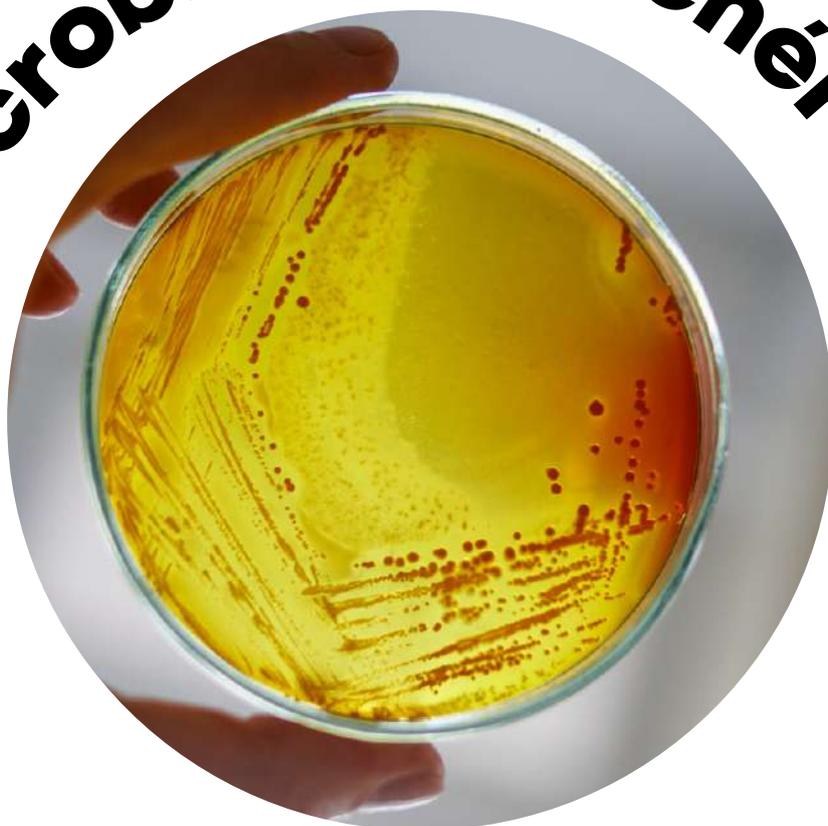


# Microbiologie Générale



SCIENCES DE LA  
VIE



## Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



## Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) 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

# Cellule bactérienne

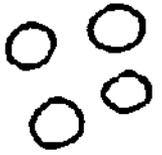
## Qu'est ce qu'une bactérie ?

- micro-organisme (1 à 10 microm) unicellulaire
- procaryote puisqu'elle n'a pas de noyau, le matériel génétique est libre dans le cytoplasme.
- ces microorganismes ne possèdent ni réticulum, ni appareil de Golgi, ni mitochondries, ni plastes.
- Ils sont les plus répandus et les plus anciens.
- les bactéries vivent en communauté, on parle de colonie bactérienne. Ceci permet leur survie.
- au sein de la colonie les bactéries s'échangent des gènes.
- elles sont responsable de la fermentation et de certaines maladies.

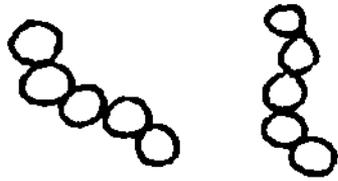
Les bactéries ont des **formes très variées** : coques (diplocoques, amas, chainettes), bacilles (droits, incurvés, spiralés). Ces **formes sont dues à la structure de la paroi** (peptidoglycane) et au **mode de séparation** propre à chaque espèce bactérienne.

**-Une colonie** est constituée de 1 à 2 milliards de bactéries.

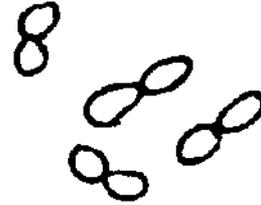
**-Un clone**: la colonie provenant de multiplication d'une seule **bactérie**.



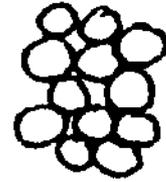
COCCI



COCCI EN CHAINE  
(streptocoque)



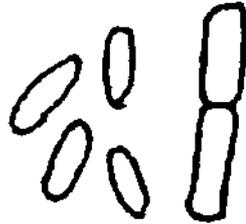
DIPLOCOQUES  
(pneumocoque)



COCCI EN AMAS  
(staphylocoque)



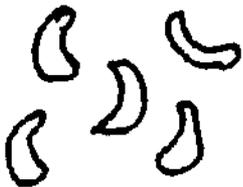
COCCOBACILLE



BACILLE



BACILLE FUSIFORME



VIBRIONS



SPIRILLE



BORRELIA

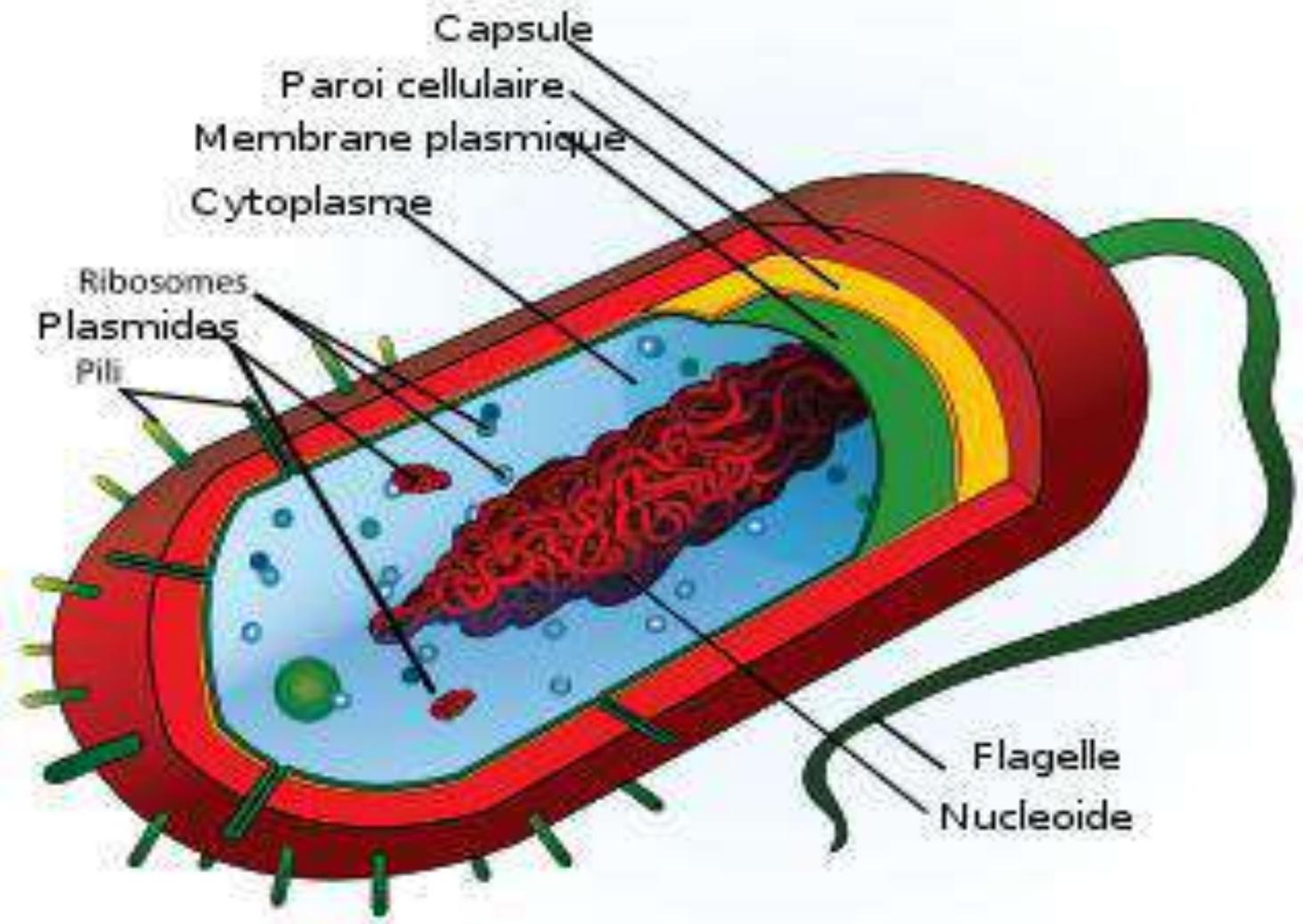


TREPONEME



LEPTOSPIRE

## Formes des bactéries



**Représentation schématique d'une bactérie**

# Structure bactérienne

## STRUCTURES CONSTANTES

-**Absence de véritable noyau** : Pas de membrane nucléaire entourant le chromosome = procaryotes.

-**Chromosome** : ADN bicaténaire, circulaire, unique, support de l'information génétique. il se duplique et s'égrège au cours de la division cellulaire.

-**Les plasmides** : ADN bicaténaire, circulaire, réplication indépendante de celle du chromosome (gènes de virulence et de résistance aux antibiotiques et gènes métaboliques).

-**Paroi bactérienne** : Différence de la structure et de la composition chimique de la paroi cellulaire mise en évidence grâce à la coloration de Gram.

Gram positif : 90% peptidoglycane.

Gram négatif : 5 à 20 % peptidoglycane, Lipoprotéines, Membrane externe (LPS).

-**Ribosomes**: composé de protéines et d'ARN.

# Structure bactérienne

## STRUCTURES INCONSTANTES

-**Cils ou flagelles** : Appendices filamenteux, organes de locomotion.

-**Les pili ou fimbriae** : structures protéiques filamenteuses, fixation de certaines bactéries sur les muqueuses. Adhérence plutôt chez les Gram (-).

***Pili sexuels*** : -l'attachement des bactéries entre elles au cours de la conjugaison.  
-Récepteurs de bactériophages.

-**La capsule** : de nature polysaccharidique, rôle protecteur contre la phagocytose, pouvoir pathogène.

-**Les spores** : hautement **résistantes** à la **dessiccation**, à la **chaleur** et aux **agents chimiques**, forme de résistance aux conditions défavorables.

# **Les enveloppes bactériens**

## Paroi bactérienne

C'est une enveloppe rigide assurant l'intégrité de la bactérie, donc responsable de la forme des cellules.

Elle participe à la protection de la cellule bactérienne.

Elle permet le transport des molécules à l'intérieur de la bactérie.

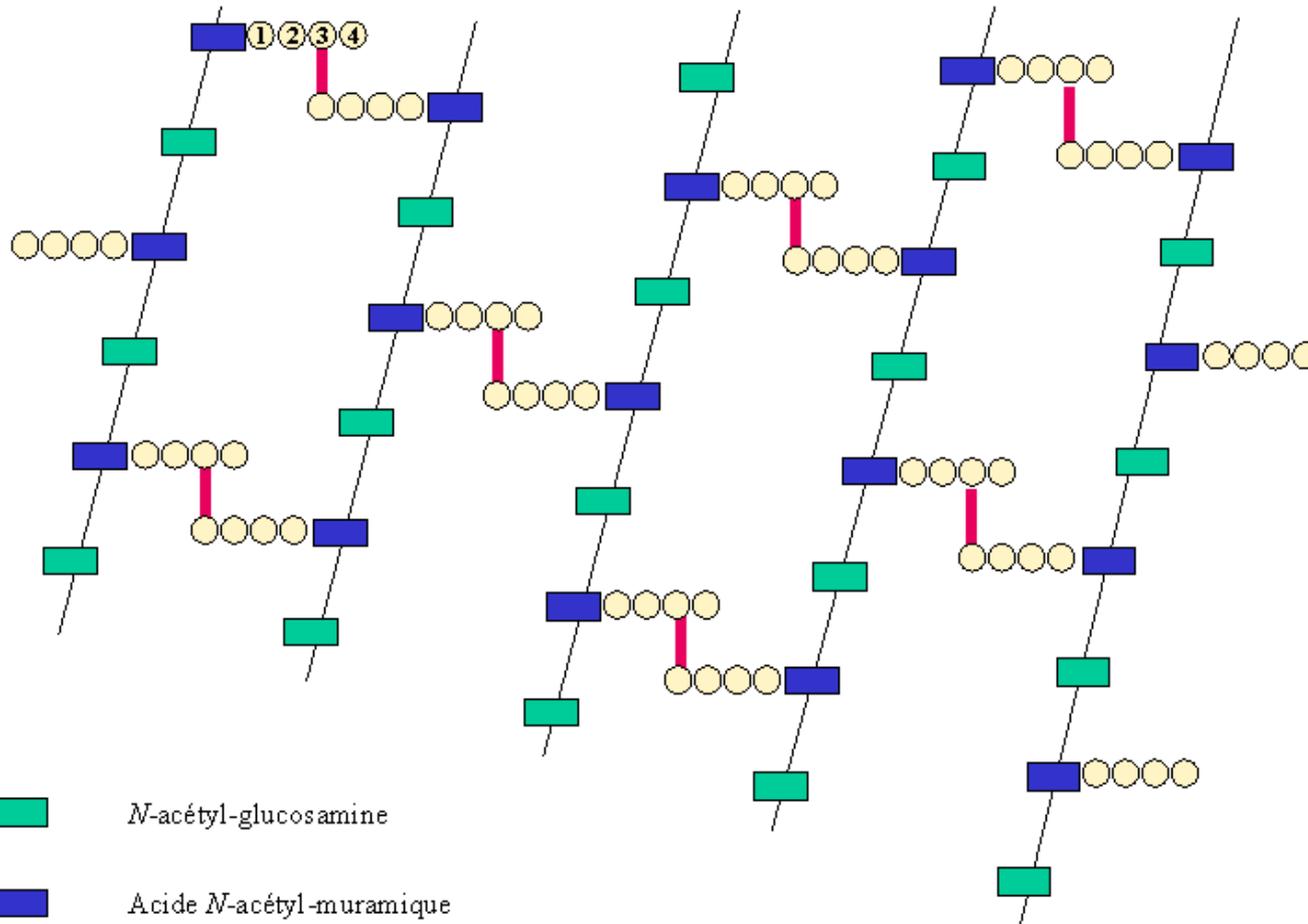
Elle est absente chez les Mollicutes (genre *Mycoplasma*).

Le constituant principal de la paroi est le **peptidoglycane** (ou **muréine**).

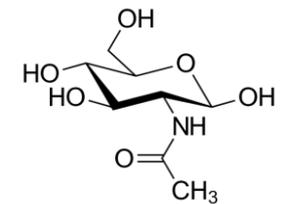
# Peptidoglycane

C'est un hétéropolymère formé de 3 éléments :

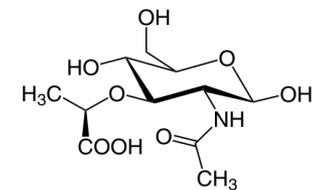
- la partie **glycane** est constituée de chaînes linéaires où s'alternent la **N-Acétyl Glucosamine (NAG)** et l'**acide N-Acétyl Muramique (NAM)**. Ces derniers sont liés par des liaisons bêta-1,4.
- des **chaînes latérales peptidiques** formées au minimum de quatre acides aminés (par exemple L-Alanine- D-Glycine - L-Lysine - D-Alanine) toujours fixées sur l'acide muramique. L'enchaînement des 4 acides aminés des **séries D et L est une constante**.
- des **ponts inter-peptidiques** entre elles les unités tétrapeptidiques



Le groupement lactate se connecte à la chaîne peptidique au niveau du groupement NH<sub>2</sub> de l'alanine.



**N-acétylglucosamine**



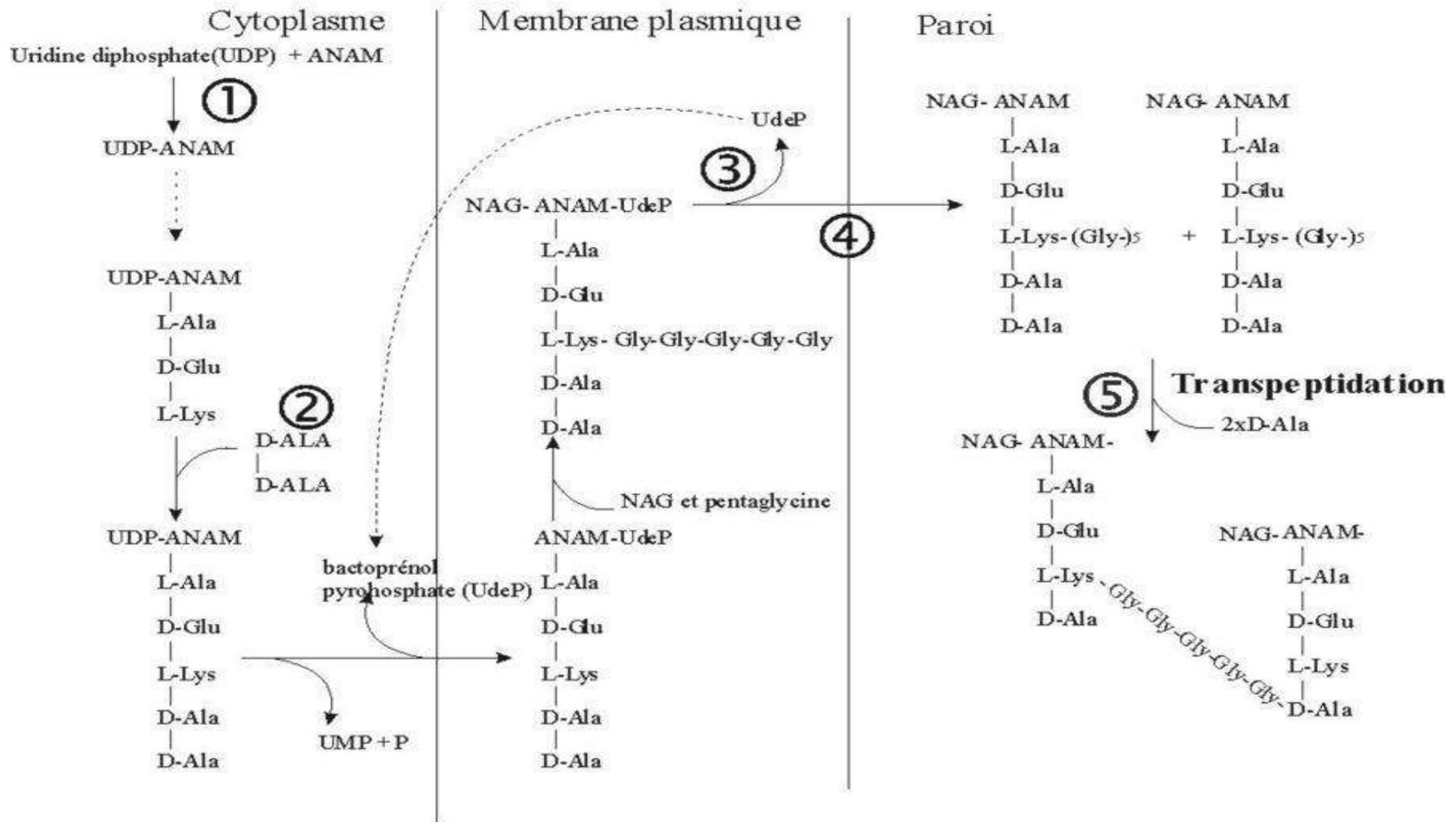
**N-acétylmuramique**

## Représentation simplifiée du peptidoglycane

# Biosynthèse de peptidoglycane

- Elle s'effectue par sous-unités dans le cytoplasme jusqu'à l'assemblage du disaccharide-pentapeptide (N-Acétyl Glucosamine-Acide N-Acétyl Muramique- L-Alanine-D-Glycine-L-Lysine-D-Alanine-D-Alanine) qui traverse la membrane cytoplasmique fixé sur un transporteur phospholipidique puis est attaché à la chaîne glucidique de la paroi pré-existante (réaction de transglycosylation).
- Les chaînes peuvent être reliées pour former la molécule réticulée finale par liaison covalente entre les peptides (**réaction de transpeptidation**).
- D'autres enzymes sont nécessaires: hydrolases permettant de couper les chaînes glucidiques du peptidoglycane (rôle essentiel lors de la division), D-carboxypeptidases coupant le dipeptide D-Alanine-D-Alanine et réduisant le nombre des interconnexions.

# Biosynthèse du peptidoglycane



## Action de certains antibiotiques :

- 1- Fosfomycine : bloque la formation de l'UDP-ANAM
- 2- Cyclosérine : bloque la formation du dipeptide d'alanine
- 3- Bacitracine : elle empêche le recyclage du bactoprénol.
- 4- Vancomycine : elle empêche la liaison des nouveaux éléments synthétisés avec le peptidoglycane déjà existant (bloque transglycosylation)
- 5-  $\beta$ -lactamines et céphalosporines : elles bloquent la transpeptidation..

## Coloration Gram

La composition de la paroi varie selon l'espèce ou le groupe bactérien, il est possible de distinguer des affinités tinctoriales différentes par la coloration: Gram + et Gram -.

**La coloration Gram** permet de distinguer la paroi des bactéries ayant + du peptidoglycane. Coloration en **4 étapes** :

1. coloration par **le violet de gentiane** ;
2. mordantage avec du **lugol** ;
3. décoloration par **l'alcool-acétone**;
4. coloration par la **safranine**.

# Coloration Gram

- Etapes 1 et 2 = coloration en violet du contenu de la bactérie et fixation par le lugol des structures internes.
- Etape 3 = décoloration du cytoplasme des bactéries ayant une paroi pauvre en peptidoglycane qui laisse passer l'alcool pour éliminer le violet de gentiane = **bactérie à Gram négatif**
- Etape 4 = 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).

Le nucléoïde ou chromosome est visible grâce à la coloration de Feulgen.

**Gram positif**

**Gram négatif**

Fixation à la chaleur

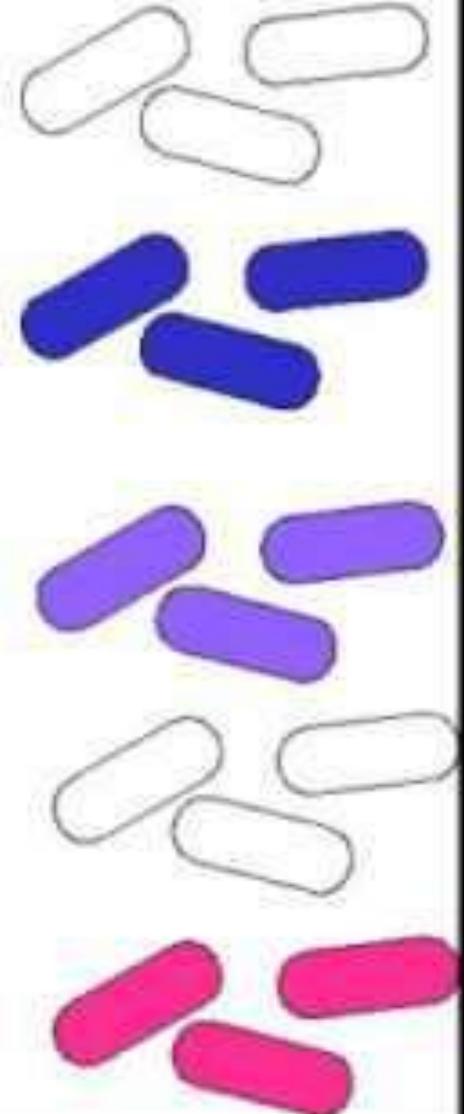
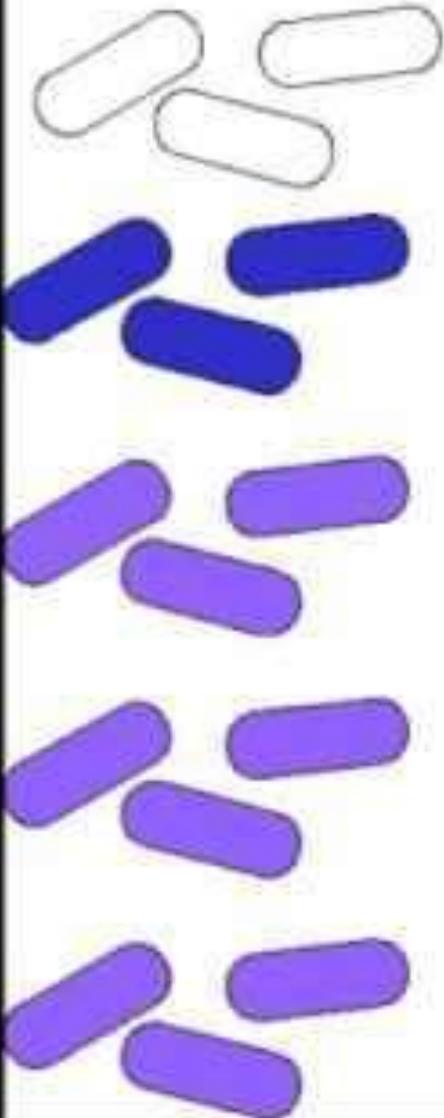
Violet de gentiane

Traitement par le lugol

Décoloration  
Alcool- acétone

Coloration  
Safranine

**Coloration Gram**



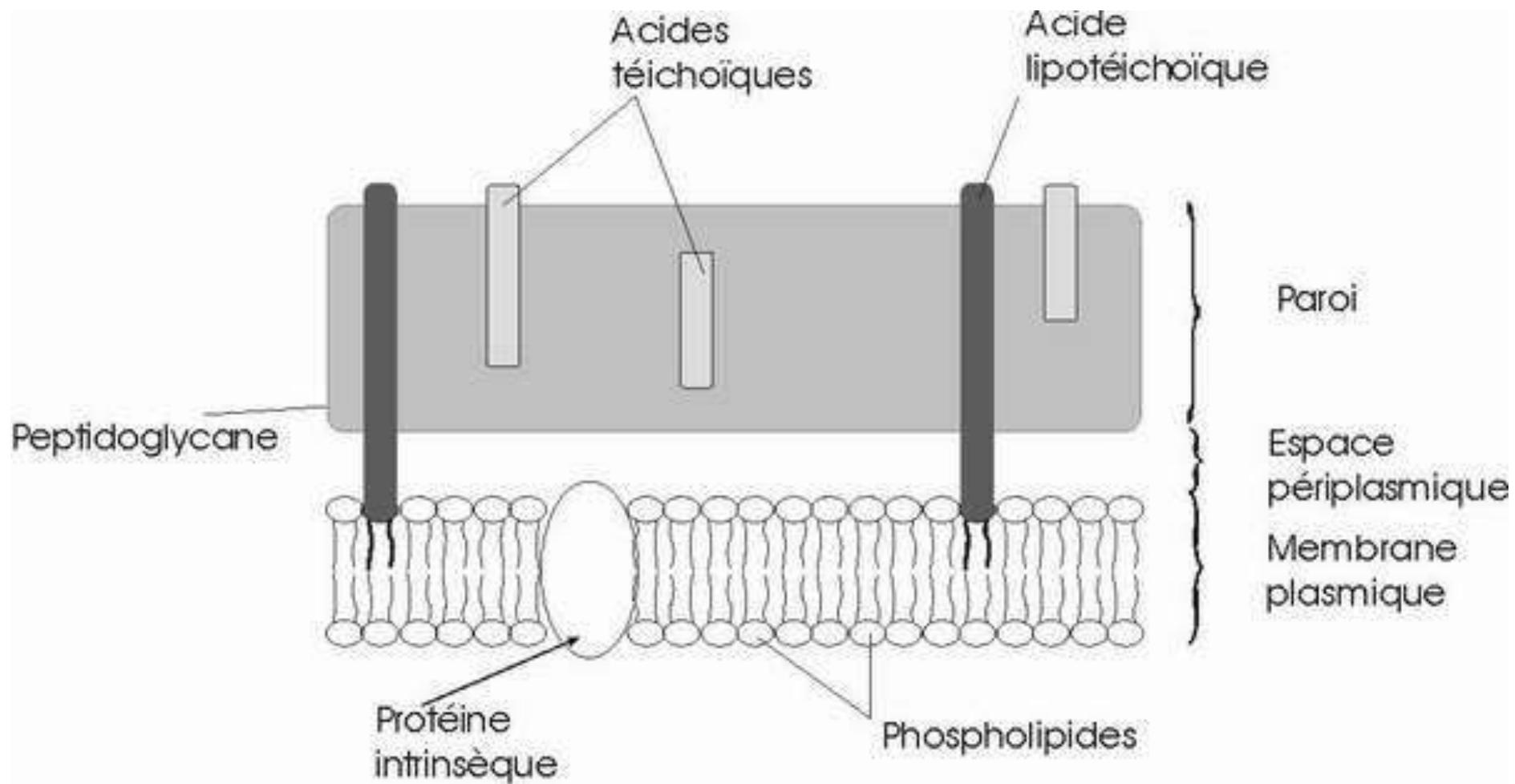
## Paroi des bactéries Gram positif

Le **peptidoglycane** est le constituant majeur (90% des constituants de la paroi). Le peptidoglycane est très solide, les liaisons croisées entre chaînes glucidiques sont nombreuses.

Présence d'**acides teichoïques (A.T)** qui sont des polymères de glycérol et de ribitol reliés à des groupes PO<sub>4</sub> et dépassent la paroi et des **acides lipoteichoïques (L.T)** qui s'enchâssent dans la membrane cytoplasmique.

Les **A.T** sont connectés au peptidoglycane ou aux lipides de la membrane plasmique (**lipoteichoïques**). Leur fonction est inconnue mais maintiennent la structure de la paroi.

Peu ou pas de protéines (protéine A de *S. aureus*)

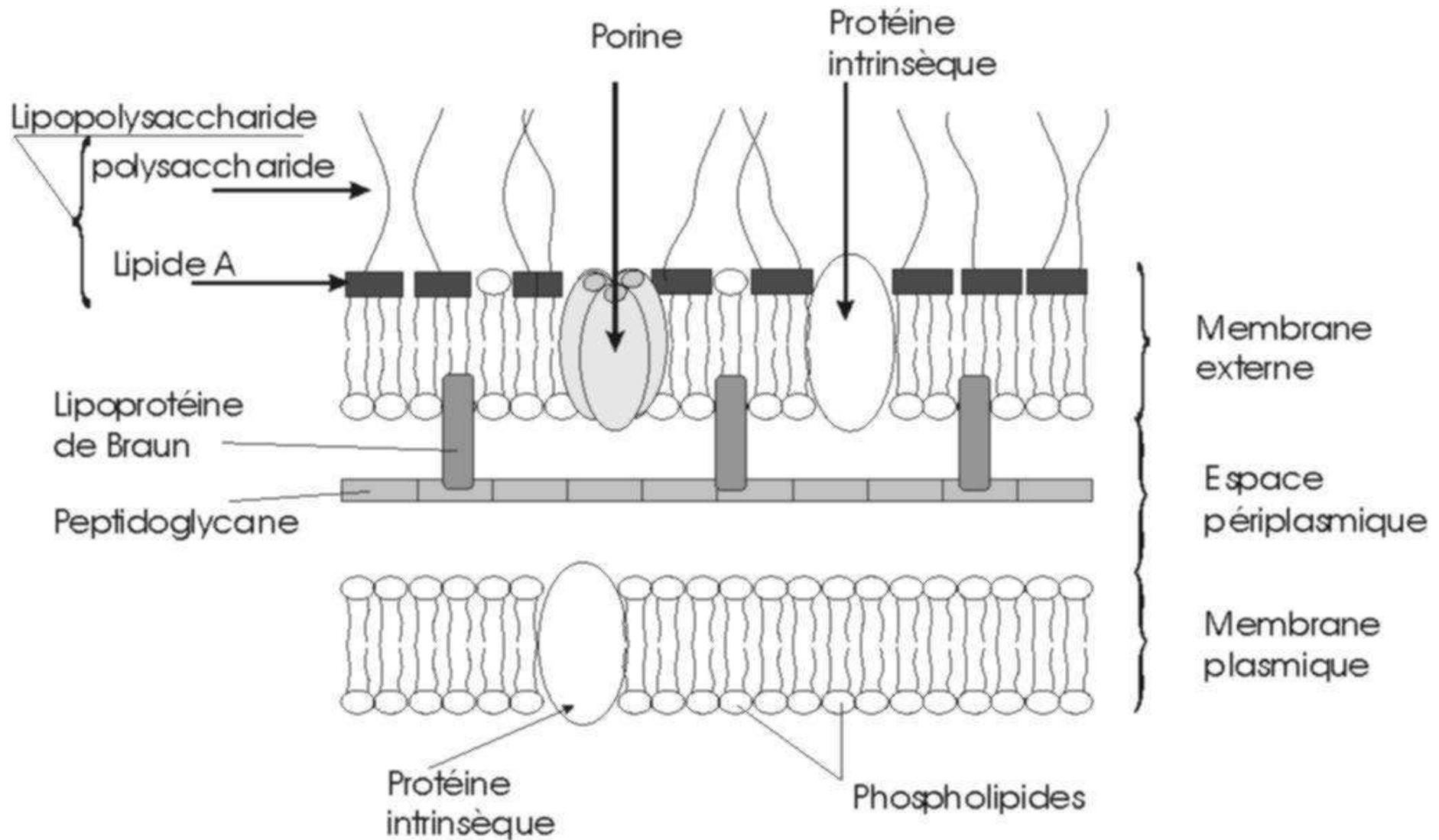


## Paroi d'une bactérie Gram positif.

# Paroi des bactéries Gram négatif

Elle est beaucoup plus complexe.

- Le peptidoglycane est une **couche mince** (< 15% du poids sec).
- L'autre constituant essentiel est le lipide complexe (**lipide A**) couplé à la glucosamine et à des résidus phosphore qui est amphiphile, possédant une partie hydrophobe et une partie hydrophile. il constitue la membrane externe contenant des phospholipides vers l'intérieur..
- Des polysaccharides complexes sont fixés sur les résidus glycosamine et forment la partie la plus externe de la paroi. Ils sont spécifiques de sous-espèces ou de types et comportent des sucres originaux : **antigènes O**.
- Des protéines (**porines**) se trouvent enchâssées assurant la cohésion de la membrane externe.
- La **lipoprotéine de Braun** est la protéine la plus abondante. Elle est attachée au peptidoglycane ou elle est fortement liée.
- Le **Lipopolysaccharide** est constitué du lipide A, du polysaccharide central et de la chaîne latérale O. Les chaînes latérales O peuvent changer rapidement pour échapper à la détection.
- Le lipide A est enfoui dans la membrane externe, le reste est projeté à l'extérieur.



# Paroi d'une bactérie Gram négatif.

## Structure du LPS chez *Salmonella*

Abe : abequoise

Man : mannose

Rha : rhamnose

Gal : galactose

Glc : glucose

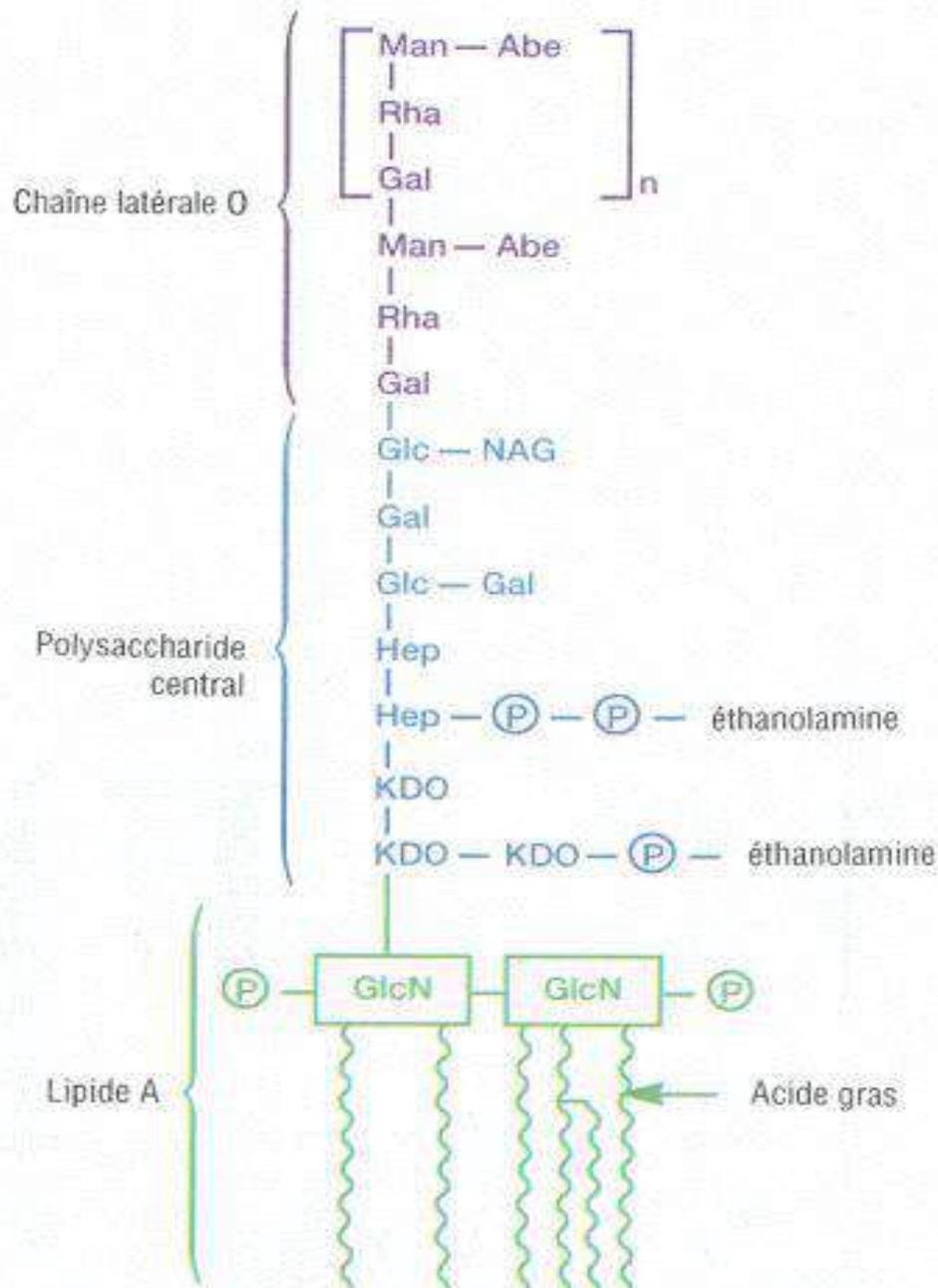
NAG : N-acétyl glucosamine

Hep : heptulose

KDO : 2-céto-3-désoxyoctonate

P : phosphate

GlcN : glucosamine



# Autres propriétés de la paroi bactérienne

Les morphologies bactériennes sont variées. Les cellules peuvent être courtes, pratiquement sphériques (cocci ou coques) ou allongées (bacilles).

L'absence de paroi est habituellement létale pour les bactéries (Mollicutes exceptés). Les bactéries dépourvues d'enveloppes extérieures sont les « formes L » et les protoplastes, suite à l'action des antibiotiques ( $\beta$ -lactamines).

Les **protoplastes** sont observés chez les bactéries à **Gram positif**. L'action du lysozyme entraîne leur formation. Ils ne peuvent pas se diviser.

Les **sphéroplastes** sont observés chez les bactéries à **Gram négatif**. Ils sont dus à l'action des antibiotiques. Une partie de la paroi cellulaire est toujours présente après traitement par une pénicilline. Ils peuvent se diviser et revenir à l'état vivante au contact de substances hypertoniques. Ce sont les formes L.

La paroi est le site d'action d'enzymes exogènes (lysozyme) ou endogènes (autolysines) ou d'antibiotiques qui inhibent la synthèse du peptidoglycane.

## La membrane plasmique

C'est une **membrane trilamellaire** formée d'une double couche de phospholipides dont les pôles hydrophobes sont face à face, associée à des protéines.

D'autres ont un rôle dans la synthèse du peptidoglycane et sont des **protéines de liaison aux pénicillines (PLP ou PBP)**.

D'autres protéines sont des enzymes respiratoires ou impliquées dans la production d'énergie (**ATPase**).

La membrane cytoplasmique ne possède pas de stéroïls (différent des eucaryotes).

# Fonctions principales de la membrane plasmique

La membrane a un rôle métabolique majeur: elle possède les activités suivantes:

- Perméabilité sélective et transport des substances solubles vers l'intérieur de la bactérie ; rôle de barrière osmotique et de transport grâce aux perméases.
- Fonction respiratoire par transport d'électrons et de phosphorylation oxydative pour les bactéries aérobies.
- Excrétion d'enzymes hydrolytiques.

Les flagelles bactériens sont fixés dans la membrane plasmique. C'est là que se génère leur mouvement tournant

Contenu bactérien

# Cytoplasme

Présence d'**ARN solubles** (ARN messager et ARN de transfert), et **ARN ribosomal**.

Présence d'environ **15.000 ribosomes** (40% du poids de la bactérie, 90% de l'ARN) constitués de protéines ribosomales et d'ARN (16S, 23S, 5S) divisés en sous-unités : sous-unité 30S contient de l'ARN16S, sous-unité 50S constitué d'ARN23S.

Une variété importante d'**inclusions** existe dans le cytoplasme. Elles servent à emmagasiner des **réserves organiques** (glycogène) **ou inorganiques** (granules de polyphosphate)

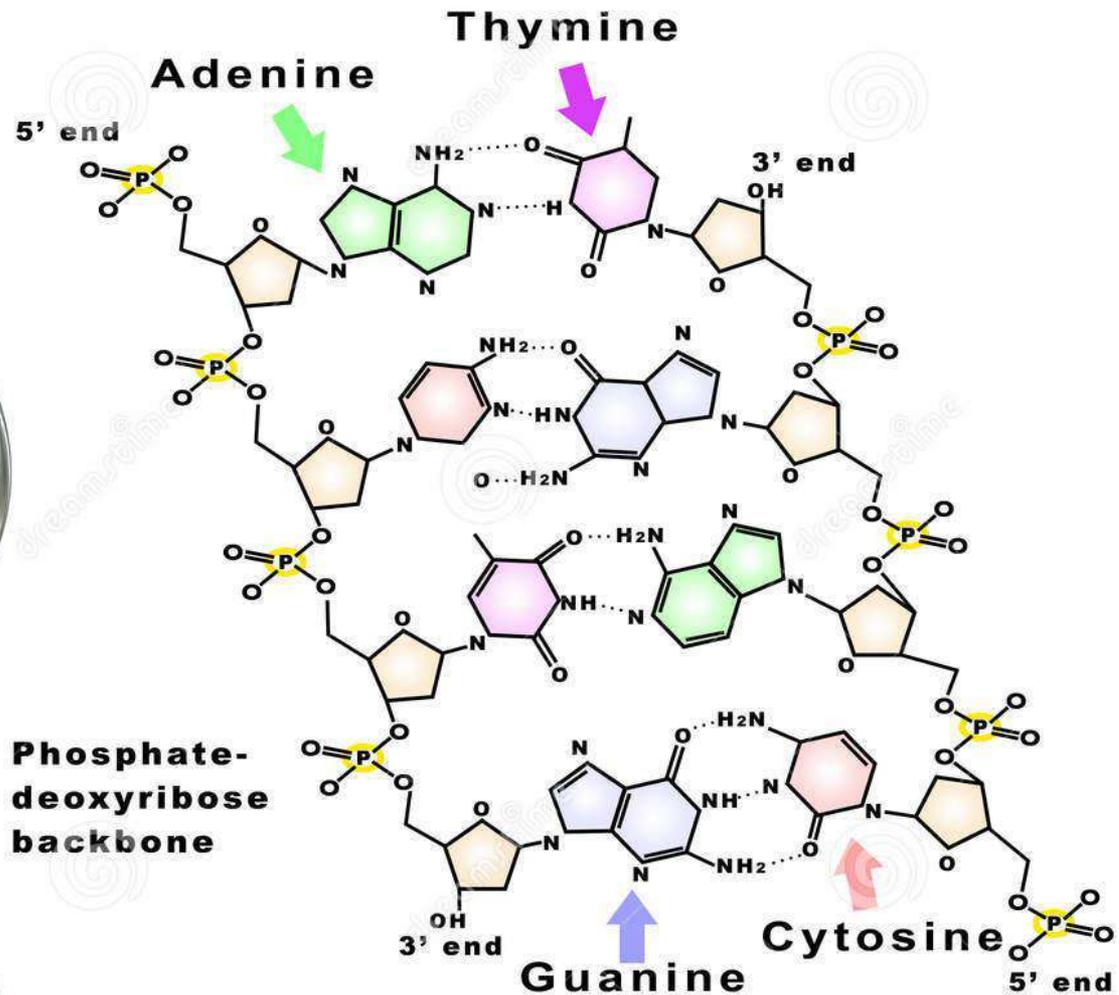
## Nucléoïde ou appareil nucléaire

Le chromosome de la cellule procaryote est situé dans une région de forme irrégulière appelée **nucléoïde**.

Le chromosome est le plus souvent **unique** (*V. cholerae* en possède plusieurs).

C'est le support de l'information génétique. Il s'agit d'une formation en **double hélice circulaire** (parfois linéaire), surenroulée grâce aux topo-isomérases.

**Longueur 1 mm.**



ADN bactérien  
double hélice

# ADN extra-chromosomique

Non indispensable à la vie de la bactérie.

## 1- Plasmides

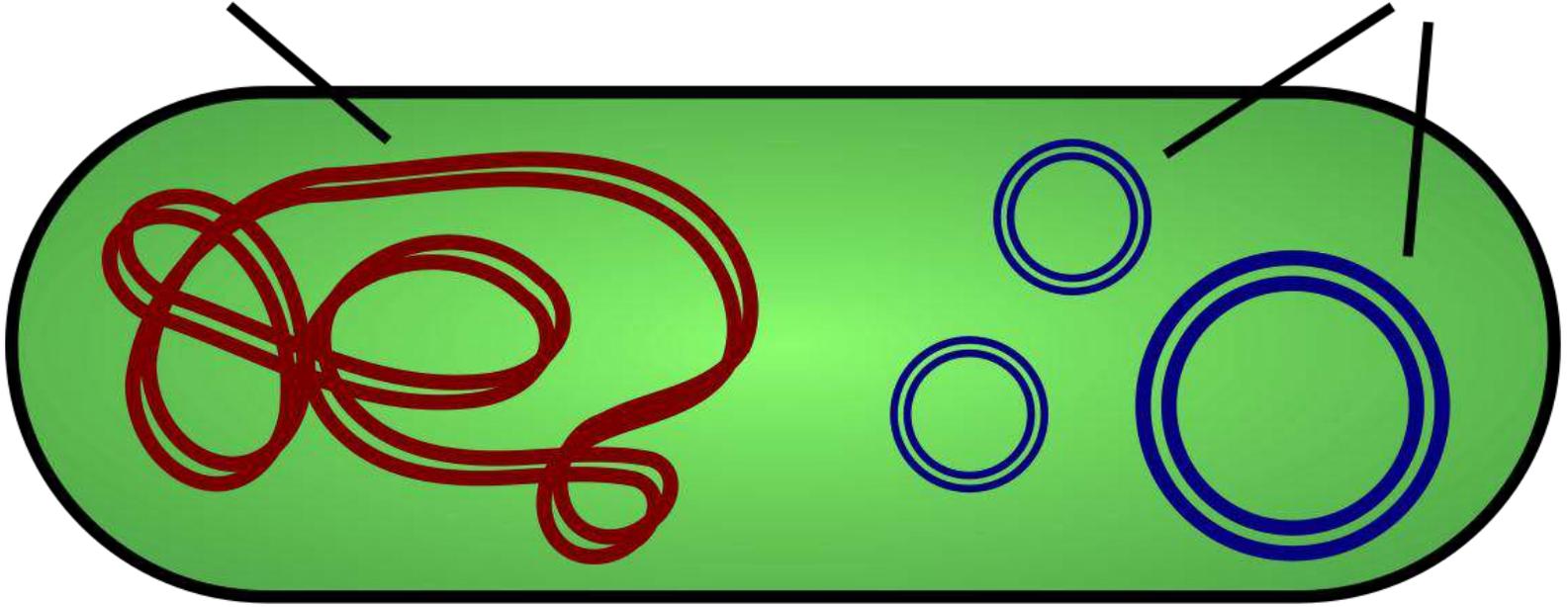
Ce sont des molécules d'ADN double brin qui se **répliquent indépendamment du chromosome, qui peuvent s'intégrer à celui-ci et qui sont transmissibles.**

Ils sont porteurs de caractères de fertilité (**Facteur F**), de **résistance aux antibiotiques (Facteur R)**, de bactériocines (**plasmides Col**), de **virulence, de résistance aux antiseptiques, de caractères métaboliques.**

Les plasmides peuvent être **éliminés spontanément de la cellule hôte.**

**ADN bactérien**

**Plasmide**



# ADN extra-chromosomique

Non indispensable à la vie de la bactérie.

## 2- Éléments transposables

Ce sont des fragments d'ADN qui se déplacent dans le génome de la bactérie par transposition, d'où le nom de **transposon**.

Le transposon est incapable de se répliquer.

Les éléments transposables les plus simples sont les séquences d'insertion (IS) ayant une courte séquence d'ADN.

## Insertion sequence

Genes for transposition



Inverted repeats

# Ribosomes

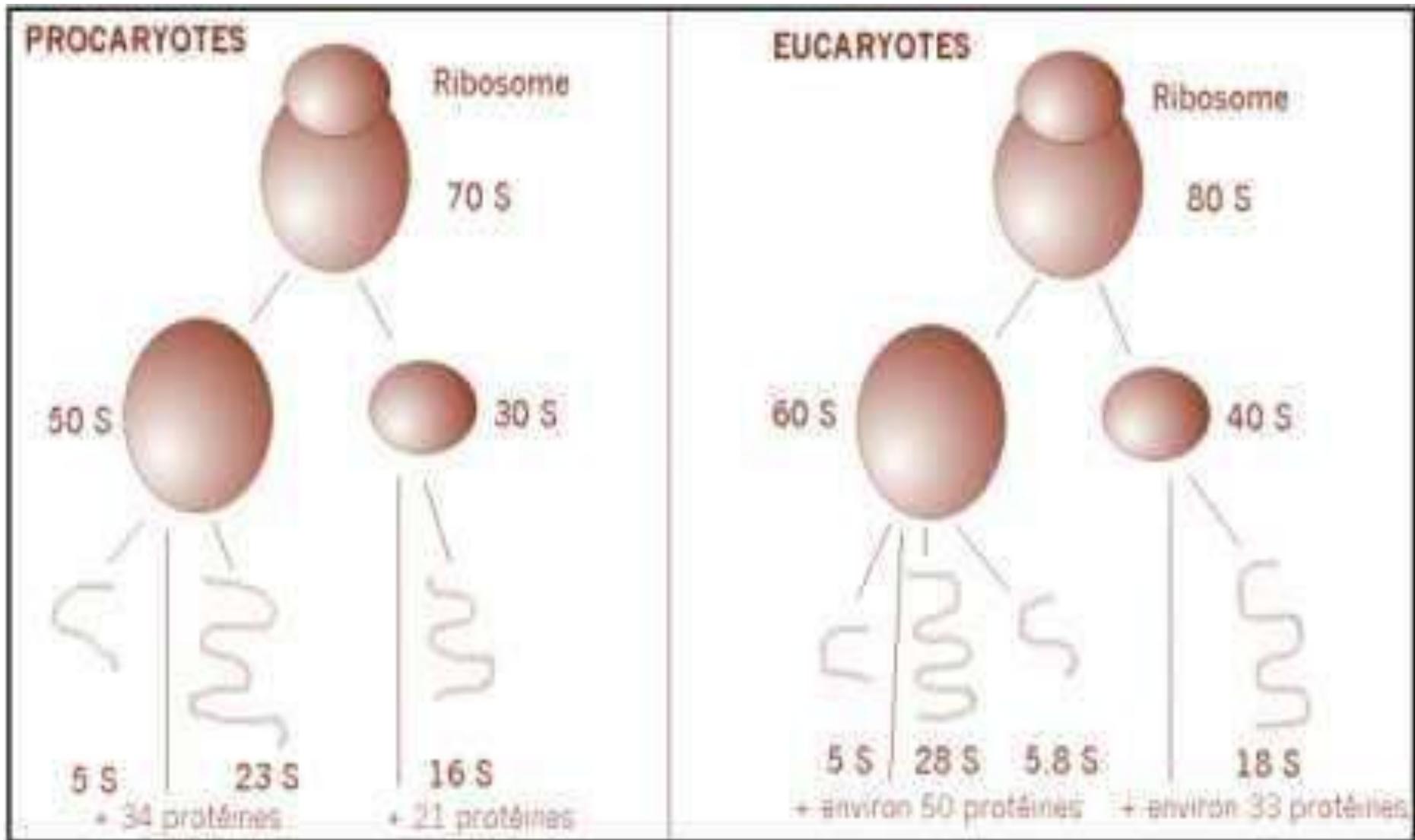
Les **ribosomes** sont des complexes **ribonucléoprotéiques** constitués d'ARN ribosomique (ARNr) et de protéines.

Leur fonction est de synthétiser les protéines en décodant l'information contenue dans l'ARN messenger.

Leur structure est composée de **deux sous-unités** :

-**la sous-unité 30S** qui traduit l'ARN messenger et

-**la sous-unité 50S** qui se charge de la synthèse de la protéine correspondante.



**Schéma de la structure des ribosomes et de leur sous-unités**

# Structures inconstantes

# Capsule

La capsule est le constituant inconstant le plus superficiel. Elle est constituée de **polysaccharides acides (sucres sous forme d'acides uroniques tel l'acide galacturonique, l'acide glucuronique, mais aussi sous forme de sucres phosphorés)**.

Elle est liée à certains pouvoirs pathogènes, car il **empêche la phagocytose**. La capsule de *Bacillus anthracis* est constituée d'un polypeptide d'acide D-glutamique.

Les polymères capsulaires purifiés sont la **base de certains vaccins** (*Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*).

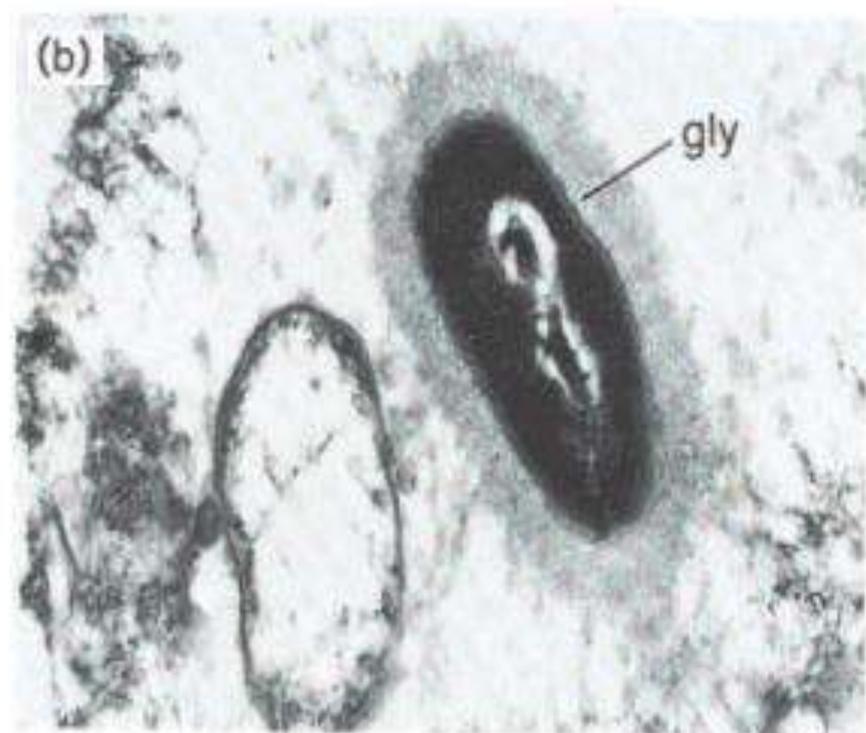
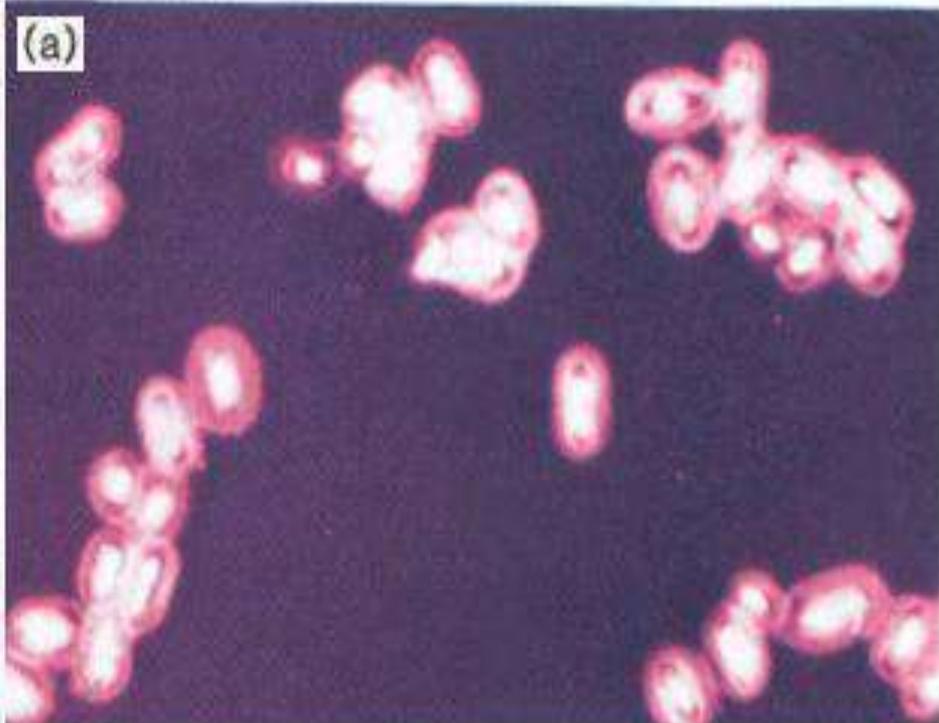
# Glycocalyx

Ce sont des polymères de nature polysaccharidique extrêmement fréquents entourant la bactérie et difficiles à visualiser, sauf en microscopie électronique. Le feutrage des fibres de glycocalyx est constant dans le cas de bactéries vivant en biofilm dans les conditions naturelles.

Le glycocalyx est aussi appelé *slime* car il englue les cellules.

Il est responsable de l'attachement des bactéries aux cellules (cellules buccales, respiratoires, par exemple), à des supports inertes (plaque dentaire sur l'émail dentaire, biofilms sur les cathéters, ou les prothèses dans le cas de bactéries d'intérêt médical).

Il protège les bactéries du biofilm de la dessiccation, et rend les bactéries résistantes: antiseptiques, désinfectants, antibiotiques.



**Les capsules bactériennes.** (a) *Klebsiella pneumoniae* avec sa capsule colorée pour l'observation au microscope optique (x 1.500)  
(b) Glycocalyx(gly) de *Bacteroides*, microscopie électronique à transmission (x 71.250).

# Flagelles

Ce sont des structures inconstantes.

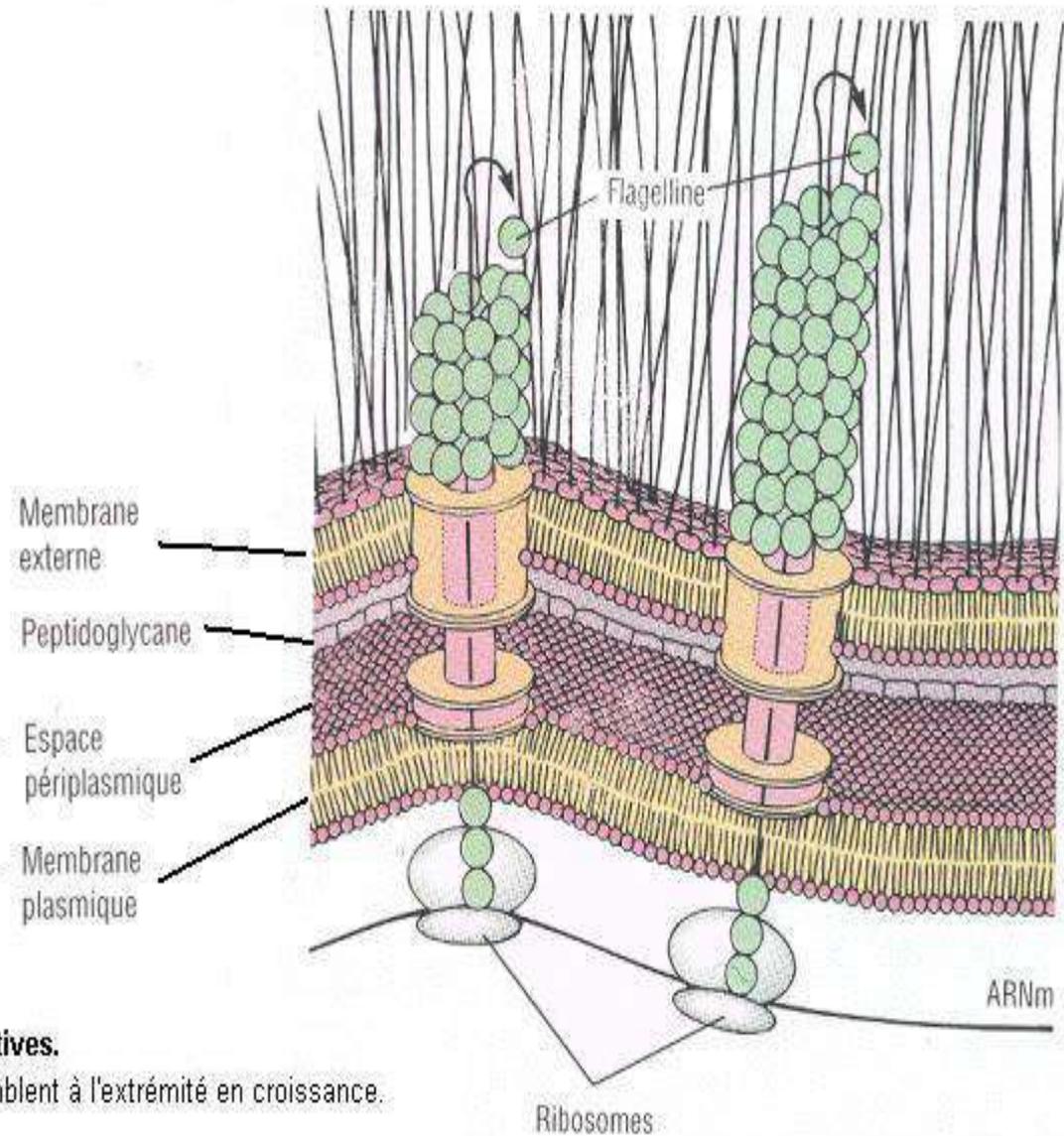
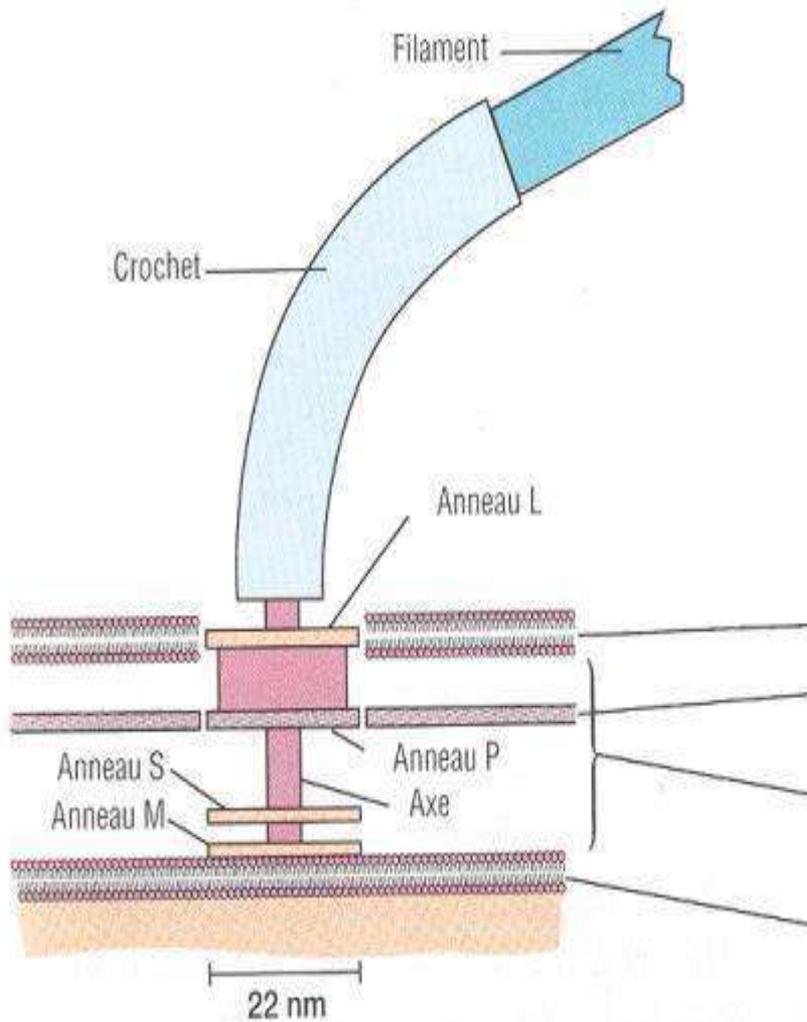
Ils sont de nature protéique (**flagelline**), long de 6-15  $\mu\text{m}$ .

Ils sont ancrés dans le cytoplasme par une structure complexe.

La synthèse des flagelles nécessite 20 à 30 gènes. Le mécanisme est très compliqué. 1 gène pour la flagelline, 10 gènes ou plus pour les protéines du crochet et du corps basal.

Ils ont un rôle :

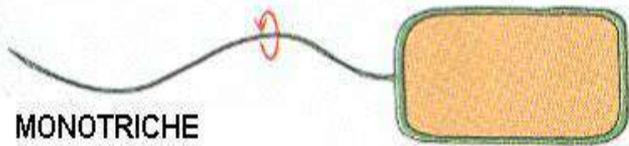
- dans la **mobilité de la bactérie** (implantation monotriche/polaire ou péritriche)
- **antigénique** utilisé (sérodiagnostic) pour la différenciation des espèces bactériennes.



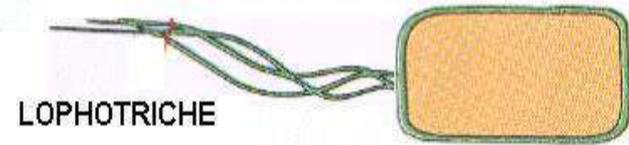
### Structure et synthèse du flagelle chez les bactéries Gram négatives.

Les sous-unités de flagelline circulent dans le corps basal et s'assemblent à l'extrémité en croissance.

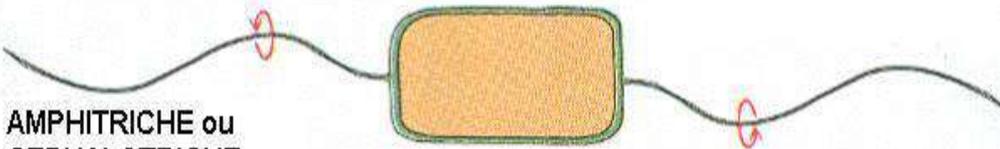
Un (ou plusieurs) flagelles localisé(s) aux extrémités de la bactérie :  
CILIATURE POLAIRE



MONOTRICHE

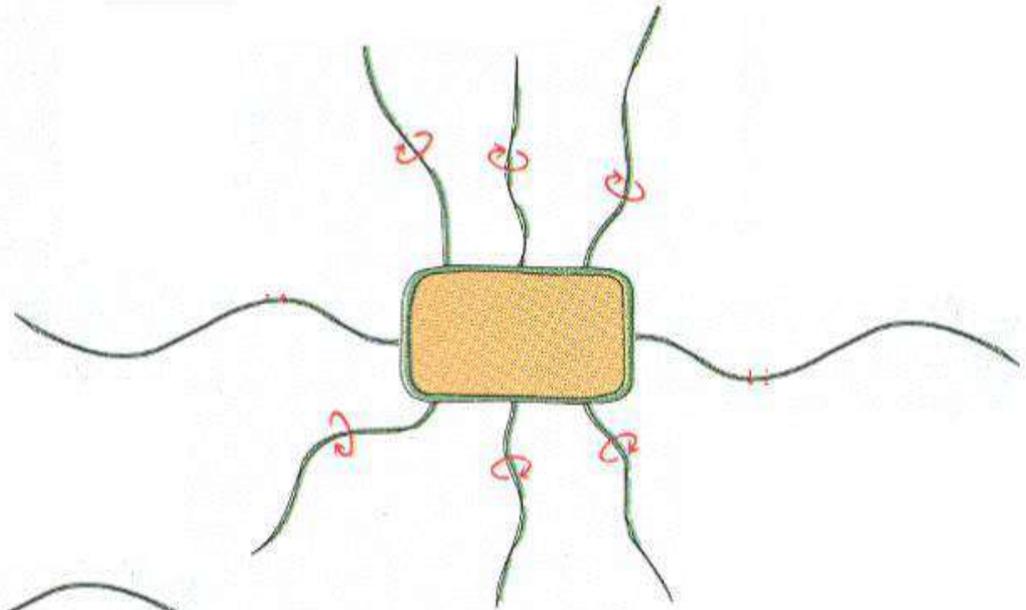


LOPHOTRICHE



AMPHITRICHE ou  
CEPHALOTRICHE

Flagelles répartis autour de la bactérie :  
CILIATURE PERITRICHE



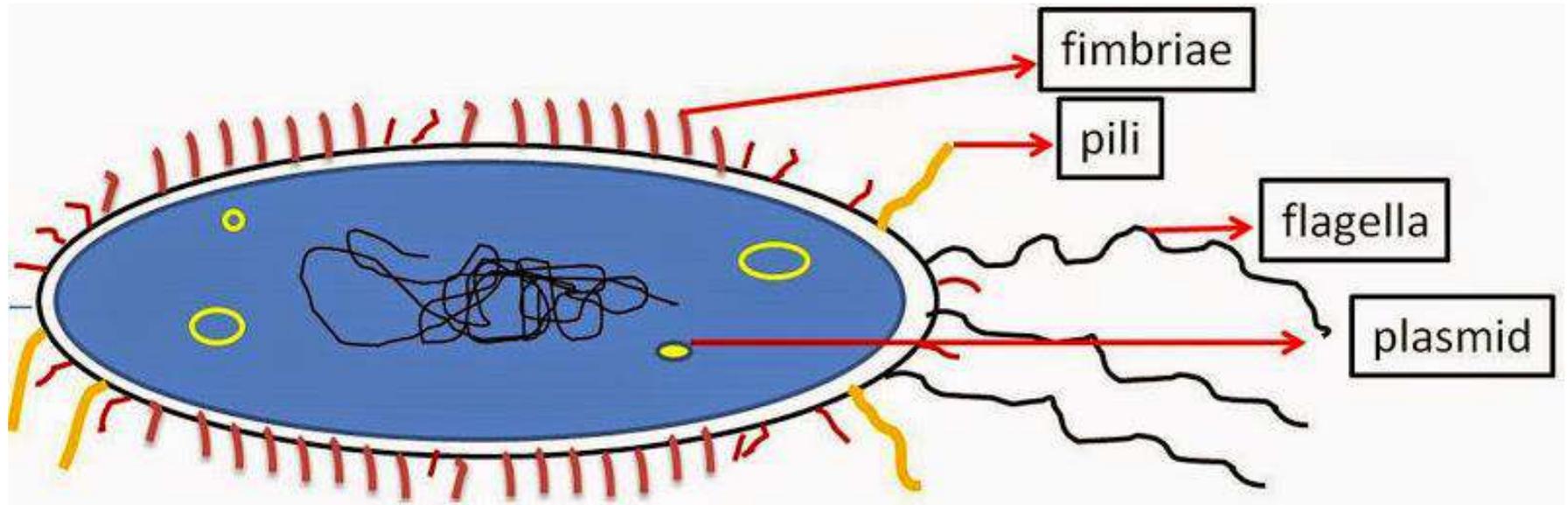
## Les pili ou fimbriae

Ce sont structures fibrillaire et rigide situées souvent à la surface des bactéries Gram - , plus fines que des flagelles.

Il s'agit de la polymérisation d'une sous-unité polypeptidique (**piline**) assemblée à des polypeptides mineurs comme l'**adhésine**.

**-Pili communs**: Ils peuvent attacher spécifiquement des bactéries à la surface de cellules eucaryotes, phase essentielle dans certains pouvoirs pathogènes (*Escherichia coli* au cours de certaines infections urinaires).

**-Pili sexuels**: Ils sont plus longs et sont codés par des plasmides (**facteur F**). Ils ont un rôle dans l'attachement des bactéries entre elles (**conjugaison**) et sont le récepteur de virus bactériens (**bactériophages** )



## Bacterium

[www.majordifferences.com](http://www.majordifferences.com)

[www.majordifferences.com](http://www.majordifferences.com)

# Spore bactérienne

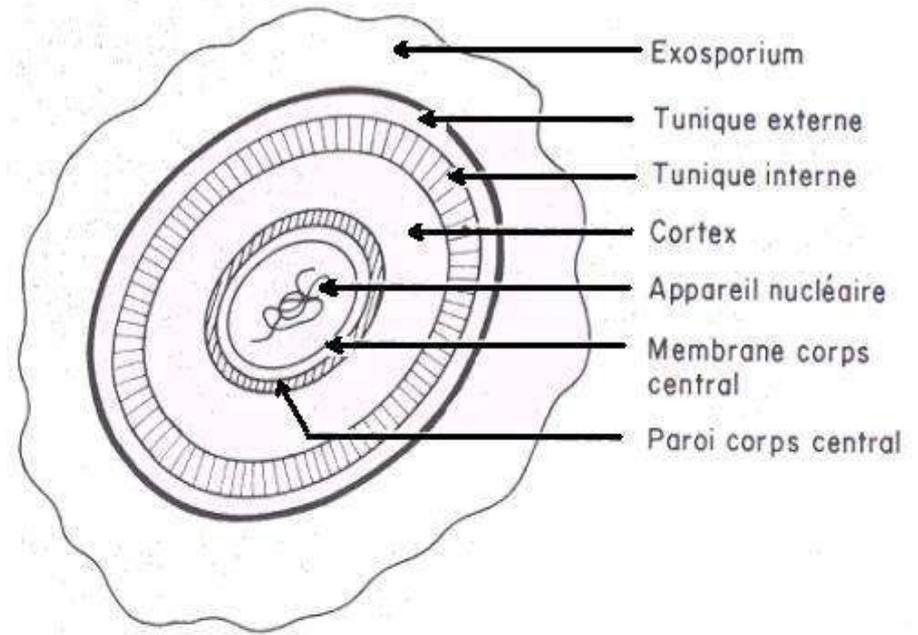
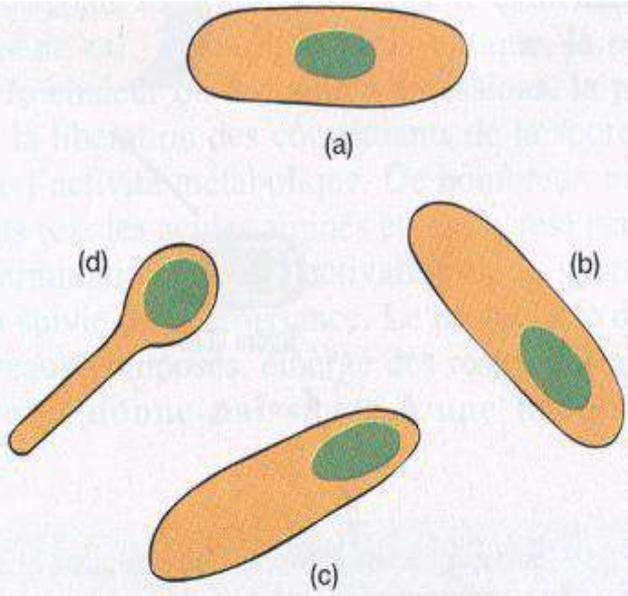
Certaines bactéries, entre autres d'intérêt médical (genre *Clostridium* et *Bacillus*), ont la propriété de se différencier en formes de survie appelées **spores**.

Elles se présentent sous **une forme végétative** métaboliquement active et potentiellement pathogène ou sous **forme sporulée** métaboliquement inactive et non pathogène.

**La sporulation** est déclenchée par des modifications de l'environnement tel épuisement en matières nutritives.

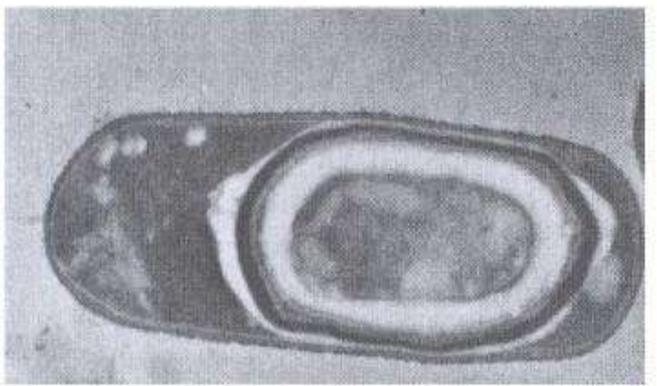
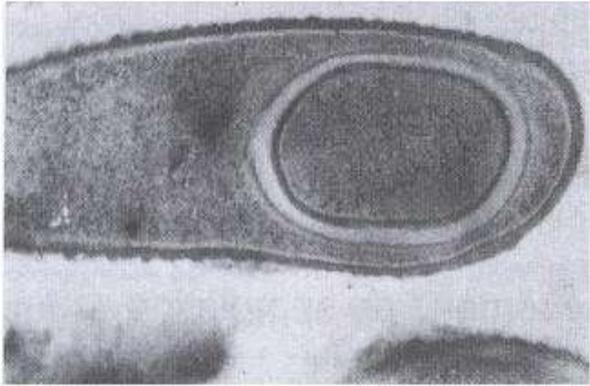
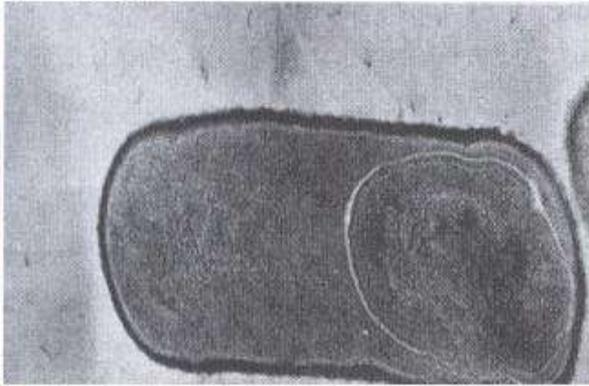
**La sporulation** commence par la déshydratation progressive du cytoplasme, suivie par l'apparition de composés (dipicolinate de calcium), une densification des structures nucléaires et enfin la synthèse d'une paroi sporale épaisse et imperméable, donc hautement résistante (chaleur). La spore intra-bactérienne est libérée dans le milieu extérieur et y survit des années.

Dans des conditions favorables (nutritives, thermiques et chimiques), elle redonne une cellule végétative (**germination**).



**Exemples de localisation et de taille des endospores.** (a) Spore centrale. (b) Spore subterminale. (c) Spore terminale. (d) Spore terminale avec sporange gonflé.

**Structure de la spore bactérienne.**



**1 2 3**  
Derniers stades de la sporulation chez *Bacillus subtilis* (microscopie électronique, x 20 000)

# 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

