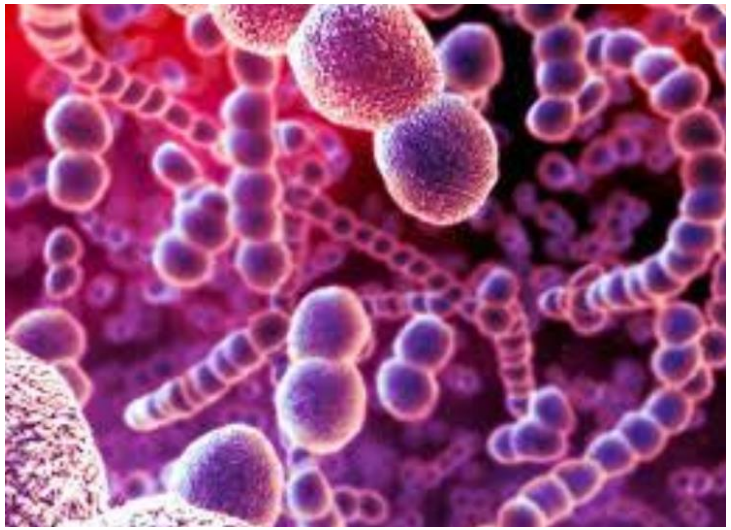
Filière science de la vie (S_3)



Module:

« Microbiologie Générale »



Chapitre II :
Structure de la cellule procaryote

1. -Comparaison cellule eucaryote-cellule procaryote
2. - Structure générale et organisation de la cellule procaryote
3. - Paroi
4. - Flagelle
5. - Pili(commun et sexuel)
6. - Capsule
7. - Endospore

Organisation des cellules eucaryotes et procaryotes

	Procaryote	Eucaryote
Taille	0,2µm (mycoplasmes)-10 µm – voire plus chez certaines bactéries géantes (*Epulopiscium fishelsoni* : 10 à 500 µm selon la phase de croissance ; *Thiomargarita namibiensis* de 0,1 à 1 mm)	1 µm (*Nanochloropsis oculata*) - 5 µm (levure) – 100 µm (voire de l'ordre du mètre si on pense aux neurones)
Organisation	Le plus souvent unicellulaire – différenciation rudimentaire	Uni ou multicellulaire – différenciation sophistiquée en tissus et organes chez les eucaryotes supérieurs
Noyau avec membrane	Absent (sauf très rare exception	Présent
Matériel génétique	1 nucléoïde (parfois plusieurs) et parfois des plasmides Matériel génétique dans cytosol	Plusieurs chromosomes Matériel génétique dans noyau et certains organites
Cytosquelette	Pas à proprement parlé (néanmoins protéine FstZ)	Présent (microtubules, filaments d'actine)
Division	Fission binaire	Mitose (réplication de la cellule) et souvent méiose (formation de gamètes)
Processus d'endocytose	Absent	Présent
Ribosomes	70S : 50S (ARN 23S et 5S) + 30S (ARN16S)	80S (sauf mitochondrie et chloroplaste) : 60S (ARN 25S et 5,8 S et 5S) + 40S (ARN 18S)
Membranes internes	Très rare (cf. certaines bactéries photosynthétiques, les méthanotrophes, les bactéries nitrifiantes…)	Présentes
Compartiments internes (= organites)	Absents	Présents : compartimentation de la production d'énergie (mithochondrie, chloroplaste), des réactions enzymatiques (péroxysome, lysosome, cytosol), de la synthèse protéique et sécrétion (réticulum endoplasmique, appareil de Golgi) – Quelques eucaryotes « primitifs » tels que *Giardia lamblia* n'ont pas de mitochondries ou de réticulum endoplasmique.

Tableau comparatif (suite) :

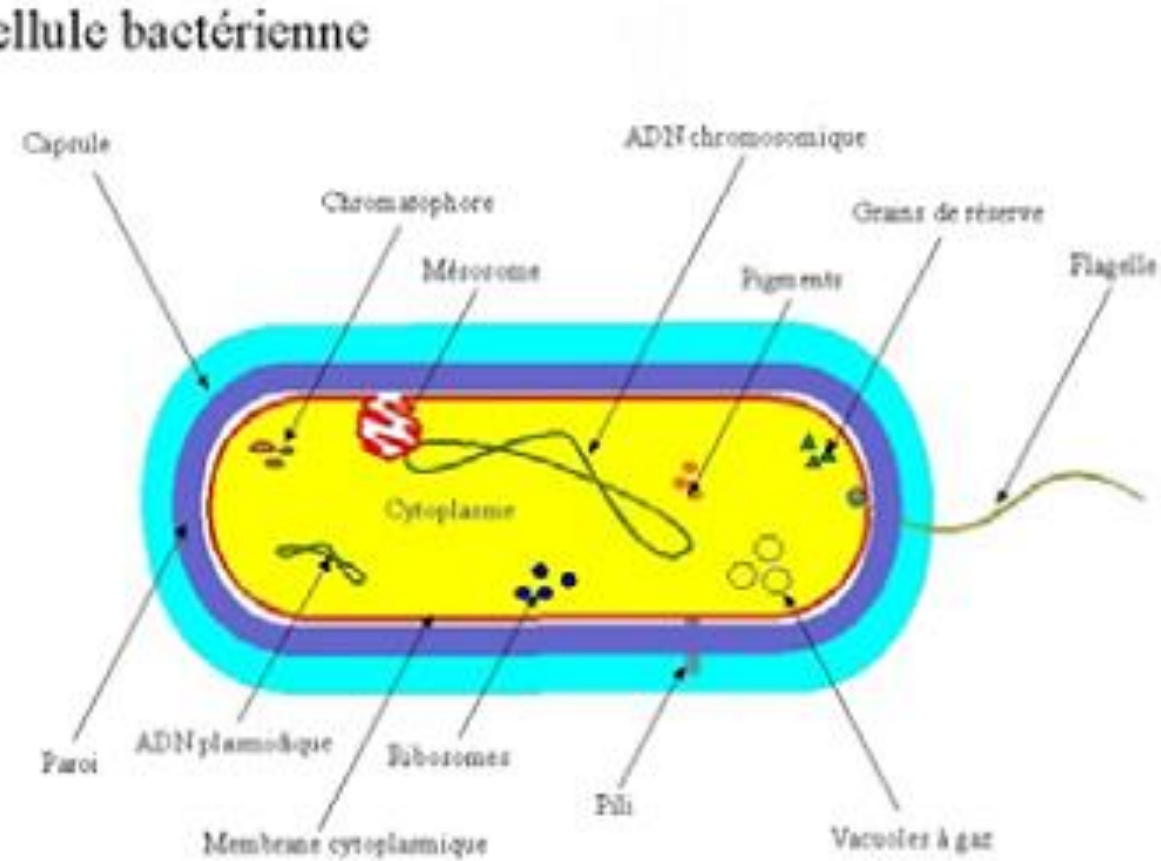
	Procaryotes	Eucaryotes
Appareil photosynthétique	Présent chez les phototrophes	Présent chez les algues et les plantes au sein d'organites spécialisés : les chloroplastes
Vacuole à gaz	Parfois présente	Absente
Endospore	Parfois présente	Absente
Flagelles, cils	Présent (selon espèces) – Flagelles constitués de flagelline et non entouré d'une membrane (le plus souvent)	Présent (selon espèces) – Flagelles et cils faits de tubuline, entourés d'une membrane
Paroi	Peptidoglycane présent chez la plupart des bactéries – Paroi absente chez quelques procaryotes (mycoplasmes, thermoplasmales) - Paroi différente présent chez certaines archées–	Paroi de cellulose chez les plantes, de chitine chez les champignons
Stérols dans les membranes	Très rare (exception : mycoplasme, méthanotrophe…)	Fréquente
Lipides liés par des liaisons ester	Présent chez les bactéries (mais pas les archées)	Présent
Lipides liés par des liaisons éthers	Présent chez les archées (mais pas les bactéries)	Absent

1- Morphologie générale.

a) Définition d'une bactérie :

*** Etre unicellulaire de petite taille (microorganisme, micron) de morphologie différente qui présente des caractéristiques propres (Procaryote).**

Schéma de la structure bactérienne



b) Dimensions

- l'unité de mesure en microbiologie = le micromètre (µm)

- Les dimensions des bactéries sont variables

- Diamètre habituel ≈ 0,5 à 1 µm

- Longueur ≈ 2 à 5 µm

- Certaines bactéries sont très longues :

(longueur = 100 µm, diamètre = 1 à 2 µm)

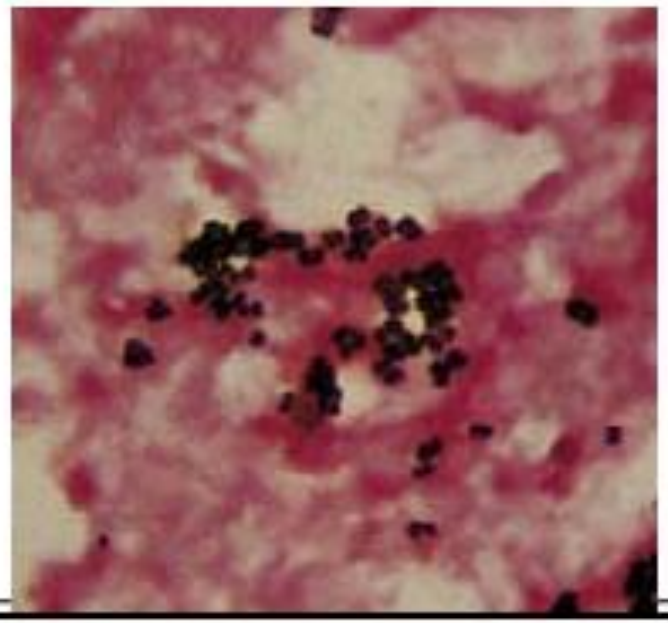
Les plus petites bactéries = mycoplasmes (0,1 à 0,3 µm)

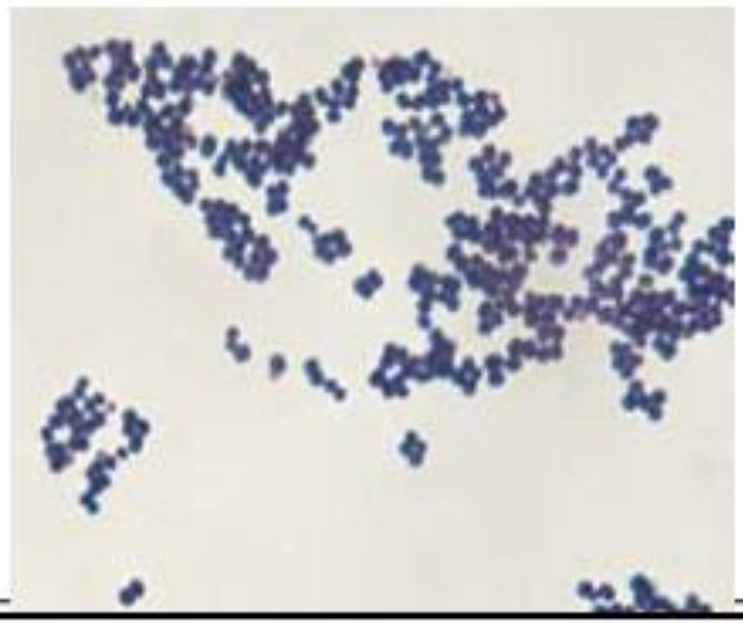
c- Forme des bactéries

* La forme des bactéries est un critère permettant de les classer.

* Les bactéries présentent des formes variables :

- Forme sphérique ou ovoïdes = *Coques ou Cocci*

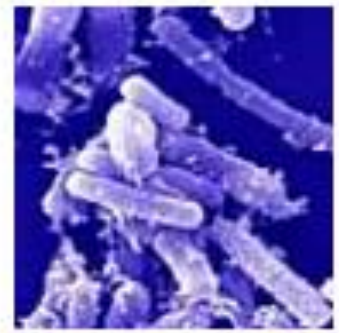




- Forme allongée droite ou cylindrique = *Bacilles*



E. coli



Bacille de Koch

- Forme spiralée = *Spirilles* (rigides ou relachées)

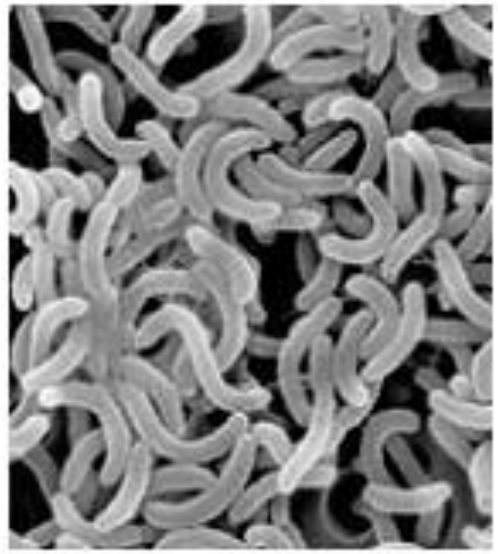


Spiroplasma melliferum



- Forme incurvée (en virgule) = *Vibrions*

Vibrio cholerae



- forme ovale (intermédiaire entre coque et bacille) = Coccobacille

Exemple : le genre *Brucella*



d- Groupement

- Certaines espèces bactériennes présentent des modes de groupement

Cellulaires caractéristiques de l'espèce.

* Pour les cocci, on trouve :

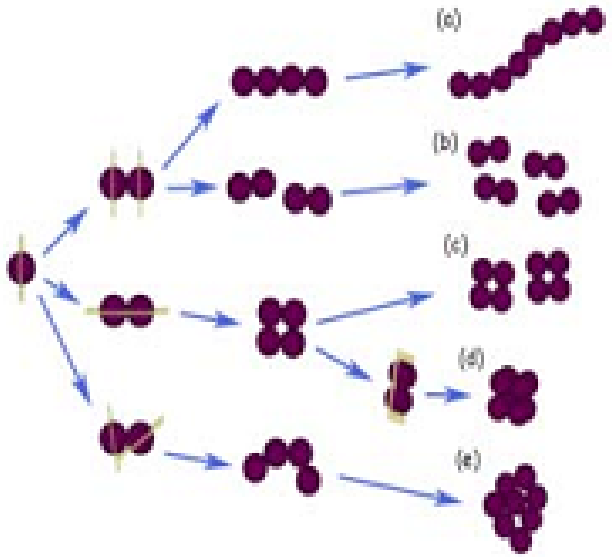
- Streptocoques, cocci en chaînettes ,(a) division selon un même plan;

- diplocoques, cocci regroupés deux à deux (b)

- en Tétrades (c) division selon deux plans régulièrement

- Sarcines (d) division selon trois plans régulièrement

- Staphylocoques, cocci en amas. (e) division selon plusieurs plans, irrégulièrement



* Pour les Bacilles, on trouve :

- en chaîne : ex, *Lactobacillus*



- en palissade : ex, *Corynebacterium*



- en Y : ex, *Bifidobacterium*

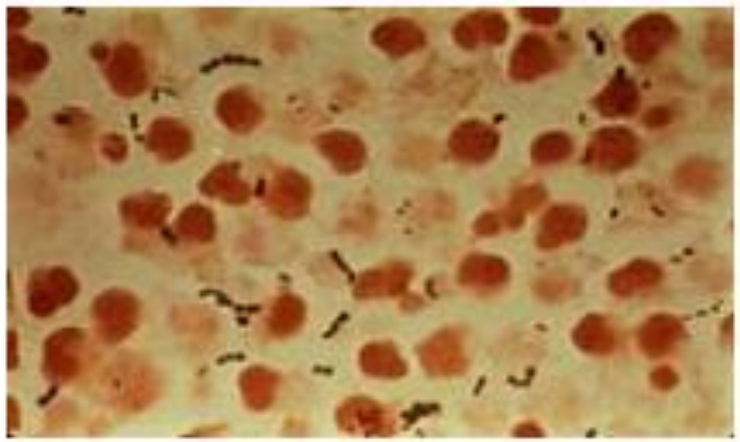


Remarque :

Ces groupements peuvent varier selon les circonstances

↓

Sur un frottis de Streptocoques, on peut trouver des amas de deux, quatre, huit, des grappes et la forme en chaîne caractéristique



Morphologie bactérienne

Formes sphériques : coques	Formes allongées
✷Forme ronde : Ex. : *Staphylococcus* ✷Forme ovale (ovoïde) : Ex. : *Streptococcus*	✷ Formes droites : court Long épais fin Bouts ronds bouts carrés Coccobacille Fusiforme ✷ Formes particulières ➢ Forme incurvée ex : *Vibrio* ➢ Forme spiralée ex : *Treponema*
✷Mode de groupement : ➢ isolé ➢ par deux (diplocoques) ➢ En flamme de bougie ex. : *Streptococcus pneumoniae* ➢ En grain de café ex. : *Neisseria* ➢ Par quatre : tétrade ex : *Micrococcus* ➢ En amas ➢ En chainette	✷ Modes de groupement : ➢ isolés ➢ diplobacille ➢ En amas ➢ En chainette ➢ En palissade

e- Ultrastructure de la cellule bactérienne

L'examen de la cellule bactérienne à l'aide des techniques microscopiques modernes révèle l'existence de deux types de Structures.

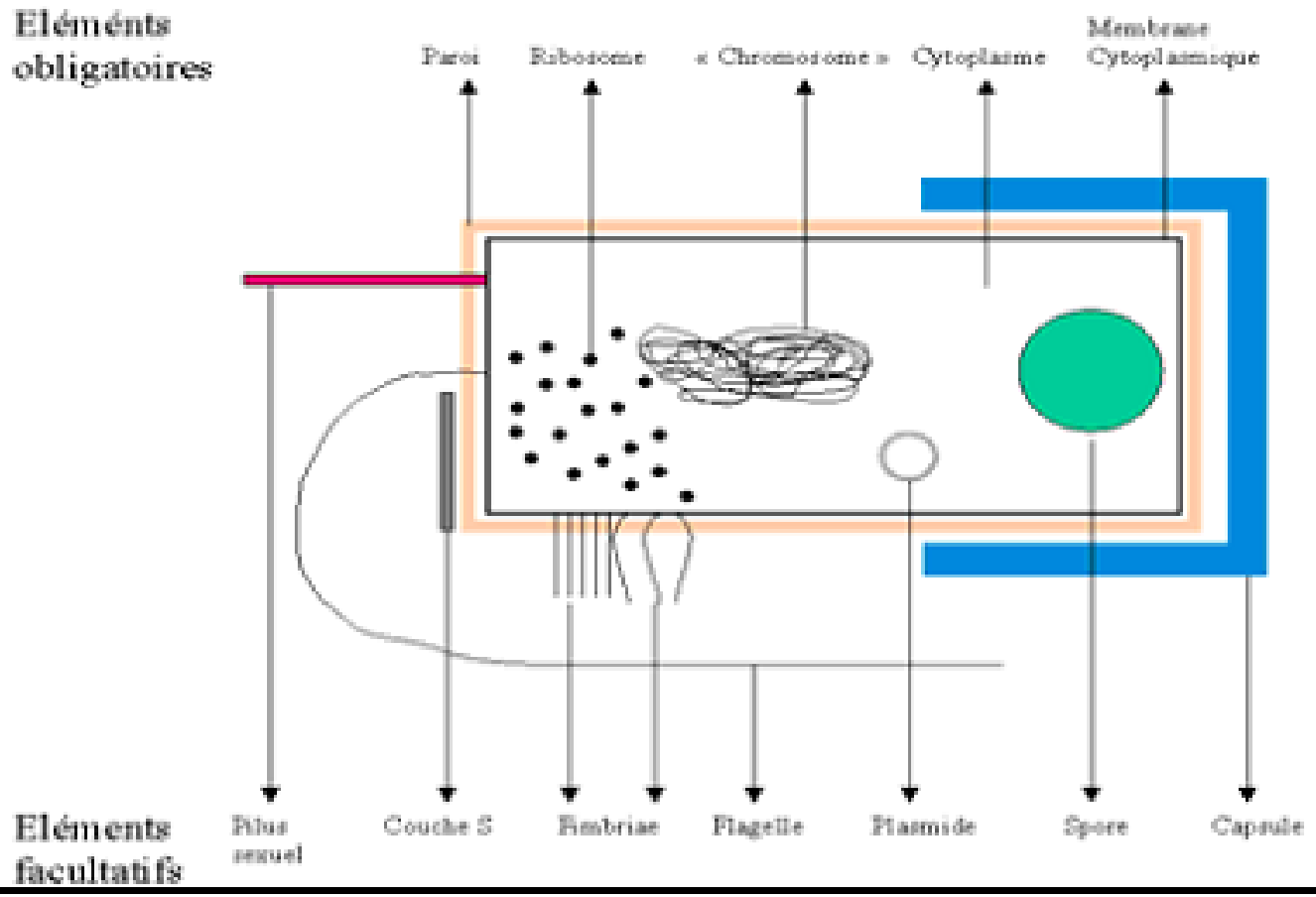
- Structures extérieurs à la paroi cellulaire (flagelles, pili, capsule…)

- Structures à l'intérieur de la paroi (membrane cytoplasmique, mésosome, cytoplasme et structures intracytoplasmiques…)

Les bactéries sont formées par des éléments

- obligatoires (présents chez toutes les bactéries)

- facultatifs (présents uniquement chez quelques espèces)



@ Éléments obligatoires

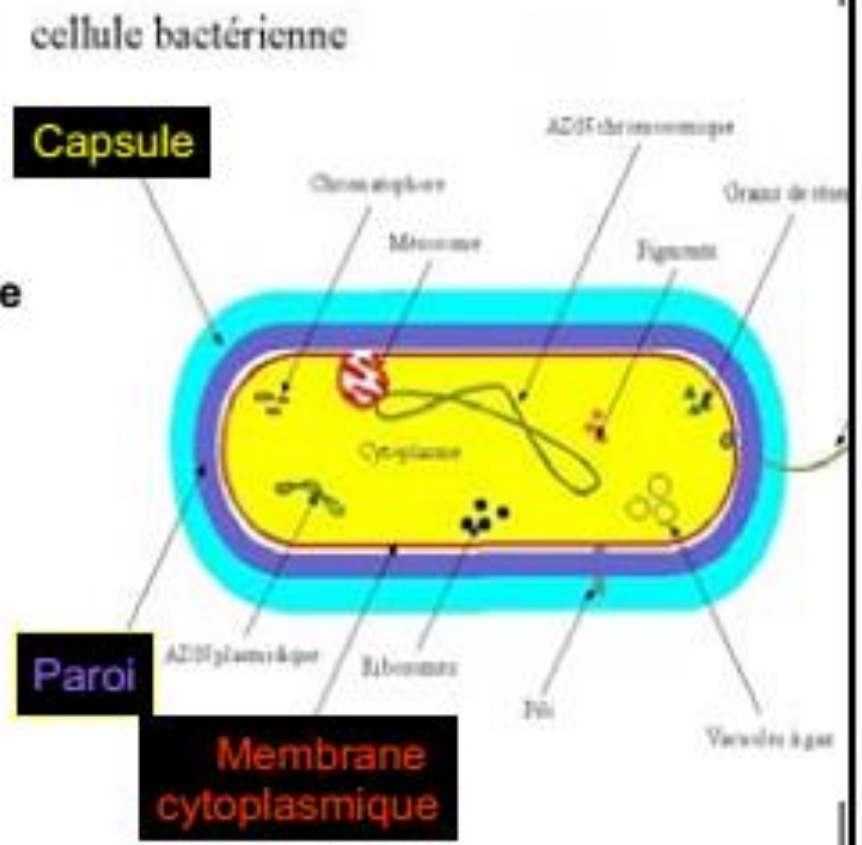
* La Paroi bactérienne :

*** La paroi se trouve au dessus de la membrane cytoplasmique et au dessous de Capsule.**

*** enveloppe rigide caractéristique de la cellule procaryote « exosquelette »**

*** A part les mycoplasmes, toutes les bactéries possèdent une paroi cellulaire**

*** Son épaisseur varie entre 10 et 35 nm chez la plupart des bactéries**



a) Rôles de la paroi bactérienne

*** Résistance**

- Confère à la bactérie sa forme (si on enlève la paroi, on obtient des cellules sphériques = protoplastes).
- Confère à la cellule sa rigidité et sa résistance aux pressions (pression osmotique interne des bactéries 5 à 20 atm)
- Assure la protection de la membrane cytoplasmique (membrane interne)

- Est constitué d 'un composé spécifiquement bactérien, le peptidoglycane (ou muréïne), un polymère d'un dissacharide formé de N-acétyl-glucosamine et d'acide N-acétyl-muramique (il donne à la cellule sa rigidité)

* Echanges

- Contrôle la diffusion des molécules en fonction de leur taille, degré d'hydrophobicité... : rôle de membrane semi-perméable

- Assure le captage des nutriments importants : récepteurs et transporteurs membranaires spécifiques

- Effectue le rejet des composés nocifs dans le milieu extérieur : pompes d'efflux

* Adaptation

-Se modifie pour permettre la croissance et la division cellulaire

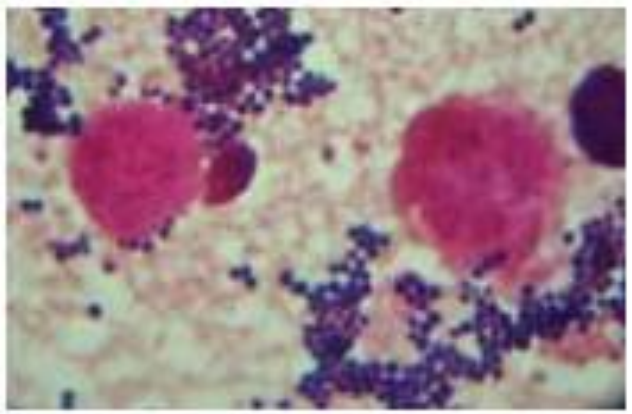
* Classification

- Est colorable par la méthode de Gram (1884).

Coloration de Gram

Cette coloration permet de diviser les bactéries en deux grands groupes

bactérie à Gram positif



Staphylococcus aureus

bactérie à Gram négatif



Escherichia coli

Coloration de Gram

* C'est la coloration de base en bactériologie .

* Cette coloration permet de différencier les bactéries selon deux critères :

- leur forme ,

- leur affinité pour les colorants .

Pour réaliser cette coloration, on doit d'abord préparer

ce qu'on appelle un frottis fixé

Voir TP

Principe de la coloration de Gram

- les bactéries sont imprégnées par une première solution colorante, le violet Cristal.

- puis elles sont fixées par un mordant, la solution de Lugol (solution d'iode dans l'iodure de potassium)

On fait ensuite agir un décolorant (alcool le plus souvent)

Suivant la composition de leur paroi :

- certaines bactéries résistent à cette décoloration et apparaissent colorées en violet elles sont dites Gram positif .

- d'autres bactéries ne résistent pas et ne sont plus visibles. On doit donc utiliser un deuxième colorant de teinte contrastante (fuchsine, ou safranine, colorants rouges). Ces bactéries apparaissent alors colorées en rose, elles sont dites Gram négatif.

La distinction entre bactéries à gram positif et bactéries à gram négatif repose

Sur une différence de composition chimique pariétale.

b) Composition chimique de la paroi bactérienne

	Bactéries Gram +	Bactéries Gram -
Osamines	+++	+
Acides aminés	24 à 35 %	50 %
Acides teichoiques	+++	-
Oses	20-60 %	20-60 %
Lipides	1-2,5 %	10-22 %

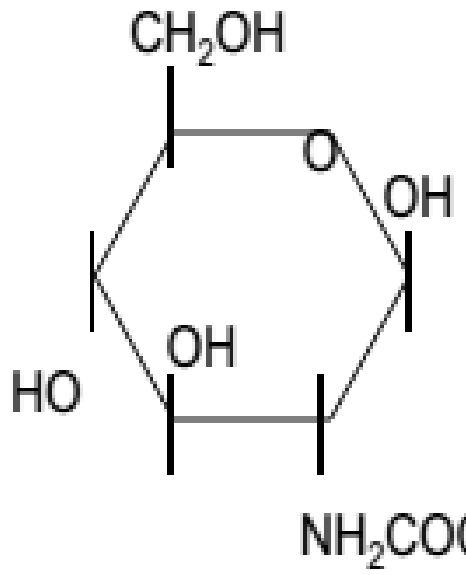
Les différents composants de la paroi bactérienne

* Osamines

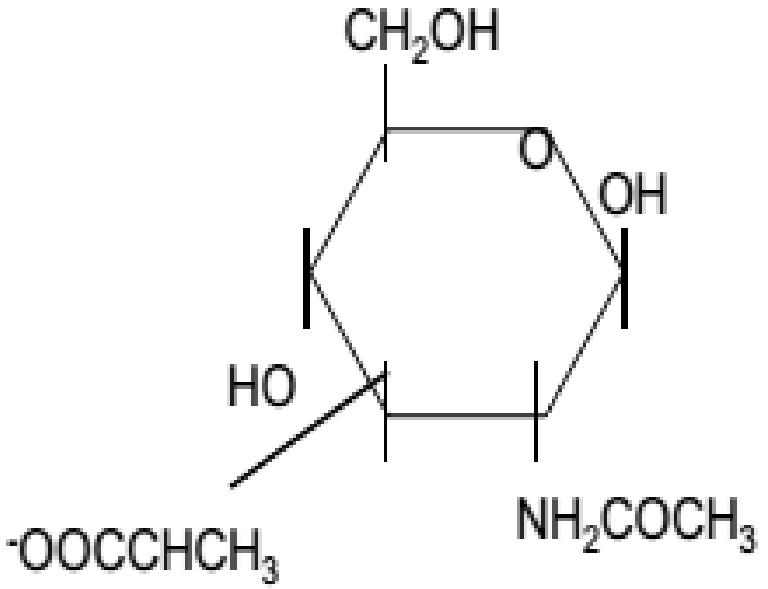
- La N-acétylglucosamine
- L'acide N-acétylmuramique

• Présents chez toutes les bactéries
• Entrent dans la composition du peptidoglycane

- La glycosamine : présente chez quelques espèce seulement en faible proportion



N-acétylglucosamine (NAG)



Acide N-acétylmuramique (NAM)

* Oses simples

- Nombreux : glucose, galactose, mannose, fructose .....etc

- Leur nature et leur types d'associations confèrent aux antigènes de Paroi leur spécificité

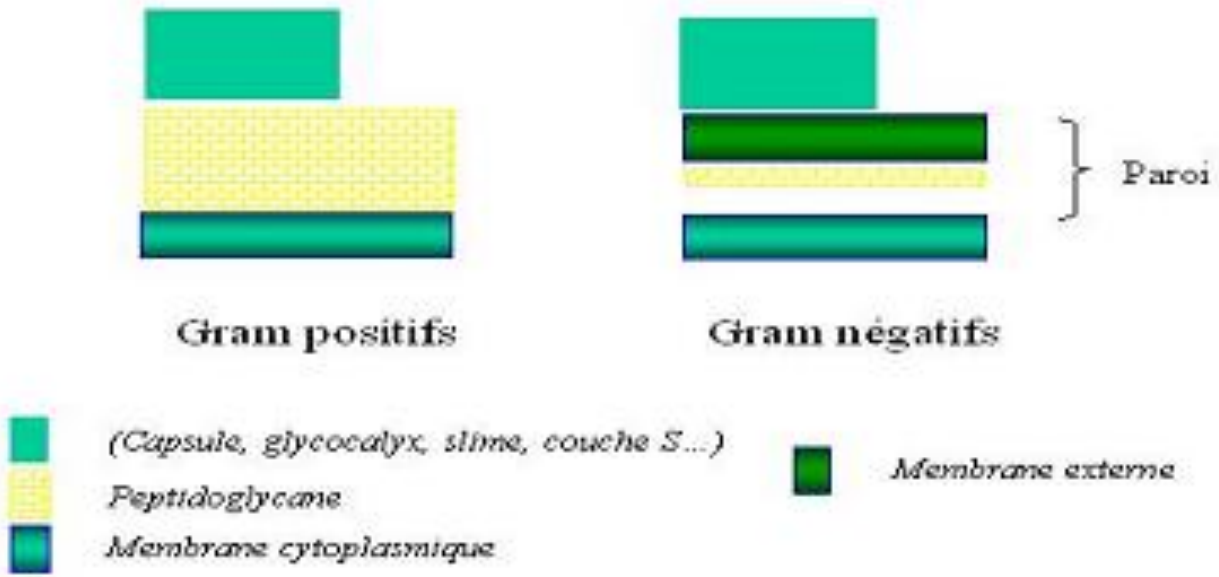
* Lipides

- Présents en faible quantité (presque totalement absents chez les Gram +)

- entrent dans la composition des lipopolysaccharides des Gram -

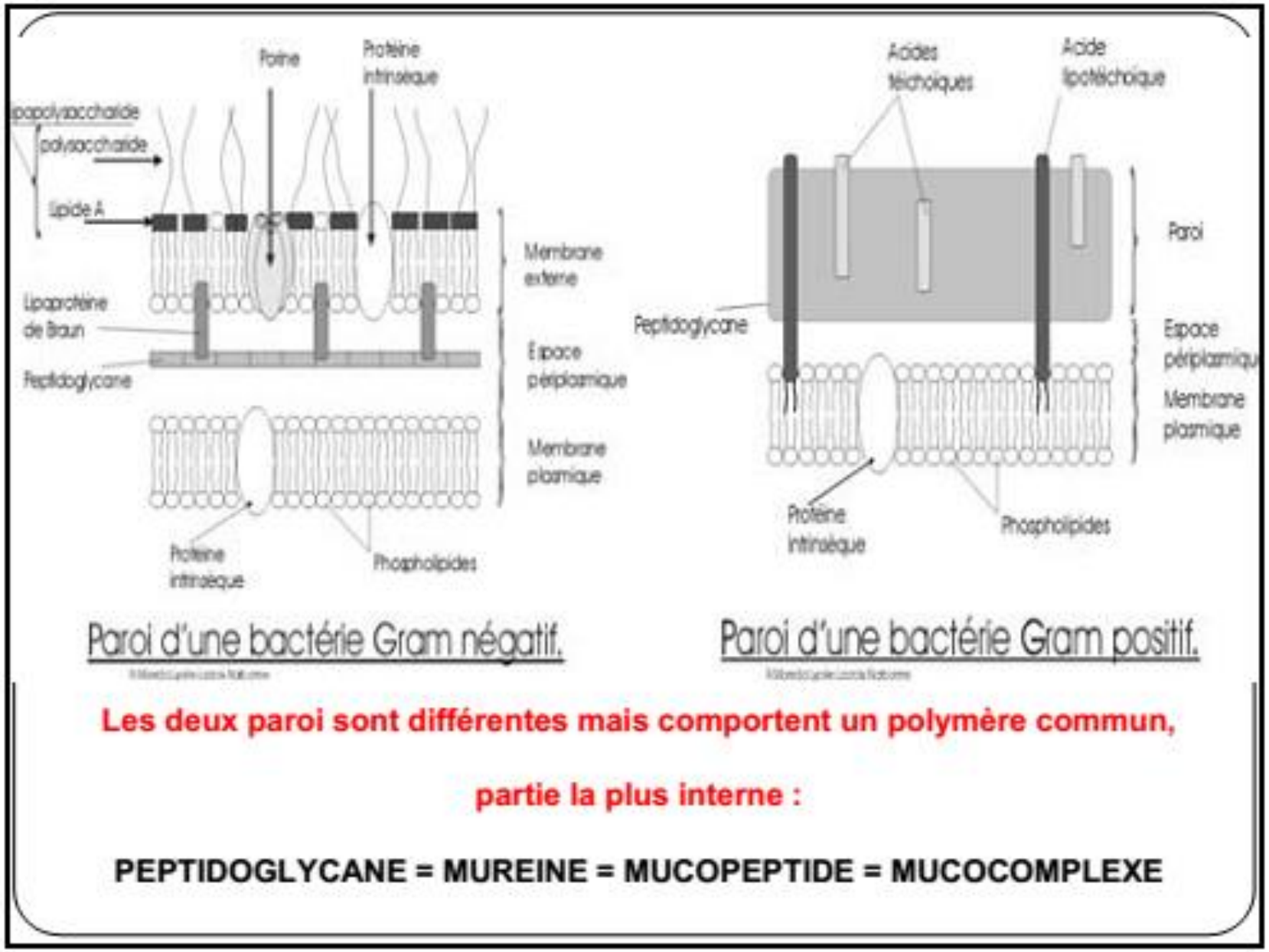
c) Structure moléculaire de la paroi bactérienne

- Il existe une nette différence de structure entre les parois des Gram + et des Gram -



- Paroi épaisse (15 à 80 nm)
- aspect homogène

- Paroi mince (6 à 15 nm)
- aspect hétérogène



Les deux paroi sont différentes mais comportent un polymère commun,

partie la plus interne :

PEPTIDOGLYCANE = MUREINE = MUCOPEPTIDE = MUCOCOMPLEXE

* Le peptidoglycane

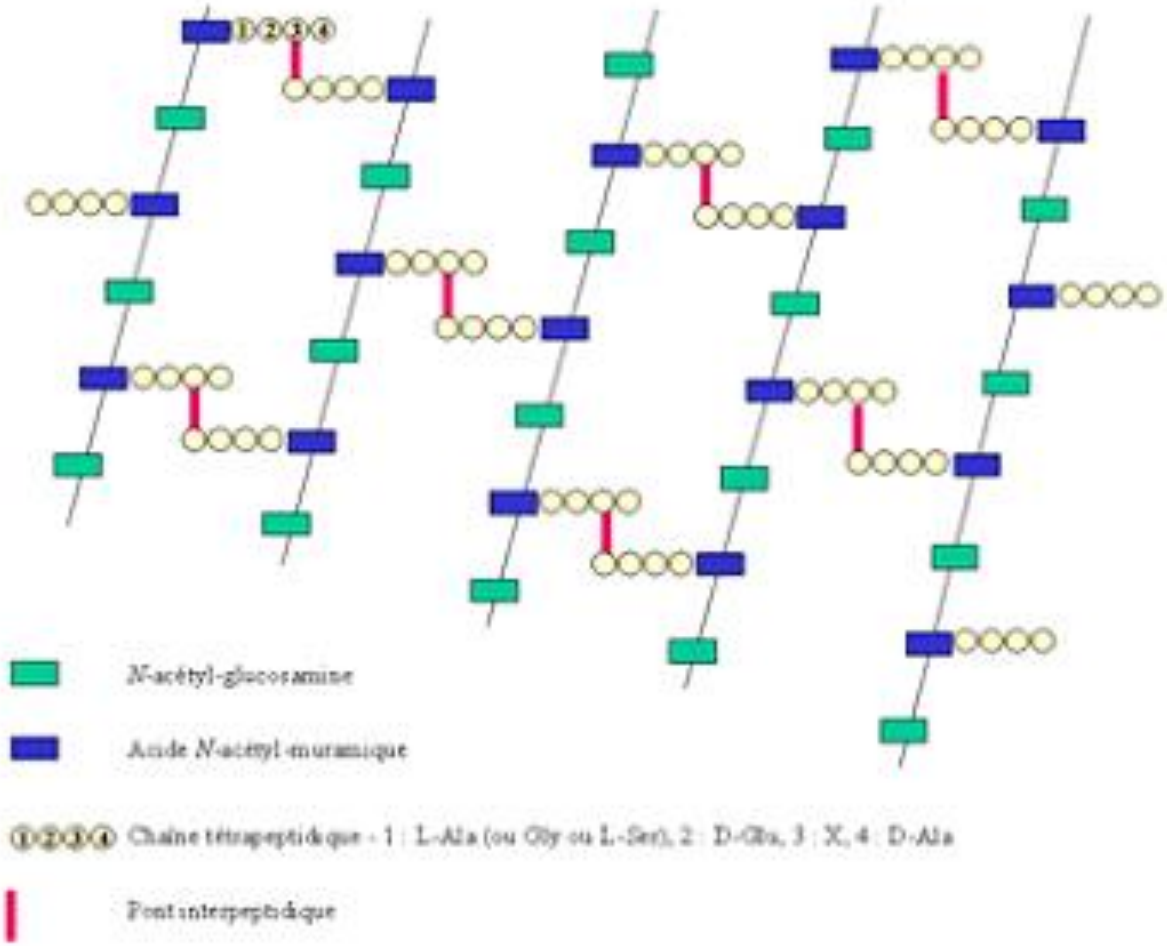
Comme son nom l'indique, le petidoglycane est constitué :

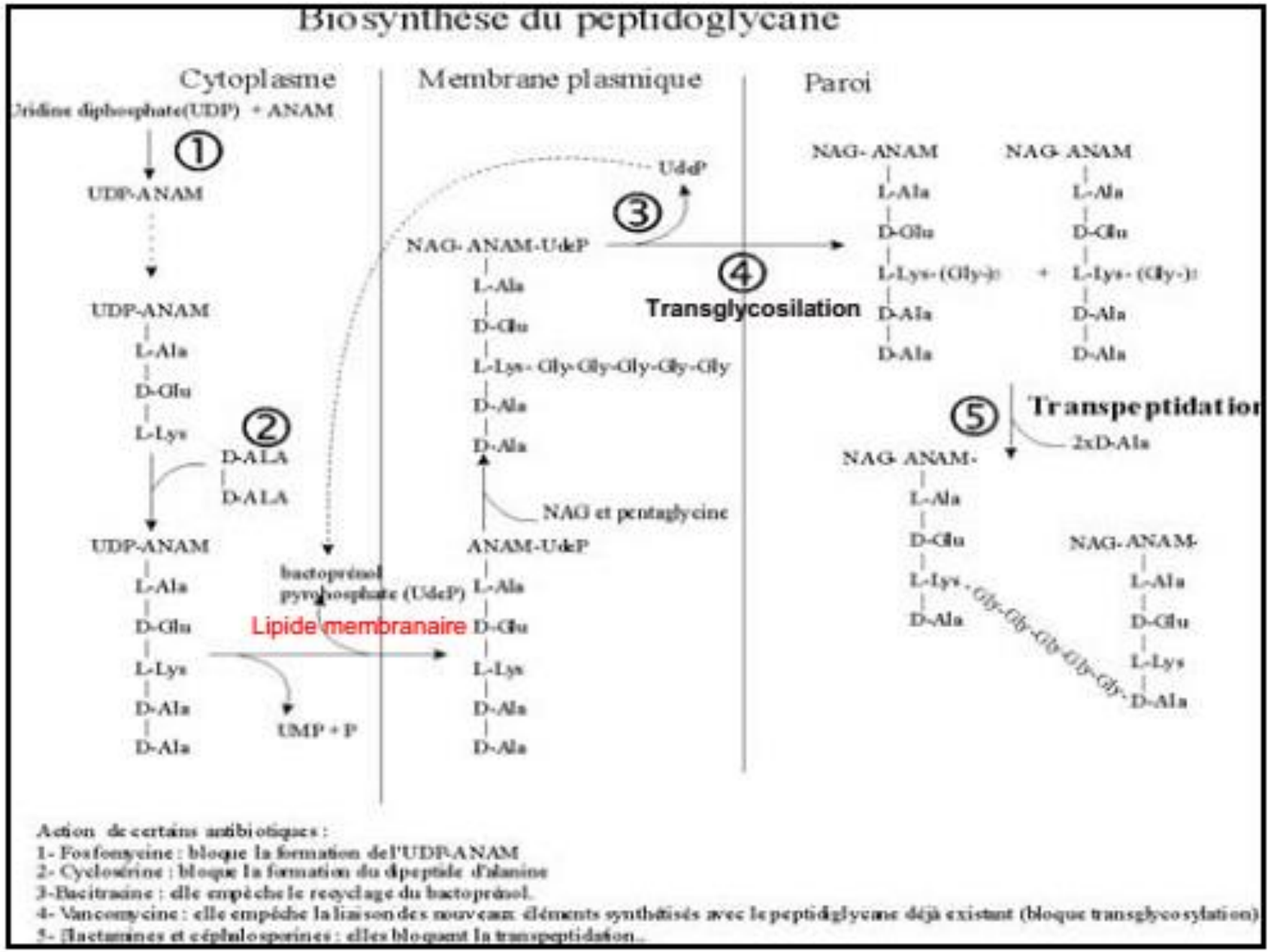
* d'une partie glucidique : il s'agit d'une alternance de N-Acétyl-Glucosamine (NAG) et de N-Acétyl-Muramique (NAM) reliés par des liaisons Glycosidique β 1-4.

* d'une partie peptidique : 4 acides aminés qui sont reliés par une liaison amidique au niveau de la fonction acide carboxylique du résidu pyruvate du NAM.

Le peptidoglycane est formé par de longues chaines répétitives montrant une alternance NAG-NAM

Structure du peptidoglycane (polymère en réseau donne sa rigidité à la cellule




Biosynthèse du peptidoglycane
Cytoplasme
Membrane plasmique
Paroi
UDP-ANAM
L-Ala
D-Glu
L-Lys
D-ALA
D-ALA
UMP + P
bactoprénol pyrophosphate (UdcP)
Lipide membranaire
NAG et pentaglycine
ANAM-UdcP
NAG-ANAM-UdcP
L-Lys- Gly-Gly-Gly-Gly-Gly
D-Ala
UddP
Transglycosilation
NAG- ANAM
2xD-Ala
Transpeptidation
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- Bêtalactamines et céphalosporines : elles bloquent la transpeptidation.

Remarque

* Le peptidoglycane est la cible de nombreux antibiotiques (b-lactamines comme la pénicilline). → inhibition de la synthèse de la paroi

* Le lysosyme est une enzyme (présente dans les larmes, la salive...) capable d'hydrolyser les liaisons osidiques du peptidoglycane

Protoplastes (bactéries Gram +) ← Destruction de la paroi

Sphéroplastes (bactéries Gram -)

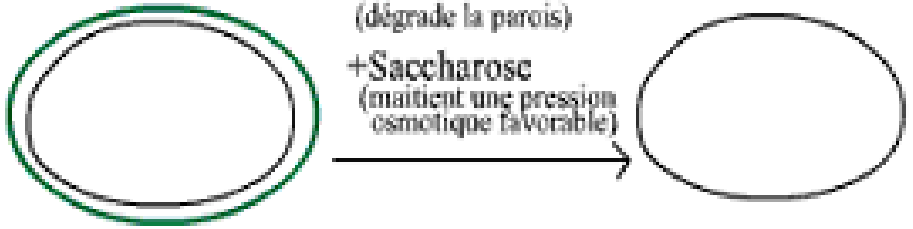
* **Spheroplaste** = protoplasme isolé des cellules bactériennes Gram.-

Gram -
(possède une parois + une membrane externe)

+Lysosyme
(dégrade la parois)
+Saccharose
(maitient une pression osmotique favorable)
+ EDTA

→ Spheroplaste
(protoplaste + petits bouts de parois)
→ peut survivre et reconstituer sa parois
= **REVERSION**

* **Protoplaste** = Cellule bactérienne libérée de sa paroi mucopolysaccharidique



+Lysosyme
(dégrade la parois)
+Saccharose
(maitient une pression osmotique favorable)

Gram+
(possède une parois)

Protoplaste
(survie limité en présence de saccharose)

Conclusion des deux expériences

La paroi joue un rôle :

- dans la forme de la cellule

- dans la résistance à la pression interne de la cellule (milieu

Hypertonique empêche la lyse des cellules)

Comparaison de la paroi des bactéries à Gram positif et des bactéries à Gram négatif

	Bactéries à Gram positif	Bactéries à Gram négatif
Aspect en microscopie électronique	Une couche épaisse et amorphe .	Deux couches séparées par un espace clair .
Présence d'une membrane externe	Non	Oui
Présence d'un espace périplasmique	Non	Oui
Peptidoglycane	Épais (15 à 80 nm), représente 40 p. cent du poids sec,	Mince (6 à 15 nm), représente moins de 10 p. cent du poids sec,
Acides téchoïques	Présents	Absents
Présence de protéines	Possible : liaisons covalentes avec le peptidoglycane, rôle éventuel dans le pouvoir pathogène, rôle éventuel dans l'antigénicité spécifique .	Fréquente
Présence de polysaccharides	Possible : antigènes spécifiques de groupe pour certaines espèces	Possible
Lipopolysaccharides	Absents	Présents

Autres rôles de la paroi

- La paroi possède des propriétés antigéniques

* Bactéries à Gram +

- Acides teichoïques = principaux Ag chez Les staphylocoques

- Chez le genre *Streptoccocus*

Ag C (polyosidiques)

Ag M, T, et R (proteiniques)

À la base de la clasification antigénique de Lansfield (groupes sérologiques A,B,C,D,E..)

* Bactéries à Gram -

- Polysaccharide O du LPS = Ag

La classification des ***Salmonella*** par **Kauffmann et White** en groupes sérologiques repose sur la diversité des facteurs O et H (antigènes flagellaires)

Autres rôles de la paroi

- Fixation des bactériophages

- Certains constituants de la paroi sont des sites privilégiés de fixation des bactériophages (ex : acides teichoïques des bactéries Gram positif)

- La fixation du virus sur la paroi constitue la première phase de l'infection virale.

- Celle-ci peut être suivie par la lyse de la cellule.

- Cette propriété peut être utilisée pour différencier certaines espèces bactériennes.

- la carte d'identité obtenue est appelée lysotype .

