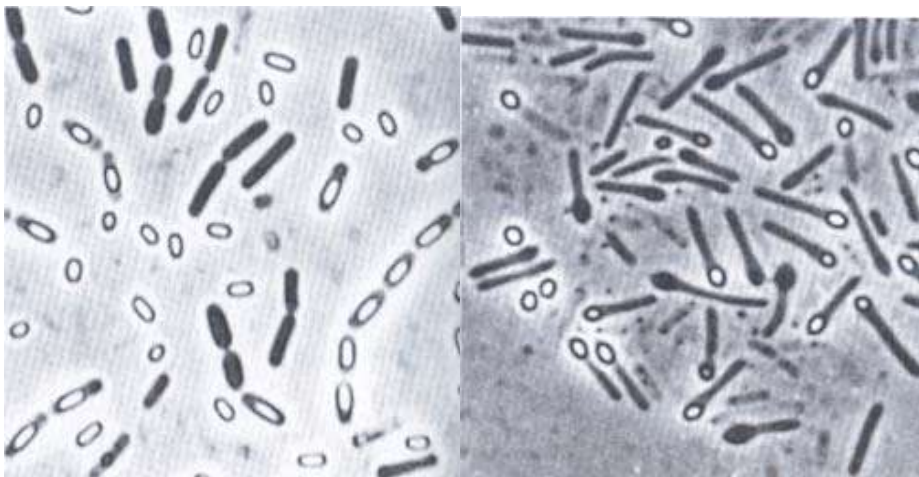


Figure 18 : Représentation schématique de la formation de la spore

- stade I : dit du **filament axial** caractérisé par la présence d'un matériel nucléaire qui s'étend sur toute la longueur de la cellule et qui correspond à 2 génomes.
- stade II, les deux génomes se séparent et en même temps la membrane cytoplasmique s'invagine près d'un pôle de la cellule pour former un **septum** de sporulation qui partage la cellule en deux parties inégales.
- stade III : le septum de sporulation va envelopper le cytoplasme de la plus petite partie pour former une **présore**.
- stade IV : la **paroi sporale** se forme entre les deux membranes limitant la présore, puis apparaît le **cortex**.
- stades V et VI : les **tuniques** sont élaborées et, après maturation, la cellule mère se lyse et libère la spore mature.

La forme et la situation de la spore dans la cellule sont caractéristiques de l'espèce. Elle permet l'orientation de l'identification des bactéries sporulantes. Elle peut être sphérique ou ovale, centrale, terminale ou subterminale, déformante (diamètre > diamètre de la bactérie) ou non déformante (figure 19).



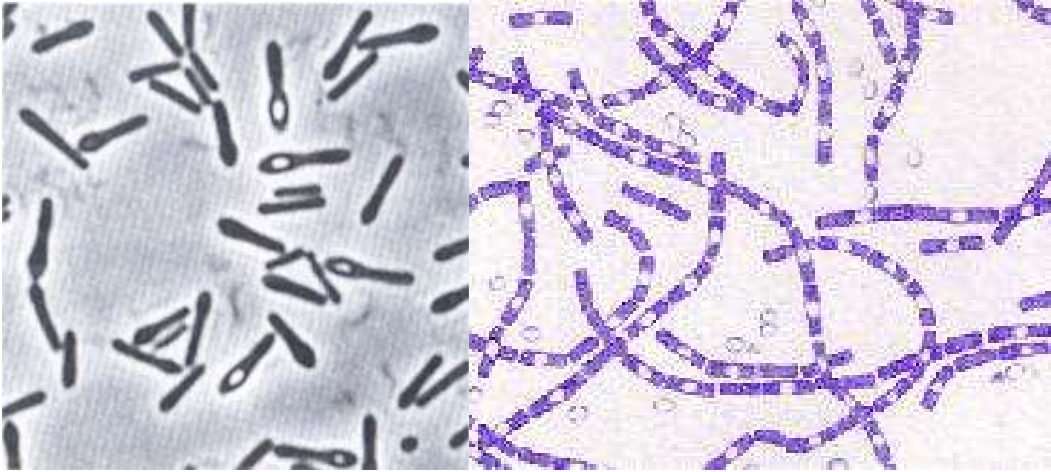
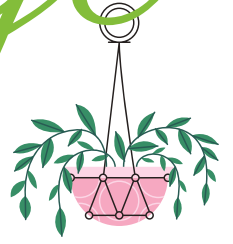


Figure 19 : Différentes situations de la spore

Sauf exception (*Clostridium disporicum*), on ne trouve qu'**une seule spore par cellule**.

Les spores peuvent être la cause de certaines contaminations d'origine tellurique (tétanos par exemple) ou de toxi-infections (botulisme).

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

