

UNIVERSITE D'ALGER I Benyoucef Benkhedda
FACULTE DE MEDECINE ZIANIA

COURS DE PREMIERE ANNEE DE MEDECINE DENTAIRE

CHAPITRE 1:
ORGANISATION GÉNÉRALE DE LA CELLULE

Conçu par
D^r Benzine-Challam H.

Année : 2022/2023

2. Caractéristiques de la cellule procaryote

Cas de la cellule bactérienne

Objectifs spécifiques

Objectif 1 : Définition de la cellule procaryote

Objectif 2: Spécificités morpho fonctionnelles: forme, dimensions , mode d'association

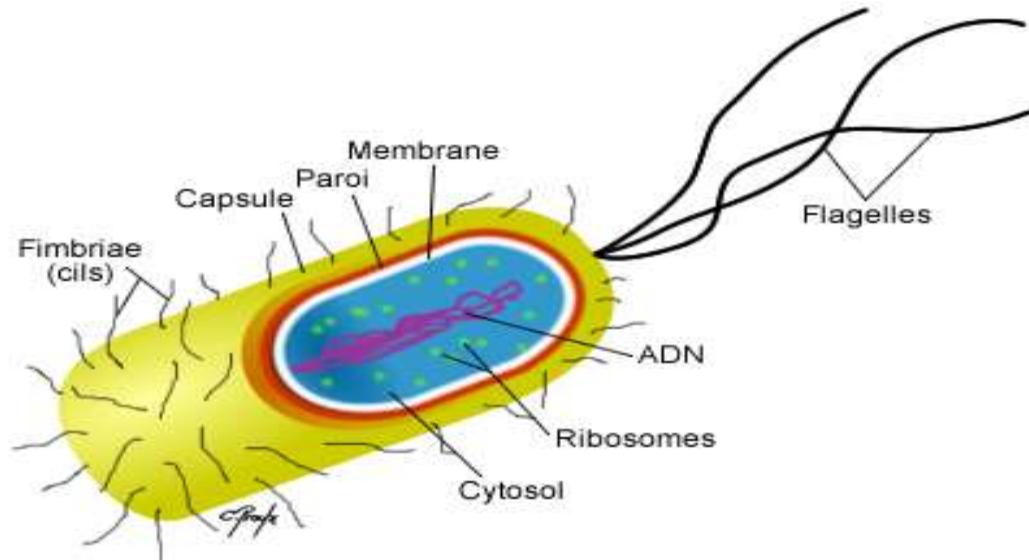
Objectif 3: Décrire les composants ultrastructuraux essentiels

Objectif 4: Mode de reproduction

Objectif 1 : Définition de la cellule procaryote: Cas de la BACTERIE

Définition :

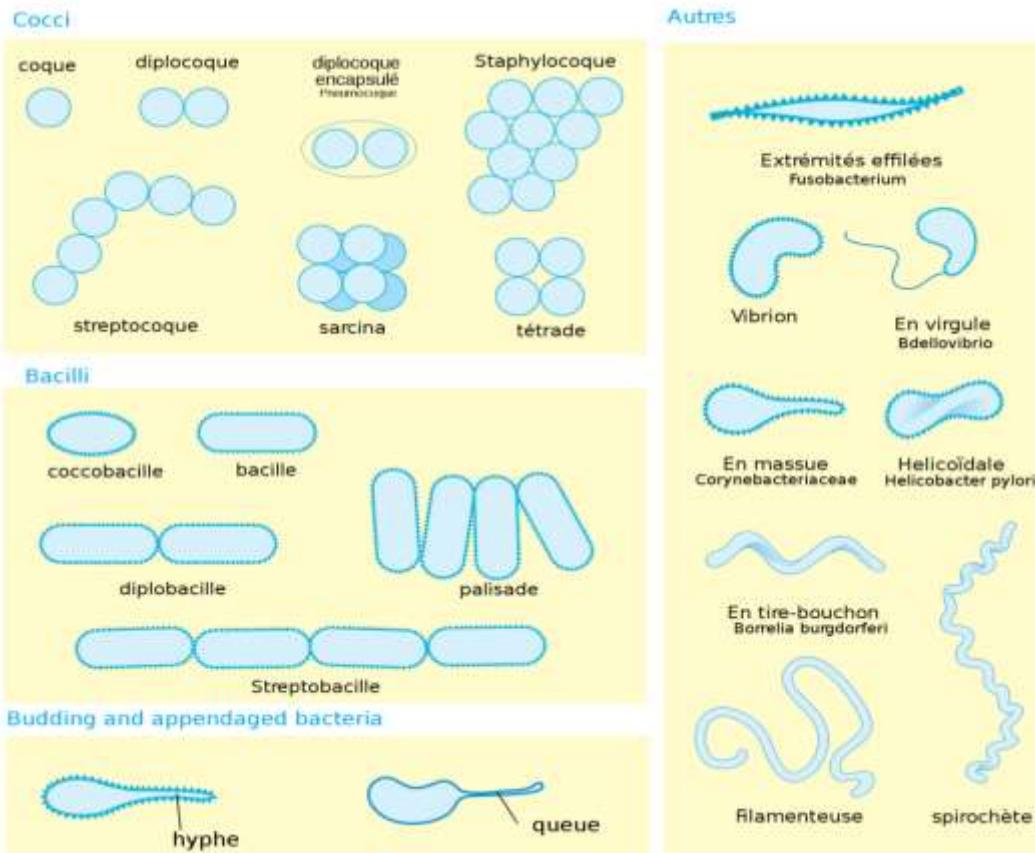
Un organisme procaryote tel qu'une bactérie désigne un être vivant unicellulaire (microorganisme) dépourvu de vrai noyau. Le matériel génétique (ADN) dit nucléoïde est libre dans le hyaloplasme non limité par une membrane nucléaire.



Représentation schématique de la cellule bactérienne..

Les bactéries étant microscopiques, elles ne sont donc visibles qu'avec un microscope. Antoine Van Leeuwenhoek fut le premier à observer des bactéries, grâce à un microscope de sa fabrication, en 1676.

Objectif 2: Spécificités morpho fonctionnelles: forme, dimensions et mode d'associations



MORPHOLOGIE

Les bactéries se présentent sous différentes formes:

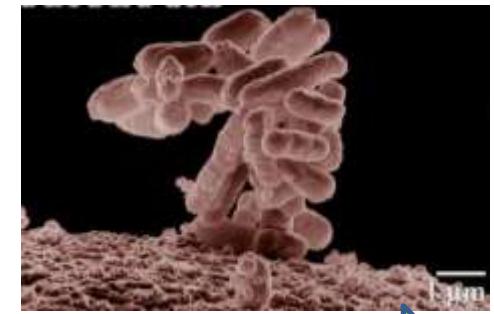
- **Bacille** = bâtonnet
 - **Cocci** = sphérique
 - **Spirille** = ondulée..
 - **Filamentaire**
 - autres formes
- (voir Figure 1/2).

DIMENSIONS

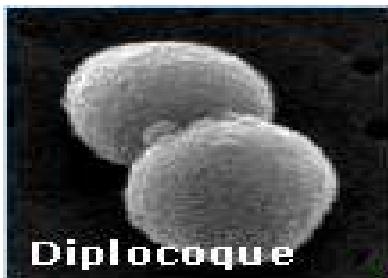
1 à 10 μ en moyenne (non visualisable à l'œil nu)

Aspects morphologiques de quelques espèces bactériennes
(voir Fig. 1 /2 de louvrage)..

Objectif 2: Spécificités morpho fonctionnelles: forme, dimensions et mode d'associations



Bacille: forme allongée, isolée ou associée

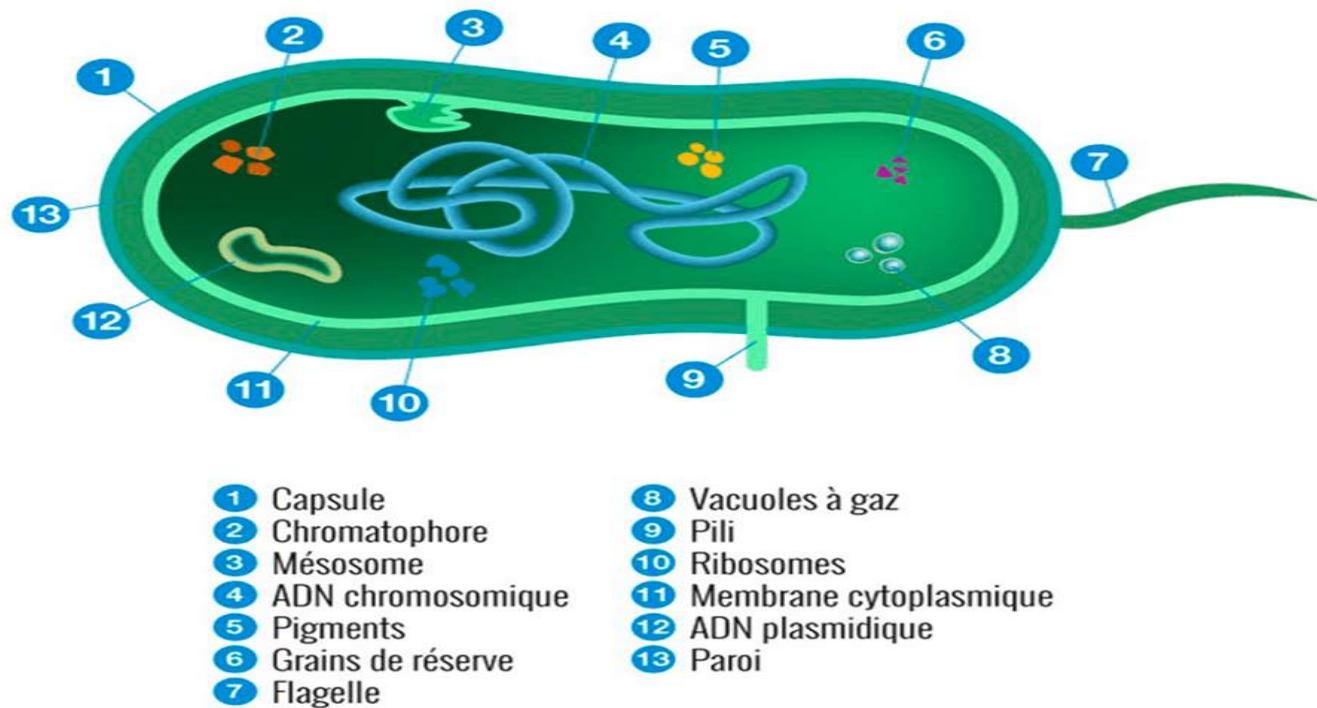


Cocci : forme arrondie, isolée, en amas ou en chainette

Deux formes prédominent : forme **bacille** (*E. coli*, Clostridium) et la forme **cocci** (Staphylococcus, Streptococcus... voir Figure 1/2).

Objectif 3 : Décrire les composants ultrastructuraux essentiels et facultatifs

Observées au microscope électronique les bactéries apparaissent composées de **structures obligatoires, constantes, essentielles, permanentes, communes à toutes les espèces et de structures inconstantes ou facultatives présentes selon les espèces.**



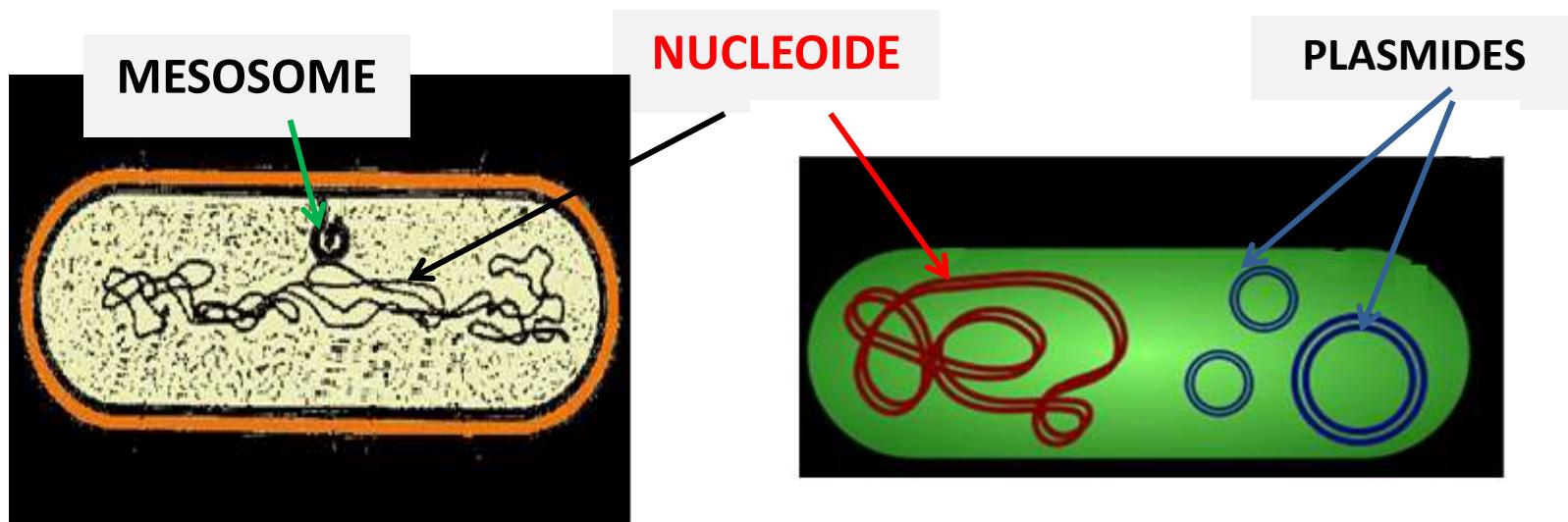
Représentation schématique ultrastructurale
de la cellule bactérienne (voir Figure 1/3)

Objectif 3: Décrire les **composants** ultrastructuraux

COMPOSANTS OBLIGATOIRES	COMPOSANTS FACULTATIFS
PAROI	FLAGELLE(S)
MEMBRANE PLASMIQUE	PILIS
NUCLEOIDE (CHROMOSOME BACTERIEN)	CAPSULE
RIBOSOMES	PLASMIDE (S)
CYTOPLASME	MESOSOME INCLUSIONS CYTOPLASMIQUES (réserves métaboliques, vacuoles à gaz, chromatophores..)

Objectif 3 : Décrire les composants ultrastructuraux essentiels : le matériel nucléaire

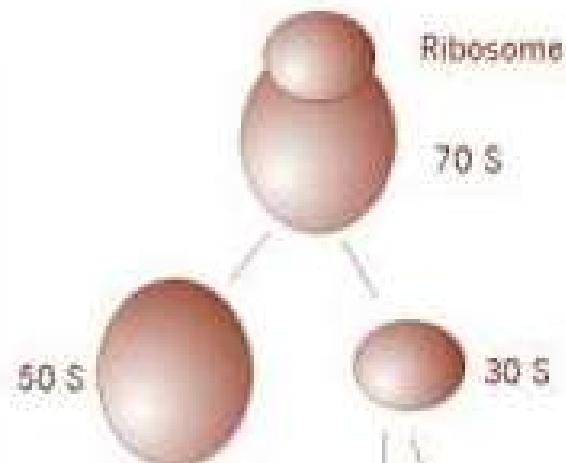
Le **nucléoïde** est souvent formé d'une **molécule d'ADN bicaténaire combinée à des protéines, circulaire** (fermée) et de longueur moyenne de $1\mu\text{m}$ en moyenne (*E. coli* : $1.4\ \mu\text{m}$). Chez l'homme l'ADN mesure près de $2\ \text{m}$ avec 6.4 milliards de nucléotides. Il est **libre dans le cytoplasme** et peut se relier à la membrane plasmique par le **mésosome**. Il constitue le génome bactérien assurant les **fonctions génétiques** et **la division cellulaire**.



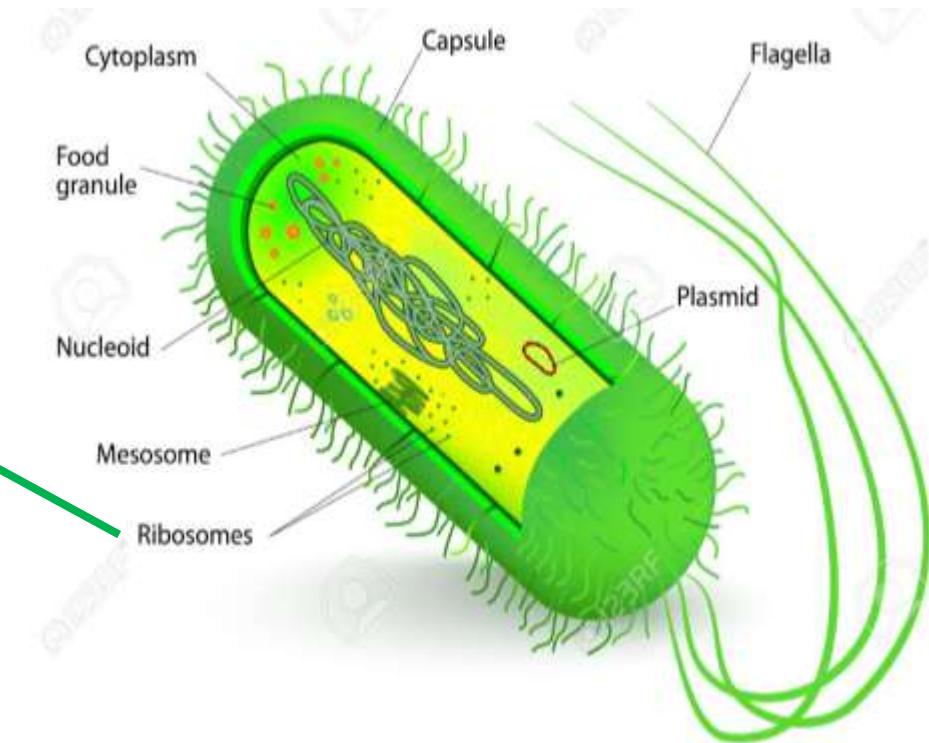
Le matériel nucléaire bactérien (voir Fig. 1/3).

Objectif 3 : Décrire les composants ultrastructuraux essentiels : les ribosomes

Les **ribosomes** bactériens contiennent deux sous-unités: grande S/U de 50 s et la petite S/U de 30S. Chacune est composée d'un assemblage complexe de protéines ribosomales et d'ARNr. Ce sont des particules particulièrement dynamiques dans le processus de protéosynthèse; Ex: un **ribosome** de la **bactérie** *Escherichia coli* synthétise en moyenne un polypeptide de 100 acides aminés en 5 secondes à 37°C.



Petite S/U (30S) et grande S/U (50S)
ribosomales d'une Bactérie.

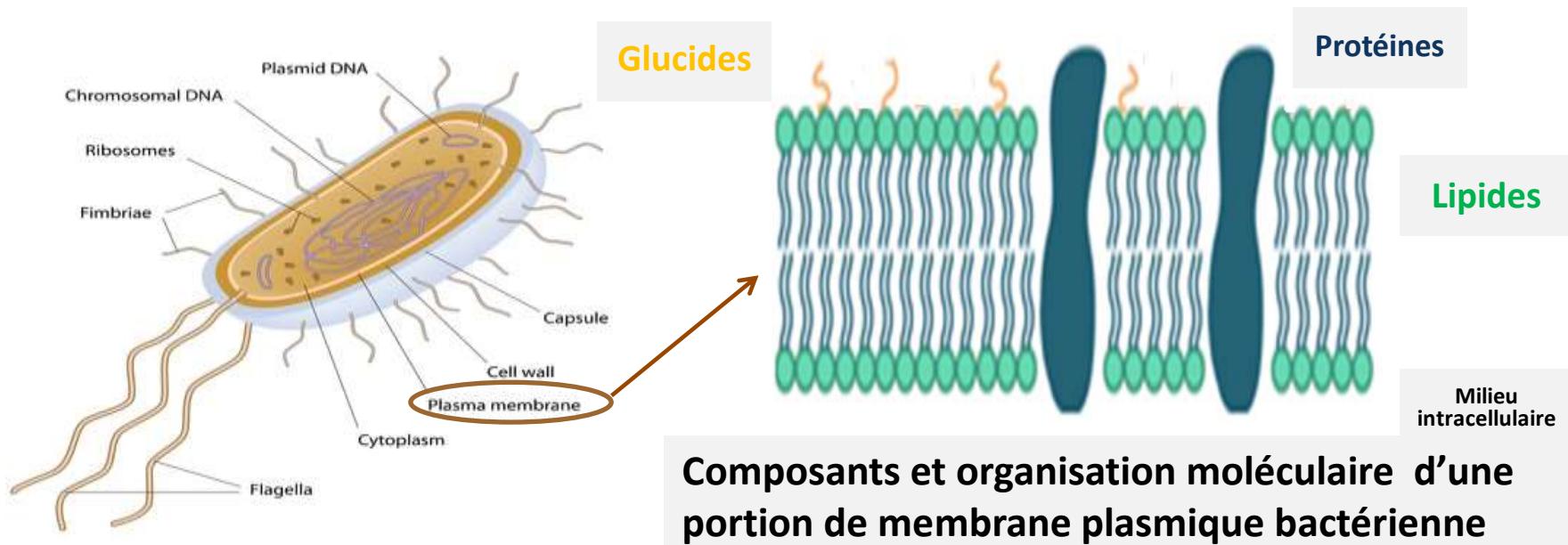


Objectif 3 : Décrire les composants ultrastructuraux essentiels : la membrane plasmique.

La membrane plasmique (mb pl) **entoure le cytoplasme** et représente la **limite avec le milieu extérieur (matrice extracellulaire)**. Elle est composée de **60 à 70 % de protéines** et de **30 à 40 % de lipides et de quelques glucides**. Elle diffère de la membrane plasmique des Eucaryotes essentiellement par **l'absence de cholestérol et la pauvreté de glucides**.

L'ensemble de ces molécules est organisé selon le **modèle en mosaïque fluide de Singer & Nicholson (1972)**: voir chapitre membrane plasmique.

La mb pl régule les **échanges nutritifs** entre le cytoplasme et le milieu extracellulaire lui permettant de plus de maintenir un milieu interne dans un état constant. Elle contient des molécules réceptives qui permettent de détecter et répondre aux substances chimiques de l'environnement. Elle constitue également un **site d'action de certains antibiotiques**.



Objectif 3: Décrire les composants ultrastructuraux essentiels : la paroi

La paroi bactérienne (parietis = mur) est une enveloppe rigide plus ou moins épaisse localisée au dessus de la membrane plasmique et limite extérieurement les bactéries.

Elle est un véritable **exosquelette** qui lui confère sa **forme**, contrôle les échanges avec le milieu extérieur, lui permet de **résister à la forte pression osmotique interne** et la **protège contre les substances toxiques ; une bactérie sans paroi meurt**.

Elle présente des constituants qui contribuent aux **pouvoirs pathogènes**. Elle est le **site d'action des antibiotiques**.

La paroi est notamment formée d'un polymère : le peptidoglycane. La distinction entre **bactéries Gram positif** et bactéries **Gram négatif** repose sur une différence de composition: la paroi des bactéries **Gram positif est riche en acide teichoïque, absent chez les bactéries à Gram négatif, lesquelles ont une paroi plus riche en lipides et relativement moins épaisses (10 à 20 nm)**. Cette propriété est mise à profit dans la coloration de Gram.

Objectif 3: Décrire les composants ultrastructuraux essentiels : la paroi

La **coloration de Gram** doit son nom au bactériologue Danois **Hans Christian Gram** qui a mis au point le protocole en **1884**. C'est une technique de coloration qui permet de diviser les bactéries en deux grandes catégories, **Gram positif** et **Gram négatif**.

Objectifs de la technique:

- mettre en évidence la **composition chimique de la paroi bactérienne** et donner une information rapide sur le **type de bactéries** présentes dans un produit ou un milieu
- **classer les bactéries** afin de déterminer leur résistance et leur sensibilité aux antibiotiques. En effet certains antibiotiques n'agissent que sur les bactéries à Gram positif, d'autres que sur les bactéries à Gram négatif. Exemple: les pénicillines inhibent la dernière étape de la synthèse du peptidoglycane, cette synthèse étant inhibée, des mécanismes de lyse cellulaire (bactériennes) se déclenchent.

Principe de la technique:

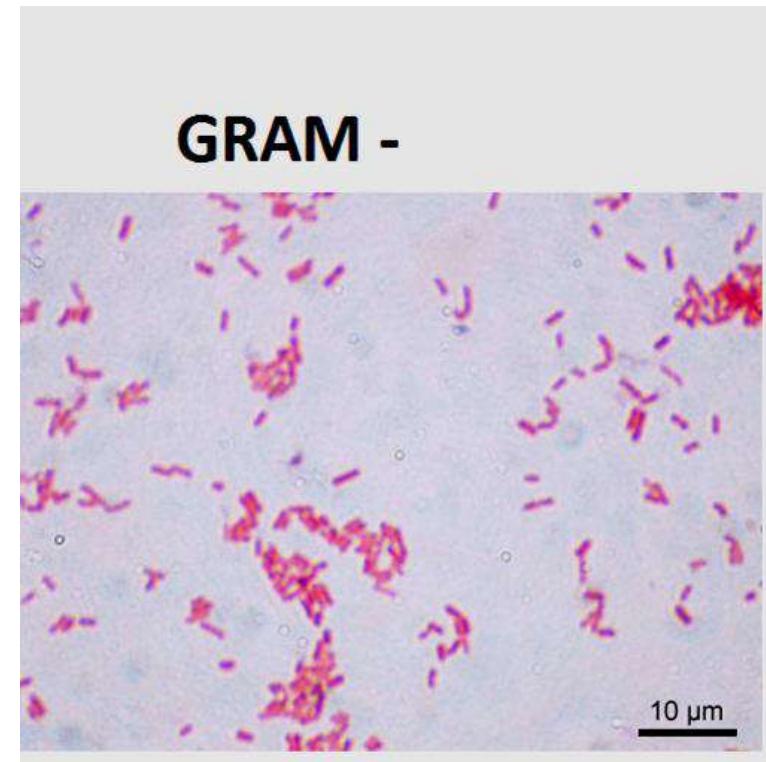
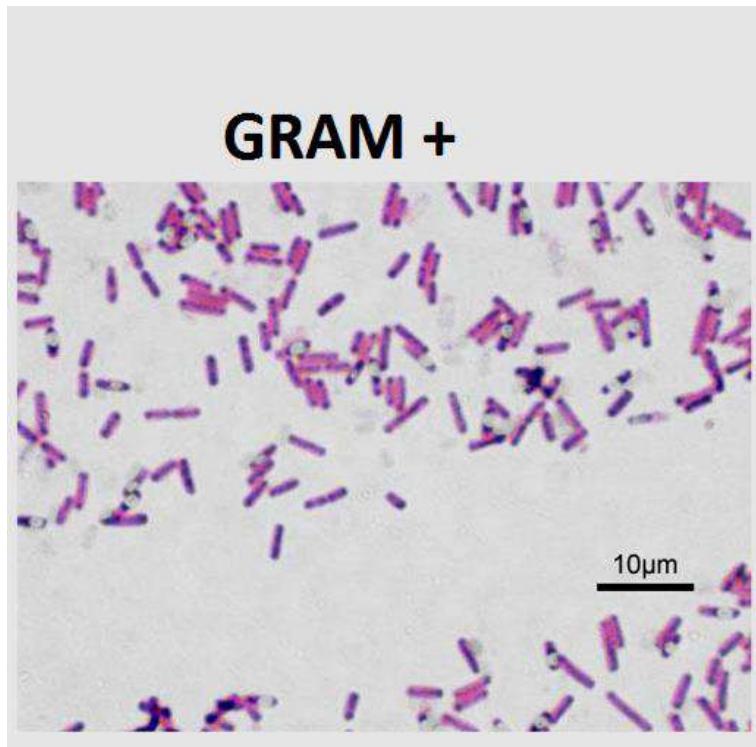
Elle est fondée sur l'action successive d'un colorant, le cristal violet d'iode puis d'un mélange d'alcool et d'acétone. Cette méthode de coloration repose sur une différence fondamentale entre la composition chimique des parois des bactéries à Gram positif et à Gram négatif. Les étapes comprennent:

- .une coloration en violet du contenu de la bactérie
- .une fixation par le lugol des structures interne
- .une décoloration du cytoplasme des bactéries ayant une paroi pauvre en peptidoglycane qui laisse passer l'alcool pour éliminer le violet = **bactérie à Gram négatif**. Les alcools aliphatiques provoquent une fluidification des membranes
- .une contre-coloration par la safranine teintant en rose les bactéries précédemment décolorées. Les **bactéries à Gram positif** restent **colorées en violet** (pas de passage à travers la couche de peptidoglycane)

Remarque:

Ne pas retenir les étapes de cette technique

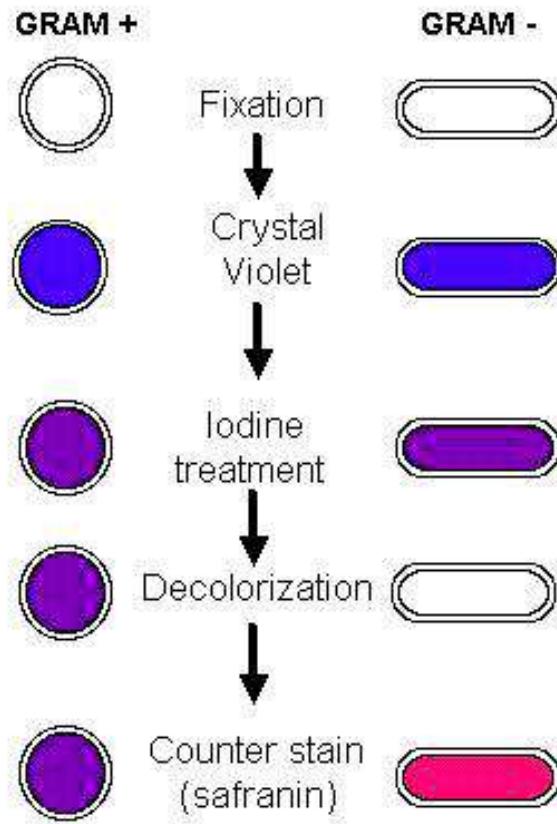
Objectif 3: Décrire les composants ultrastructuraux essentiels : la paroi



Aspects en microscopie photonique des bactéries après coloration de Gram (Fig. 1/5)

Deux types de bactéries ont été identifiés en microscopie photonique par Hans Christian Gram, 1884 : **GRAM⁺** (coloration violette) et **GRAM⁻** (coloration rose).

Objectif 3: Décrire les composants ultrastructuraux essentiels : la paroi



+ Alcool

Procédé de la coloration de Gram

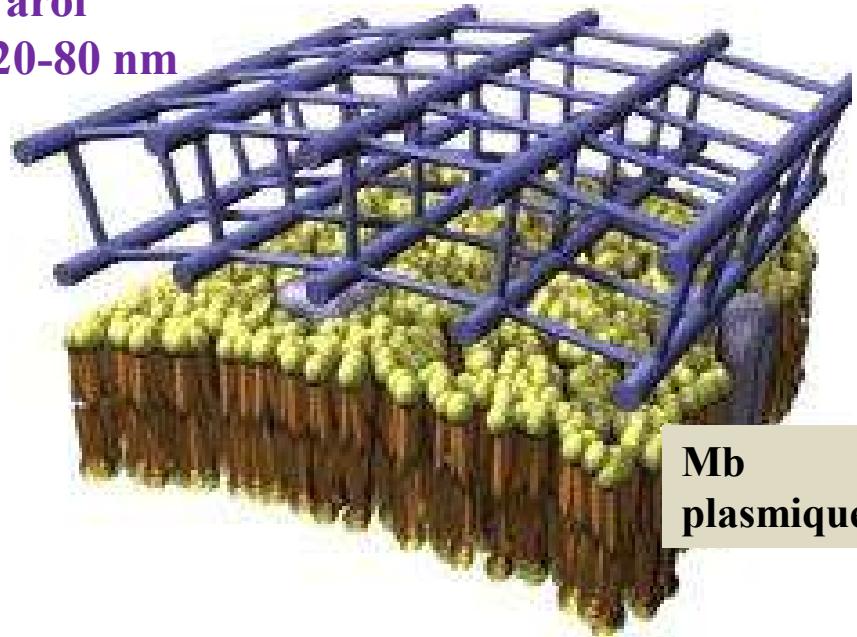
Objectif 3: Décrire les composants ultrastructuraux essentiels : la paroi

Gram +:

Bacillus anthracis

Paroi

20-80 nm

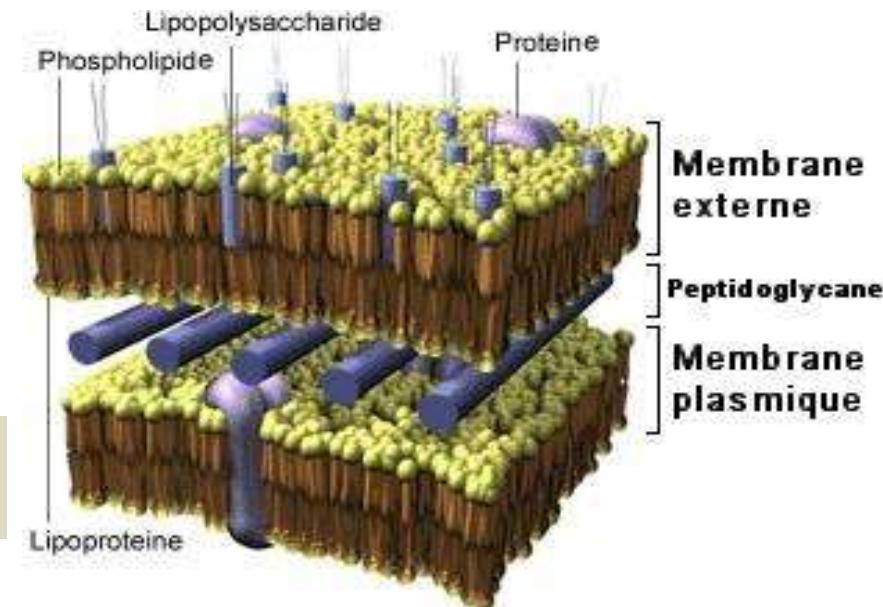


Gram -:

Escherichia coli

Paroi

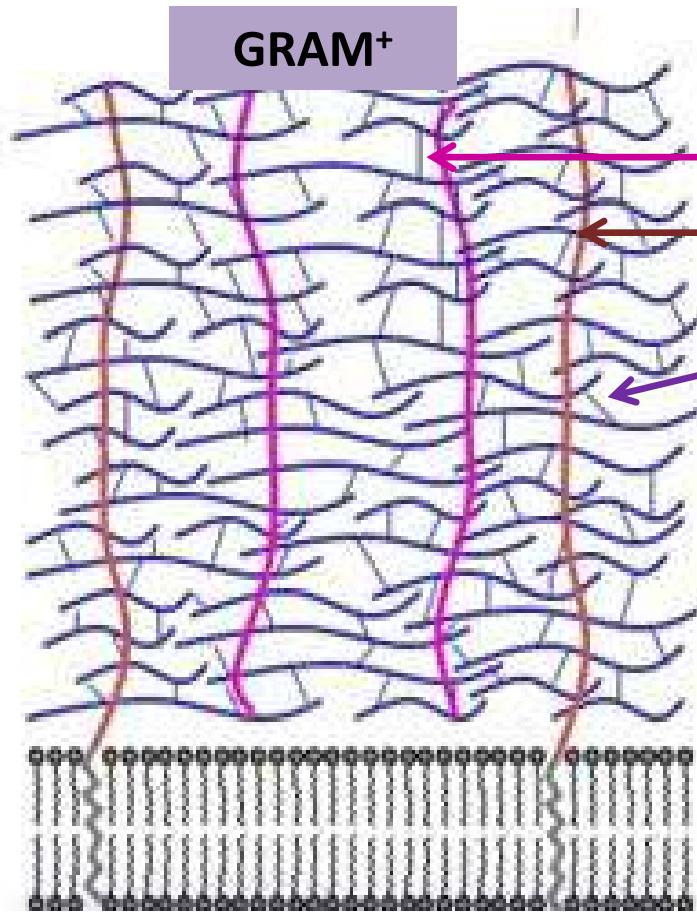
10-20 nm



Représentation tridimensionnelle des parois Gram+ et Gram-.

Objectif 3: Décrire les composants ultrastructuraux essentiels : la paroi

Mureine ou couche de peptidoglycane épaisse



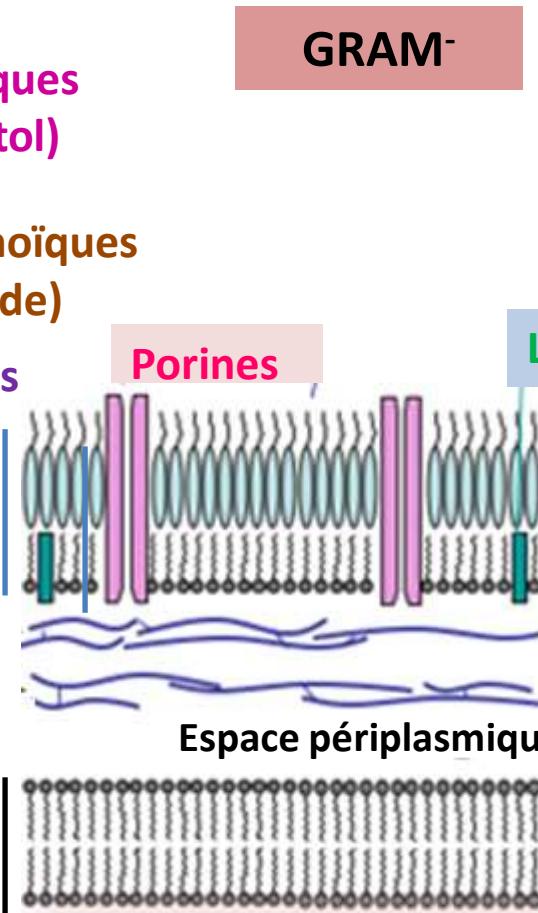
GRAM⁺

Acides teichoïques
(glycerol + ribitol)

Acides lipoteichoïques
(lipide diglycéride)

Peptidoglycane

Membrane externe



GRAM⁻

Porines

LPS

Espace périplasmique

Membrane Plasmique ou interne

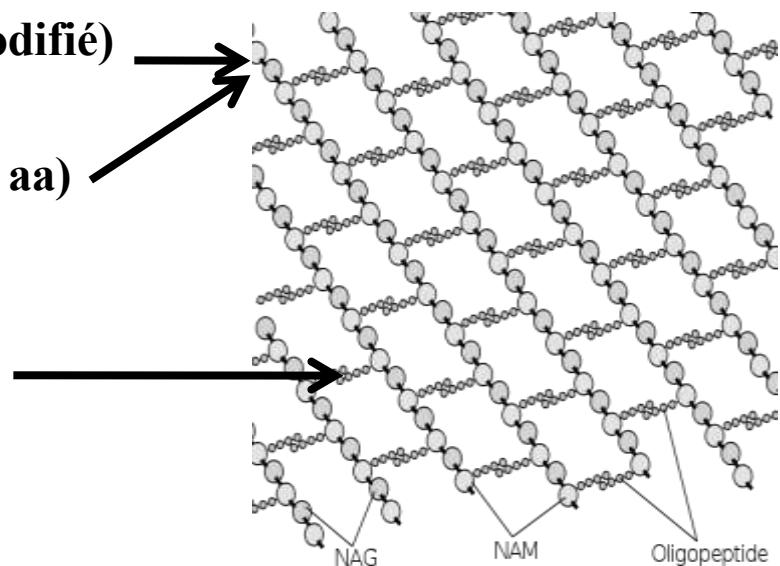
Composition chimique et organisation moléculaire de la paroi des bactéries GRAM⁺ et GRAM⁻

Objectif 3: Décrire les composants ultrastructuraux essentiels : la paroi

NAG = N acetyl glucosamine (monosaccharide modifié)

NAM = N acetyl muramique (sucre lié à NAG et aa)

Oligopeptide = succession d'acides aminés
(alanine, glycine, lysine)

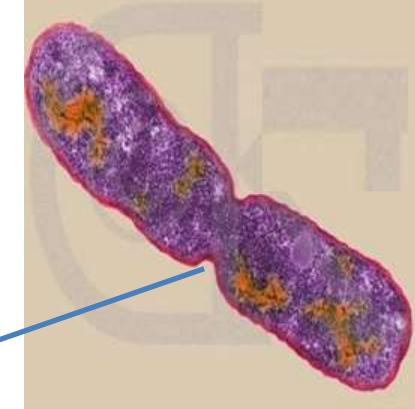
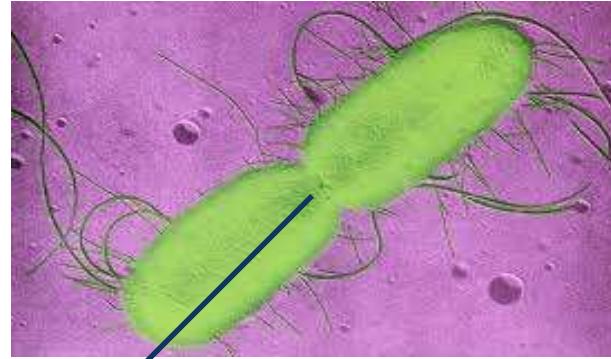
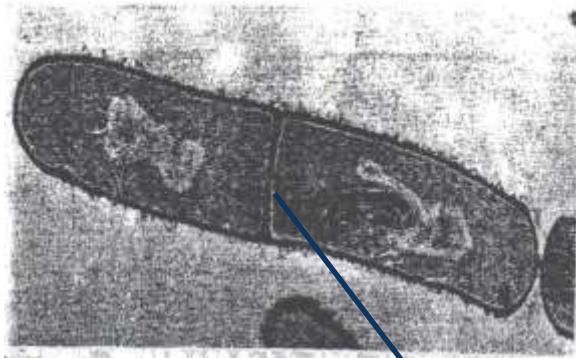


Architecture moléculaire des peptidoglycans
(hétéropolymères)

Objectif 3: Décrire les composants ultrastructuraux essentiels : la paroi

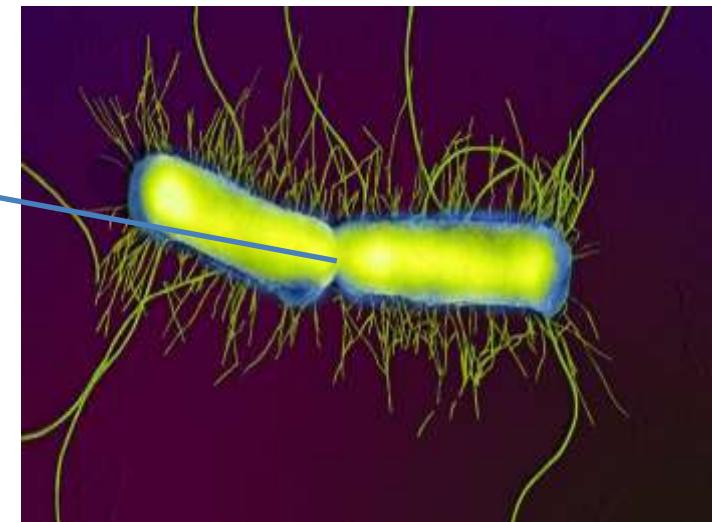
L'espace périplasmique développé chez les bactéries Gram⁻ renferme de nombreuses protéines assurant le transport des nutriments ou des enzymes impliquées dans la digestion des nutriments ou encore dans la résistance aux antibiotiques .

Objectif 4: Mode de reproduction par scissiparité ou étranglement cellulaire.



Septum

Micrographies électroniques de bactéries lors de la formation du septum (début de scissiparité).



Objectif 4 : Mode de reproduction par scissiparité ou étranglement cellulaire.

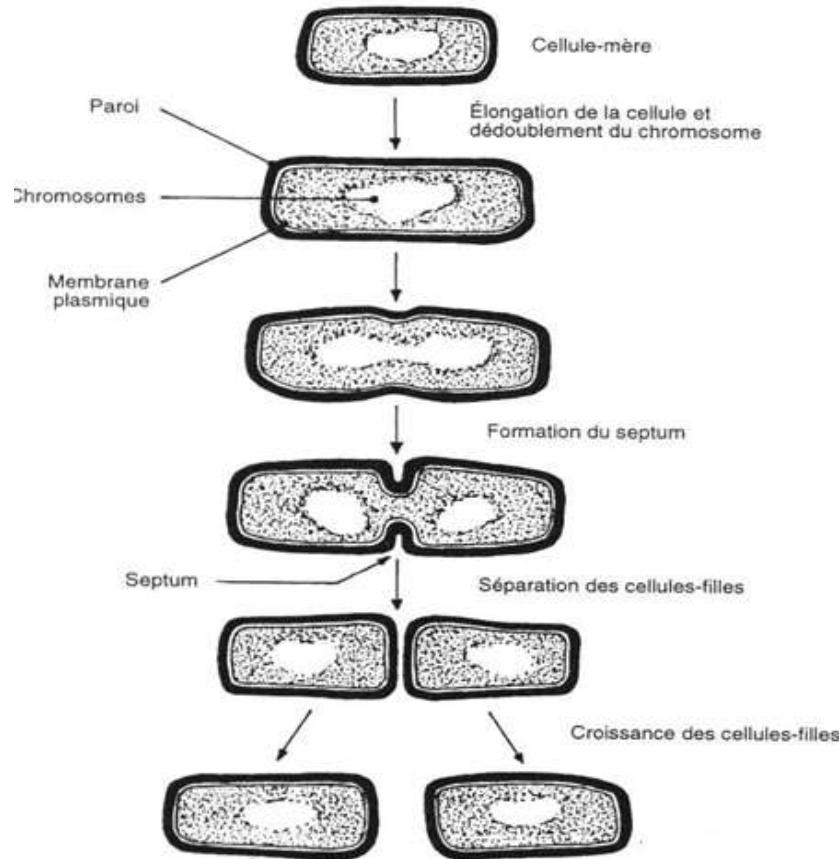
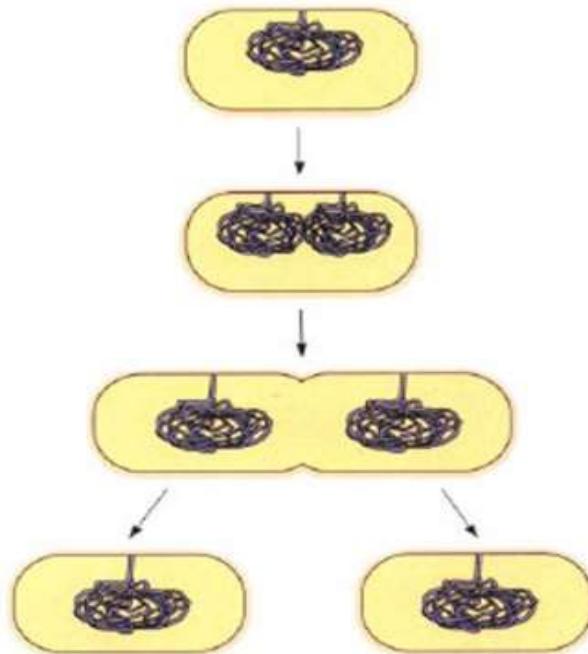


Figure 1 / 4 : Mode de division par scissiparité

Objectif 4: Mode de reproduction par scissiparité ou étranglement cellulaire.

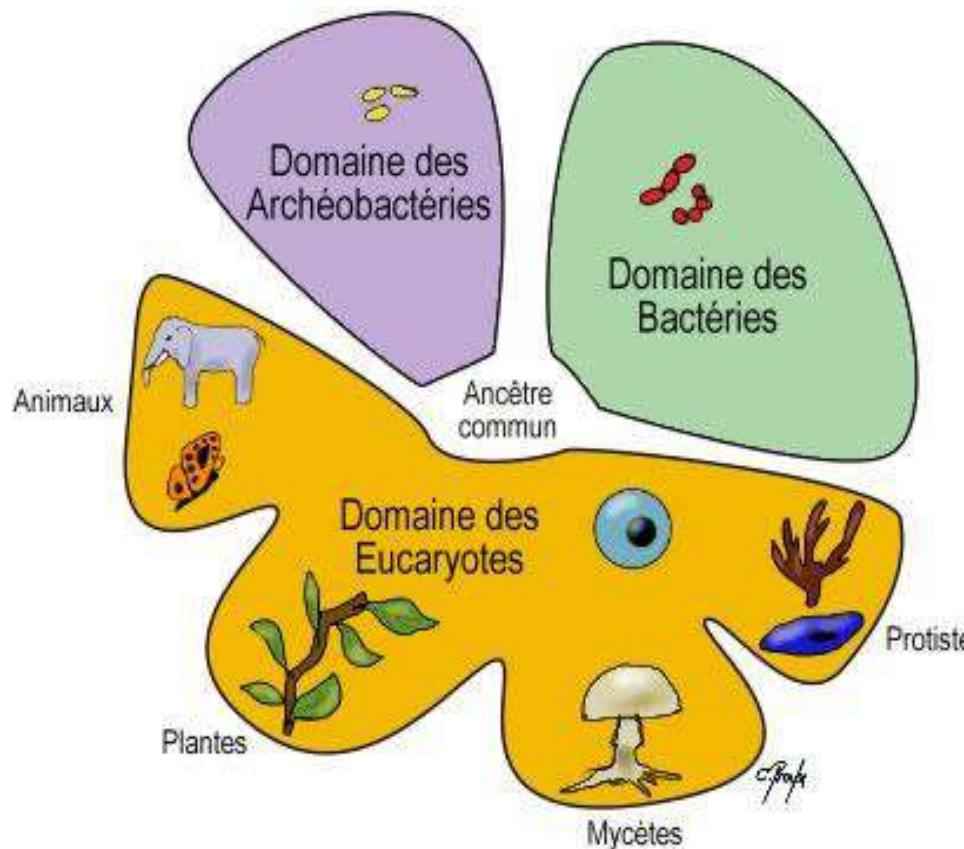


Micrographie et aspect schématique
du mécanisme de la scissiparité
(voir Fig. 1 /4)

- L'unique molécule d'ADN circulaire se réplique (se double), de nouvelles molécules de la paroi et de la membrane plasmique sont synthétisées et les constituants cytoplasmiques voient leur stock doublé.
- La bactérie s'allonge et se divise en deux par suite d'une invagination de la membrane plasmique et de la paroi formant un septum avec répartition des constituants dans chacune des bactéries filles.
- Séparation des 2 bactéries filles

ADDITIF

Les Archéobactéries ?

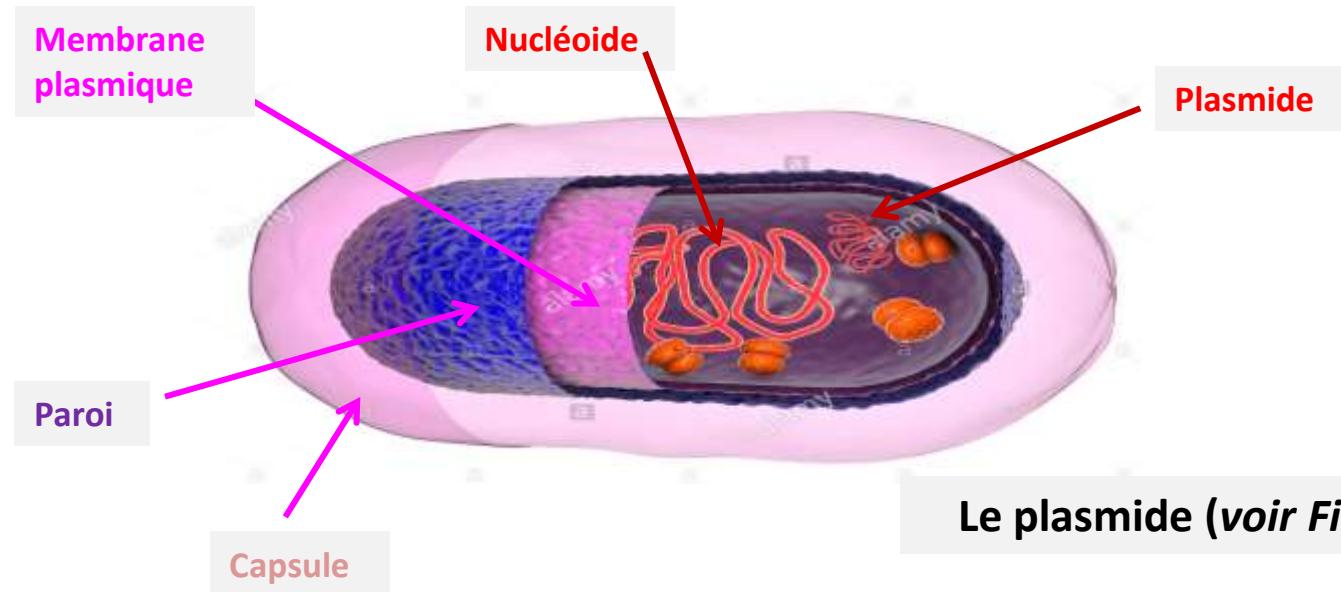


Unicellulaires

Unicellulaires
et
Pluricellulaires

Dans la subdivision du monde des êtres vivants procaryotes les microorganismes se déparent en Bactéries et Archéobactéries. Ces dernières ont une apparence souvent semblable à celle des bactéries mais ne comprennent aucun organite. Elles sont considérées comme des bactéries extrémophiles (fonds océaniques, sources hydrothermales, lacs salés...)

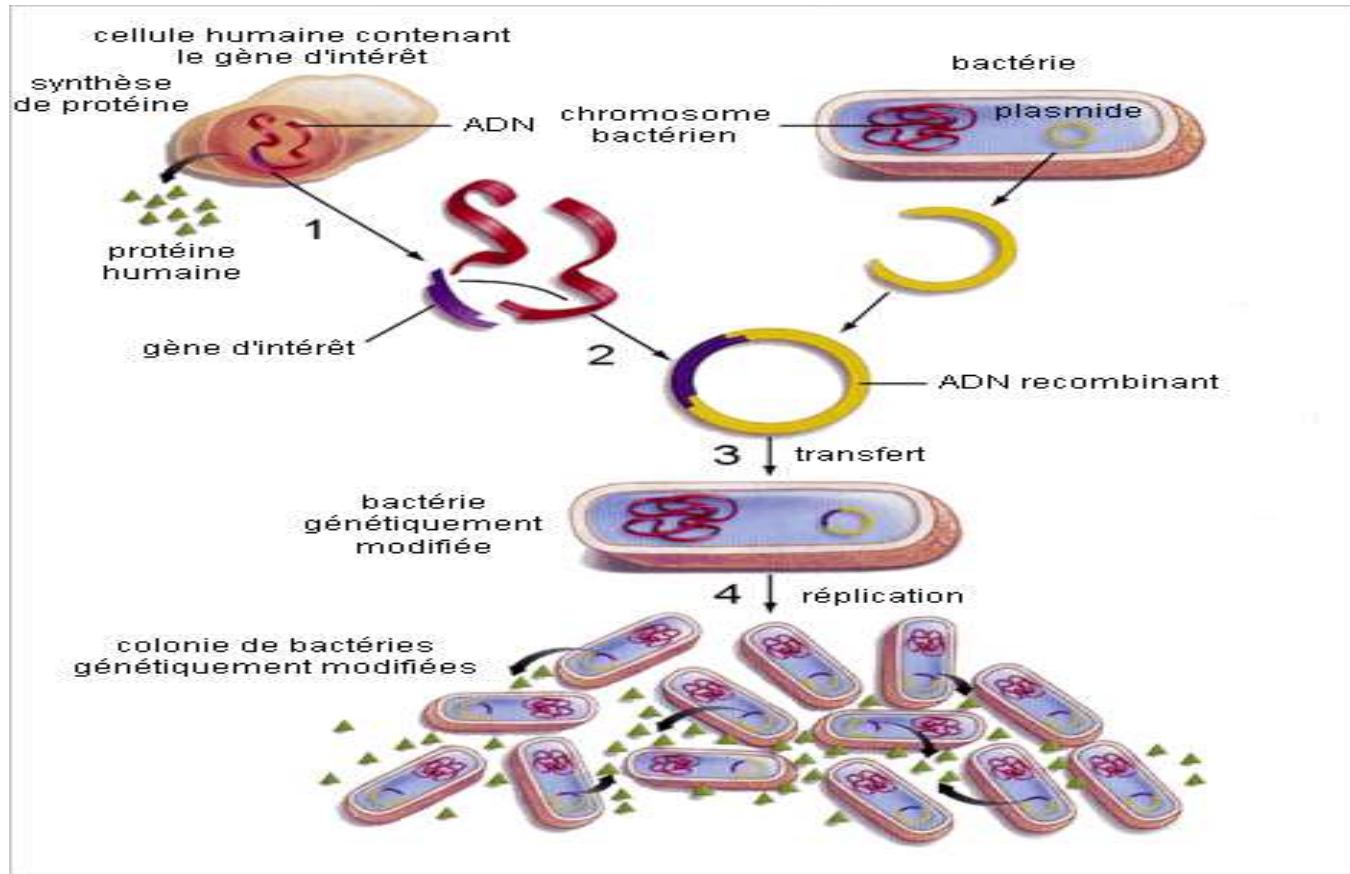
Les composants ultrastructuraux facultatifs : le(s) plasmide(s)



Le plasmide (voir Fig. 1/3).

Les **plasmides** sont des petits **fragments d'ADN** (ADN plasmidique) **doubles brins fermés, extrachromosomiques** environ cent fois moins volumineux que l'ADN chromosomique. Parmi leurs rôles: conférer aux bactéries des **résistances aux antibiotiques** ou **aux métaux lourds** (sels mercuriels, de cadmium, de bismuth ou de plomb, composants fréquents des antiseptiques), capacité de **synthèse de différentes enzymes du métabolisme**. Les plasmides sont éléments génétiques qui ont la propriété **d'autoréplication** et sont **transmissibles d'une bactérie à une autre (phénomène de conjugaison)**. S'il porte un **gène d'intérêt** (résistance à un antibiotique par exemple), c'est un **avantage certain pour les cellules qui le possèdent**. Pour cette propriété ils sont utilisés dans **l'industrie pharmaceutique**. Remarque: Le nombre de plasmides peut varier d'une bactérie à une autre .

Les composants ultrastructuraux facultatifs : le(s) plasmide(s)



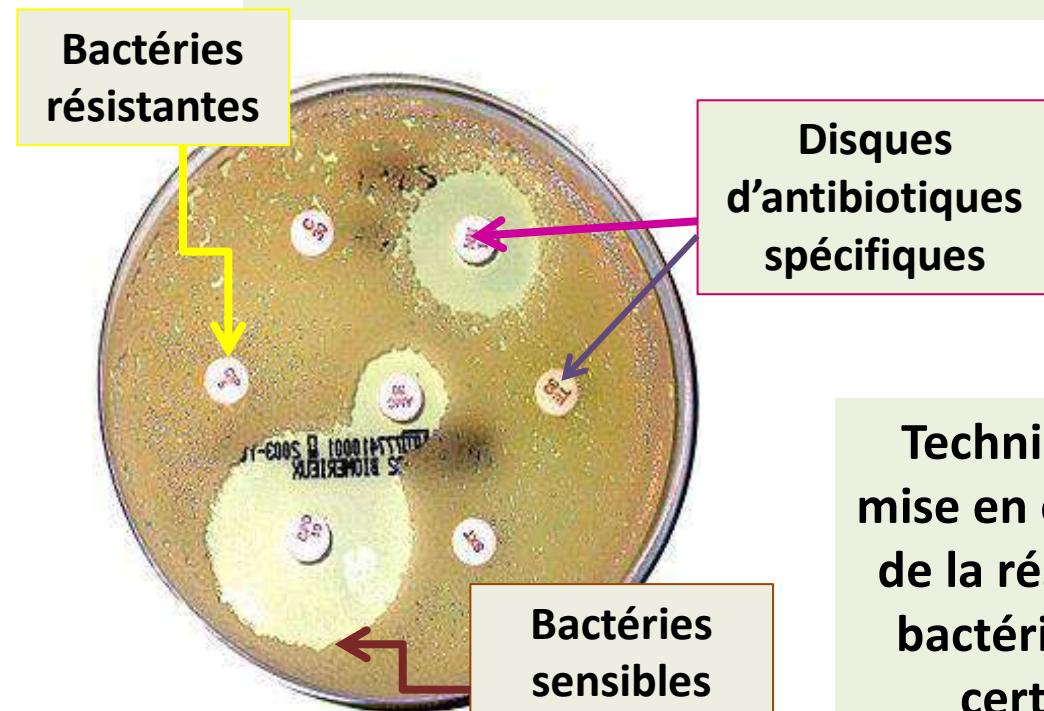
Rôle des plasmides dans la production d'insuline (industrie pharmaceutique).

Capacité de résistance aux antibiotiques par les plasmides

Au laboratoire, des cultures bactériennes sont possibles.



Colonies de *Pseudomonas aeruginosa* cultivées sur agar



Les disques imprégnés d'antibiotiques s'entourent de plages claires circulaires indiquant une lyse bactérienne : critère de sensibilité.

Ces cultures peuvent être utilisées lors des tests antibiogrammes afin de déterminer les capacités vitales des souches bactériennes sélectionnées.

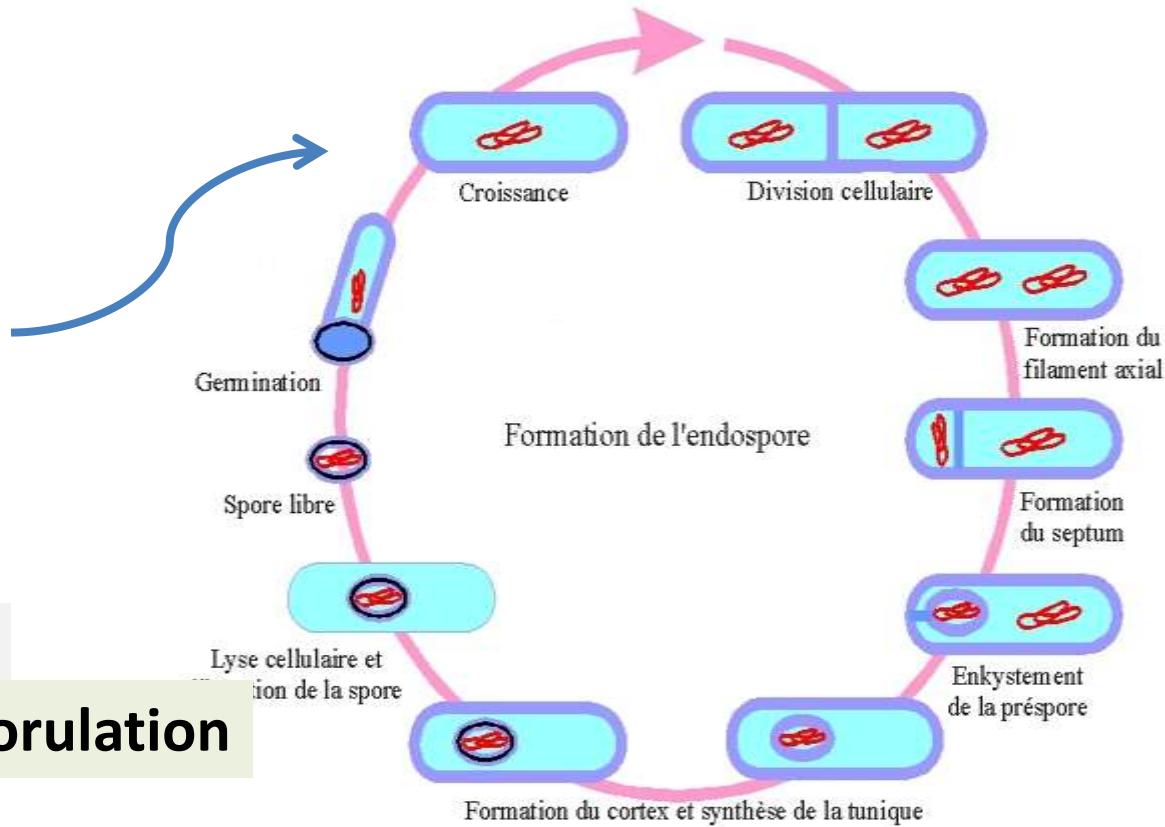
Technique de mise en évidence de la résistance bactérienne à certains antibiotiques

Capacité de sporulation par les plasmides.



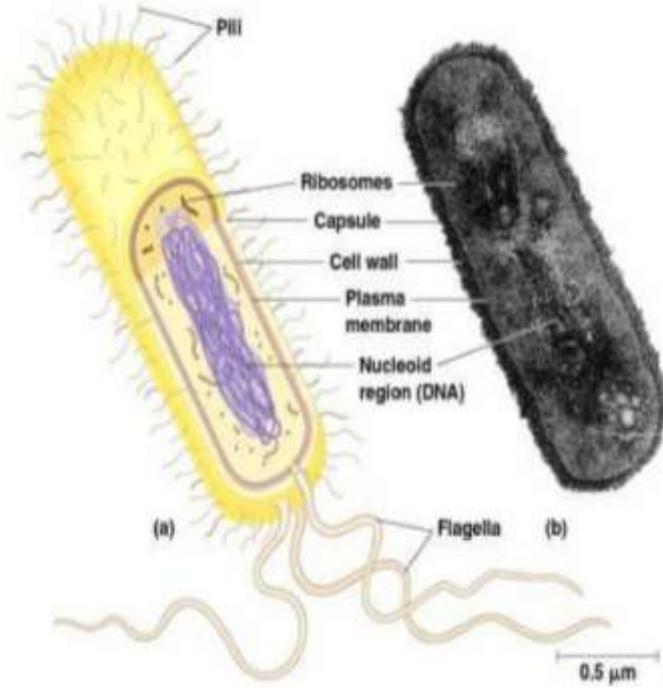
Clostridium tetani

Etapes de la sporulation



La sporulation correspond à une capacité de certaines espèces bactériennes de survivre en conditions extrêmes sous forme de spores. Certains gènes plasmidiques contrôlent cette capacité de sporulation.

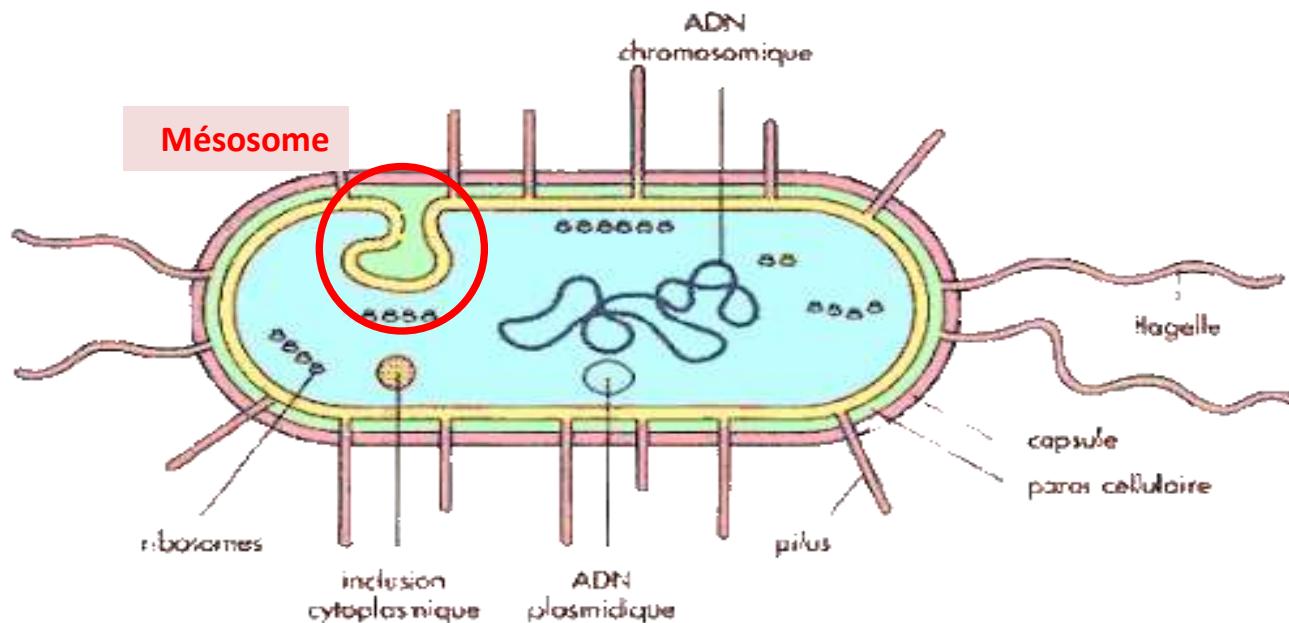
Les composants ultrastructuraux facultatifs : la capsule



Micrographie et représentation schématique ultrastructurale d'une bactérie capsulée.
(voir Fig. 1/3)

La capsule est une substance visqueuse polysaccharidique, parfois polypeptidique, **antigénique**, d'épaisseur variable (0.2 à plusieurs microns) **entourant la paroi lorsqu'elle existe**. Elle permet à la bactérie **d'adhérer plus facilement aux autres êtres vivants** tout en la **protégeant de la phagocytose**. Sa présence est un signe de **virulence**.

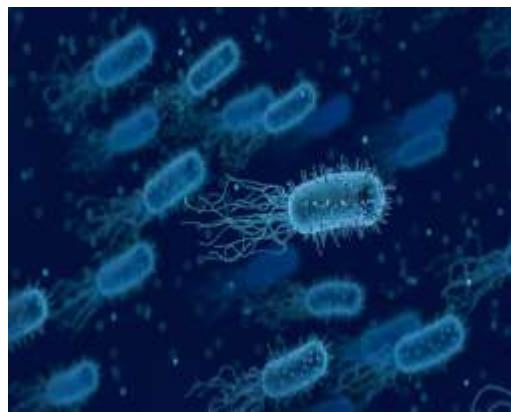
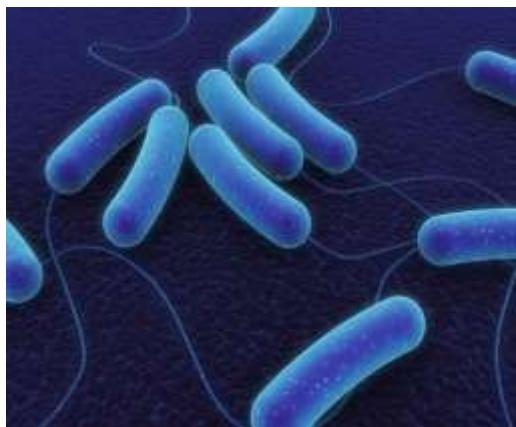
Les composants ultrastructuraux facultatifs: le mésosome



Aspect schématique d'une bactérie à mésosome.

Les mésosomes sont des **replis de la membrane plasmique** riches en protéines enzymatiques le plus souvent observés chez les bactéries Gram⁺. Leur rôle est incertain; ils interviendraient probablement lors de la division cellulaire ou joueraient un rôle dans la respiration cellulaire bactérienne???

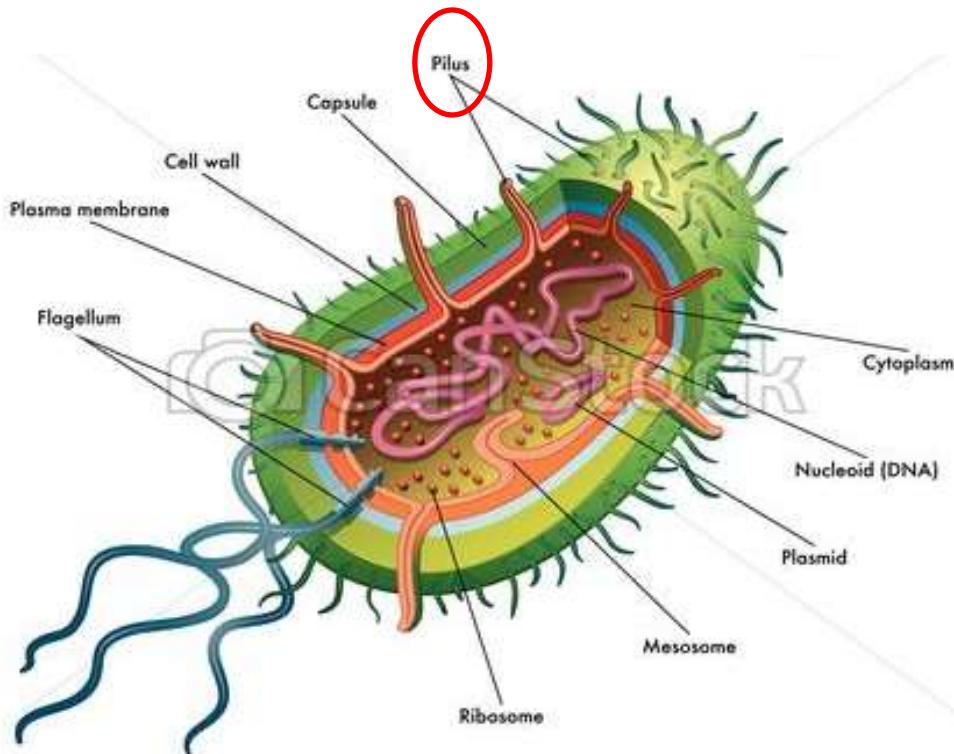
Les composants ultrastructuraux facultatifs: le flagelle



Modes d'insertion des flagelles chez quelques espèces bactériennes.

Le flagelle correspond à une **expansion membranaire composée** d'une **protéine contractile** dite **flagelline** et qui se présente sous forme d'un filament long et très fin mesurant 15 à 20 µm visible au mp. Selon les espèces, **le flagelle** peut être **absent ou présent** en plusieurs exemplaires (1 à 8) et **inséré (s) de manière spécifique**. Il sert au déplacement de plusieurs espèces bactériennes.

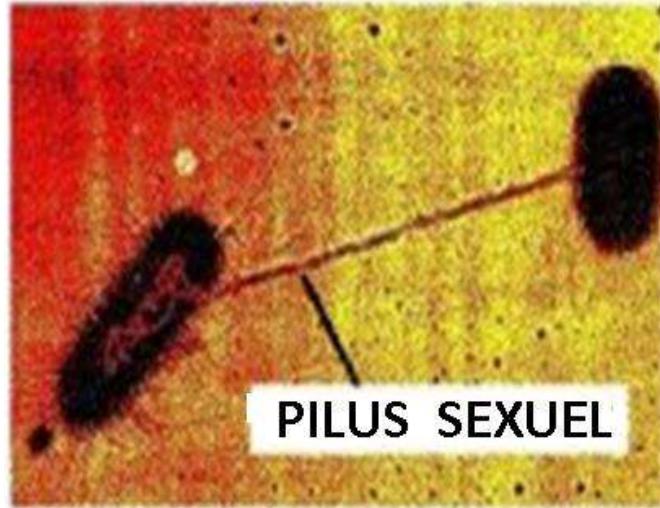
Les composants ultrastructuraux facultatifs: les pili



Représentation schématique des composants d'une bactérie présentant des pilis.

Les pili (pilus) comme les flagelles représentent **des expansions de la membrane plasmique**. Ils apparaissent comme de minces tubes composés de sous unités protéiques arrangées en hélice. Une cellule peut en contenir **plus de 1**. Ils sont **rigides** et servent de moyen de **fixation à différentes surfaces**, d'où la bactérie peut tirer sa nourriture. Les **pili sexuels** servent au **transfert de matériel génétique** entre bactéries au cours d'un processus appelé **conjugaison**.

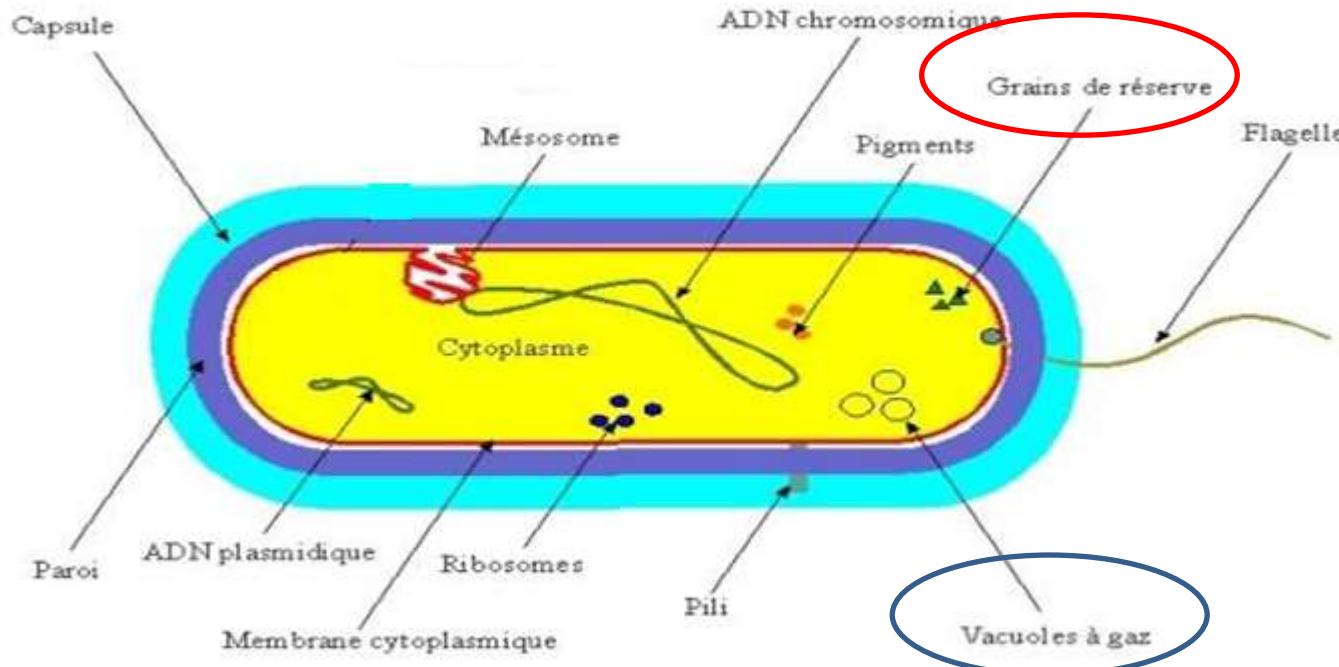
Les composants ultrastructuraux facultatifs: les pili



La conjugaison bactérienne.

Un échange de gènes plasmidiques entre 2 bactéries est possible grâce au pilus sexuel. Ainsi, à l'échelle des populations bactériennes des recombinaisons génétiques sont possibles.

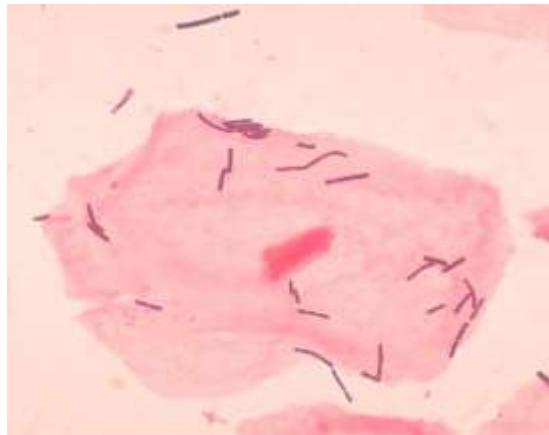
Les composants ultrastructuraux facultatifs: les inclusions cytoplasmiques



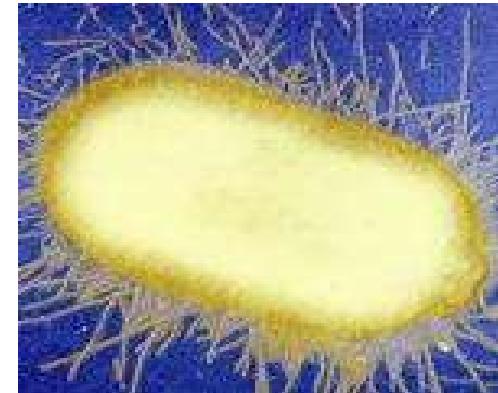
Représentation schématique des inclusions cytoplasmiques

Le cytoplasme contient divers corps d'inclusion organiques qui apparaissent soit sous forme de **granulations** de réserves énergétiques de **glycogène** et de **lipides**, ou de **vacuoles gazeuses** permettant aux bactéries **la flottabilité**.

Notions de **symbiose** et de pathogénicité bactériennes



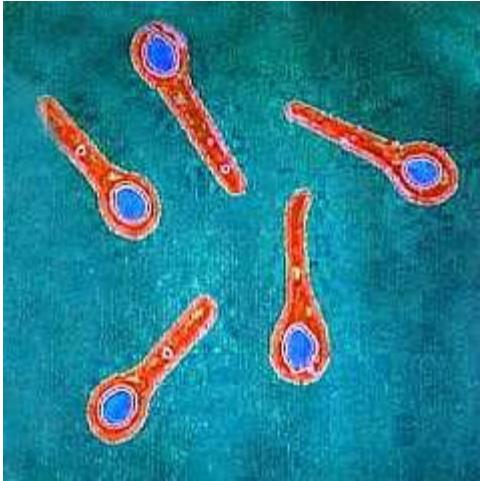
Lactobacillus acidophilus : bactérie Gram⁺ de la flore vaginale, reconnue comme un moyen de défense efficace contre la prolifération d'agents microbiens pathogènes à la surface de la muqueuse vaginale en sécrétant des acides et en produisant des substances antimicrobiennes .



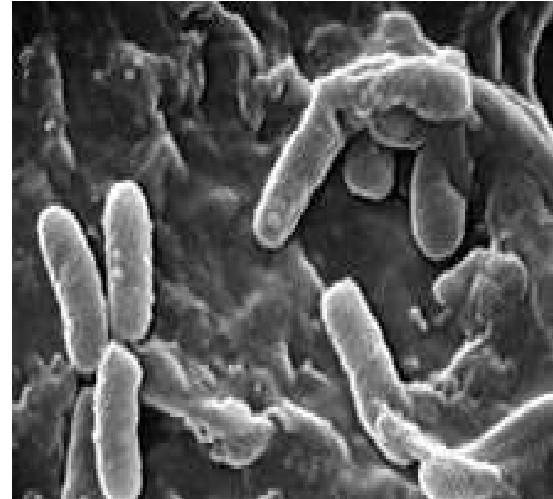
Escherichia coli : bactérie Gram⁻ de la flore intestinale. Elle joue un rôle favorable dans la digestion, dans la régulation du système immunitaire et empêche la colonisation par des organismes pathogènes. Cependant quelques souches sont pathogènes.

La **symbiose** (du grec *sun* "avec" et *bioō* "vivre") est une **association** intime, durable et **à bénéfice mutuel entre deux organismes hétérospécifiques** (appartenant à des espèces différentes).

Notions de symbiose et de pathogénicité bactériennes



Clostridium tetani : bactérie Gram⁺ responsable du tétanospasme. Elle est présente dans le sol et les déjections animales ; elle secrète une neurotoxine induisant un blocage des synapses.



Pseudomonas aeruginosa : bactérie Gram⁻, pathogène, fréquemment rencontrée dans les infections nosocomiales (infections contractées dans les établissements hospitaliers).

La **pathogénicité** (pouvoir pathogène) mesure la capacité d'un agent à provoquer une maladie chez un organisme hôte (**porteur**).

Quelques généralités sur le monde bactérien

Il existe environ 10 000 espèces bactériennes identifiées à ce jour, mais la diversité réelle du groupe est probablement supérieure. L'estimation du nombre des espèces oscillerait entre 5 et 10 millions.

Les bactéries sont ubiquitaires. Elles peuvent être isolées du sol, des eaux douces, marines ou saumâtres, de l'air, des profondeurs océaniques, des déchets radioactifs, de la croûte terrestre, de la peau et de l'intestin des animaux .

Un nombre important de bactéries vit dans le corps humain (intestin, nombril, cavité buccale..), d'ordre comparable à la quantité des cellules qui le constituent. La plupart de ces bactéries sont inoffensives ou bénéfiques pour l'organisme. Il existe cependant de nombreuses espèces pathogènes à l'origine de beaucoup de maladies infectieuses (tuberculose, rougeole, diphtérie, poliomyélite, otite, rubéole ...).

Escherichia coli (*E. coli*) est une bactérie qui réside dans le tube digestif de l'homme et des animaux à sang chaud. La majorité des souches de *E. coli* sont inoffensives, quelques-unes seulement sont pathogènes pour l'homme. C'est le cas des souches de *E. coli* dites entérohémorragiques (ECEH). Ces dernières provoquent des diarrhées sanguinolentes et produisent une puissante toxine à l'origine du syndrome hémolytique et urémique (SHU). Régulièrement, des souches de ECEH sont la cause d'intoxications alimentaires via la consommation de produits animaux (viande ou produits laitiers) mal cuits ou consommés crus. Les fruits et les légumes frais, ayant été en contact avec des ECEH peuvent également être à risque.

Les bactéries ont une importance considérable dans les cycles biogéochimiques comme cycle du C et la fixation d'azote de l'atmosphère. Les bactéries peuvent être très utiles à l'humain lors des processus de traitement des eaux usées, dans l'agroalimentaire (fabrication des yaourts, fromage, petit lait et lait caillé) et dans la production industrielle de nombreux composés chimiques et de médicaments .

Pathogénicité de quelques espèces bactériennes Gram+ et Gram-.

Gram +	Gram-	Pathogénicité
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>		Diphthérie
<i>Clostridium tetani</i>		Tétanos
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>		Infections urinaires
<i>Listeria monocytogène</i>		Infection / mortalité nouveau né, accouchements prématuress
	<i>Bordetella parapertussis</i>	Coqueluche
	<i>Mycobacterium tuberculosis</i> (bacille de Koch)	Tuberculose
	<i>Salmonella</i> ssp.	Intoxications alimentaires
	<i>Porphyromonas gingivalis</i>	Parodontite