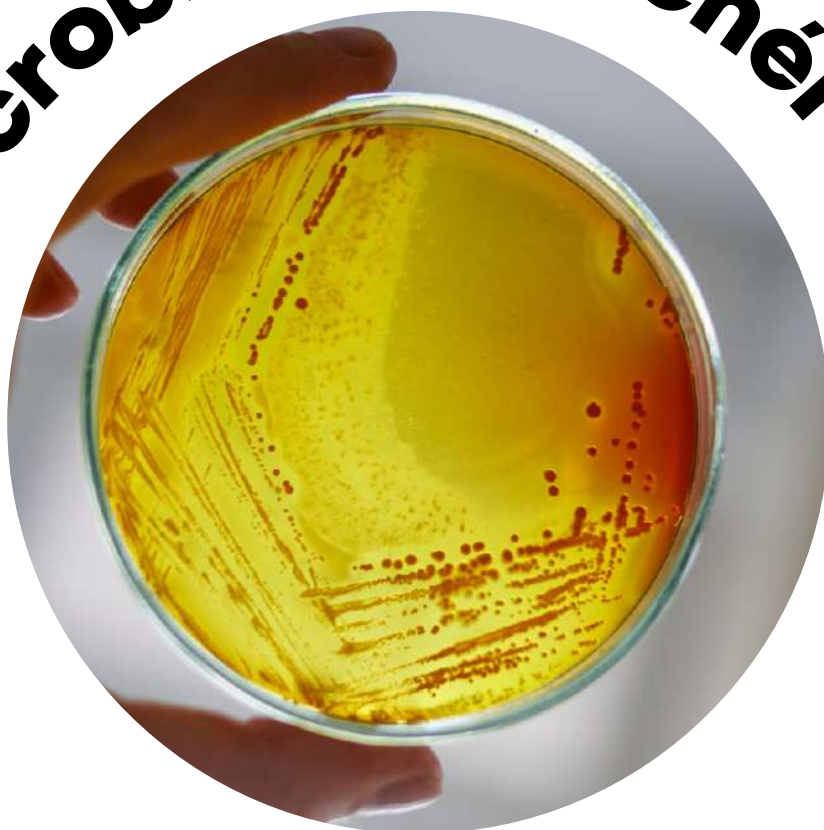


# Microbiologie Générale



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



# Eléments de base en Microbiologie

S. Bury-Moné

Bât 400

Institut de Génétique et Microbiologie

[sburymone@igmors.u-psud.fr](mailto:sburymone@igmors.u-psud.fr)

# Sommaire

- 1. Définition d'un microorganisme et éléments de classification**
- 2. Place des microorganismes dans le monde vivant**
- 3. Structure des cellules eucaryotes et procaryotes**

# Sommaire

**1. Définition d'un microorganisme et éléments de classification**

2. Place des microorganismes dans le monde vivant

3. Structure des cellules eucaryotes et procaryotes

# Une définition d'un organisme vivant

Cellule = unité de base de la vie  
présence d'une cellule, c'est-à-dire d'une **membrane plasmique** autour d'un **génome *transmissible*** à la descendance ayant une certaine autonomie métabolique (au moins un système de traduction et des voies anaboliques et cataboliques) , une **capacité d'évolution** , et une **durée de vie limitée**.

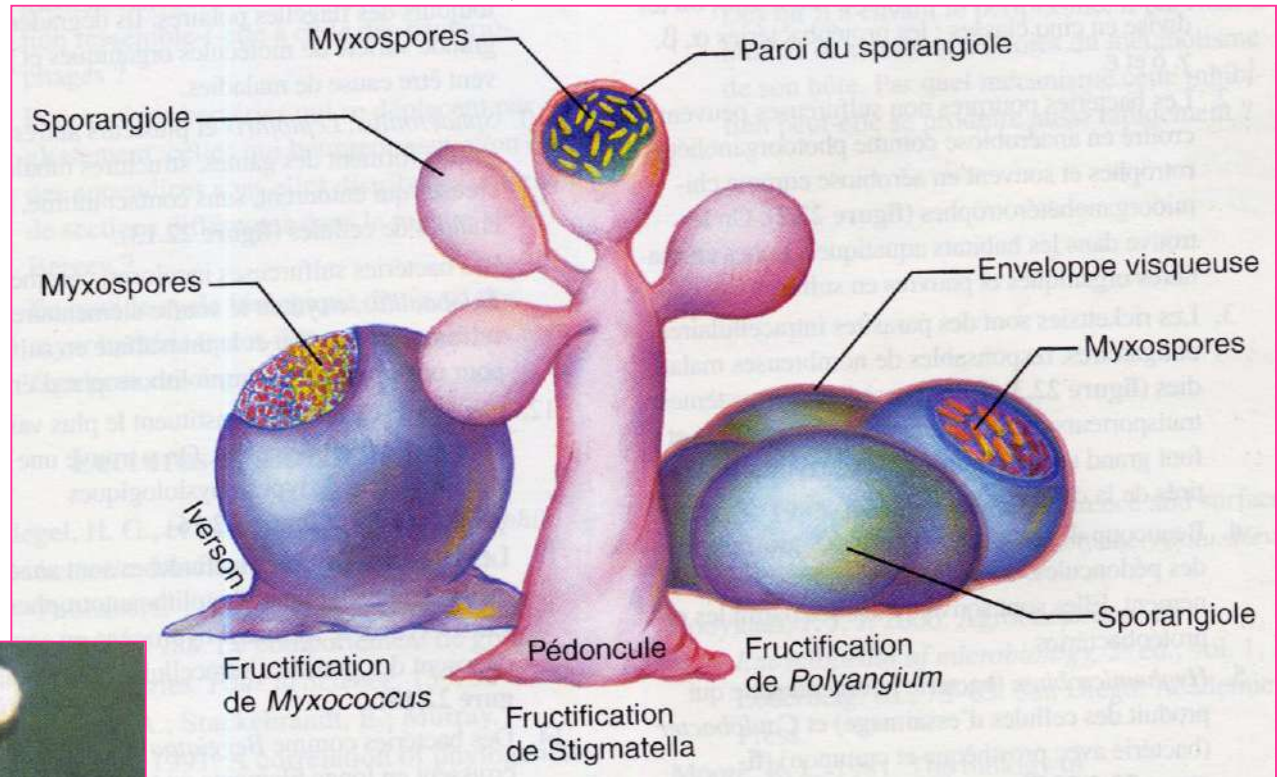
## Une définition d'un microorganisme

Les microbes ou microorganismes sont des organismes, le plus souvent invisibles à l'œil nu, unicellulaires ou multicellulaires (par exemple, mycélium) dénuées de différenciation *tissulaire*. Les cellules sont équivalentes et ne présentent pas, *le plus souvent*, de spécialisation fonctionnelle.

Carence

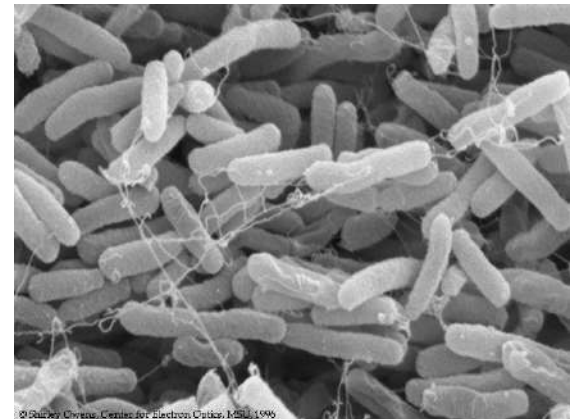
Myxobactéries associées pour former une fructification

Myxobactérie isolée



## Structure hiérarchique des taxons

<b>Rang</b>	<b>Exemple</b>
<b>Domaine</b>	<i>Bacteria</i>
<b>Règne</b>	<i>Bacteria</i>
<b>Phylum</b>	<i>Proteobacteria</i>
<b>Classe</b>	$\gamma$ -Protéobactéries
<b>Ordre</b>	Enterobactériales
<b>Famille</b>	<i>Enterobacteriaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Escherichia</i>
<b>Espèce</b>	<i>Escherichia coli</i>





# Les principaux règnes et les trois domaines du monde vivant

Haeckel (1894) Trois règnes	Whittaker (1969) Cinq règnes	Woese (1977) Six règnes	Cavalier-Smith (1981) 8 règnes	Consensus ?	Woese (1990) Trois domaines	
Protiste	Monera	Eubacterie	Eubactérie	Bactérie	Bactérie ( <i>Bacteria</i> )	
		Archéobactérie	Archéobactérie	Archée		Archées ( <i>Archaea</i> )
	Protiste	Protiste	Archéozoaire	Archéozoaire	Protozoaire	<b>Eucaryote</b> ( <i>Eucarya</i> )
			Protozoaire	Protozoaire	Chromiste	
Chromiste			Chromiste	Champignon		
Végétal	Champignon	Champignon	Champignon	Champignon		
	Végétal	Végétal	Plante	Plante		
Animal	Animal	Animal	Animal	Animal		

} Procaryote

Règnes pouvant contenir des microorganismes

La métagénomique permettra-t-elle de découvrir de nouveaux règnes ?

## Procaryote

« pro » = primitif, avant  
« karyote » = noyau

Ces organismes n'ont pas de véritable noyau, leur matériel génétique est organisé sous la forme d'un nucléoïde. Ils se divisent par fission binaire. Ils partagent d'autres caractéristiques structurales, génétiques et biologiques (cf. §3).

Les procaryotes comprennent deux règnes :

- les **archées**

- les Euryarchées comprenant notamment :

- les méthanogènes : archées anaérobies productrices de CH<sub>4</sub>

- les halophiles extrêmes : organismes dont la croissance dépend d'une forte teneur en sels

- les thermoplasmiales : un groupe d'organismes acidophiles et thermophiles ne possédant pas de paroi

- les Crenarchées : les hyperthermophiles (organismes vivant dans des milieux très chauds) tels que *Sulfolobus*, *Pyrodictium*, *Thermoproteus*...

- les **bactéries** *sensus stricto*



Exemple d'habitat de *Sulfolobus* -  
Yellowstone (chaud, acide, riche en sulfure)

# Eucaryote

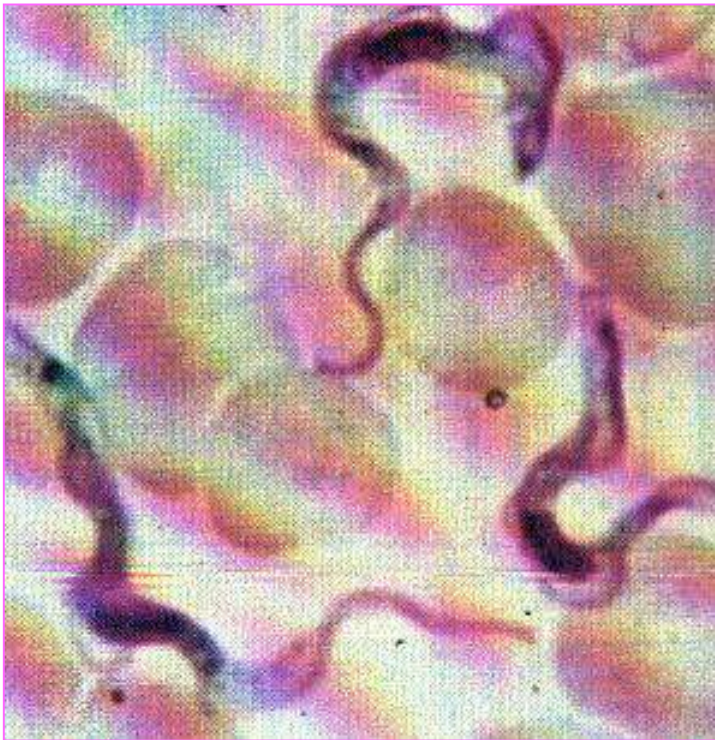
« eu » = vrai, « karyote » = noyau

Ces organismes possèdent un vrai noyau, c'est-à-dire que leur matériel génétique est organisé au sein d'un organite intracellulaire délimité par deux membranes. Ils se divisent par mitose et souvent aussi par méiose. Ils partagent d'autres caractéristiques structurales, génétiques et biologiques (cf. §3). Les eucaryotes comprennent les protozoaires, les chromistes, les champignons, les animaux et les végétaux.

# Protozoaires

Ce sont des microorganismes non photosynthétiques hétérotrophes le plus souvent (mais certaines espèces sont photosynthétiques) formés d'une seule cellule, mobiles (le plus souvent) et se nourrissant essentiellement par phagocytose. Sur la base de la locomotion, on en distingue 4 groupes :

- les flagellés : se déplacent à l'aide d'un flagelle. Ex : trypanosome, *Euglena*, Dinoflagellés
- les amibes : se déplacent à l'aide de pseudopodes Ex : *Amoeba*
- les ciliés : se déplacent à l'aide de cils. Ex : *Paramecium*
- les sporozoaires : parasites non mobiles formant des spores. Ex : *Plasmodium*



Les protozoaires parasites, quant à eux, causent différents troubles de santé aux personnes infectées notamment la dysenterie amibienne, la toxoplasmose, la malaria, la maladie du sommeil etc. Ces parasites ne peuvent proliférer hors de leurs hôtes mais peuvent s'enkyster lorsque les conditions deviennent défavorables. Ces kystes sont d'abord formés dans l'intestin des personnes infectées et par la suite dispersés dans l'environnement grâce aux excréments. Ils se propagent surtout par la voie fécale-orale. Plusieurs parasites sont aussi transmis par des insectes piqueurs. L'eau et les denrées contaminées constituent les principaux véhicules de transmission.

*Trypanosoma brucei* (agent de la maladie du sommeil)

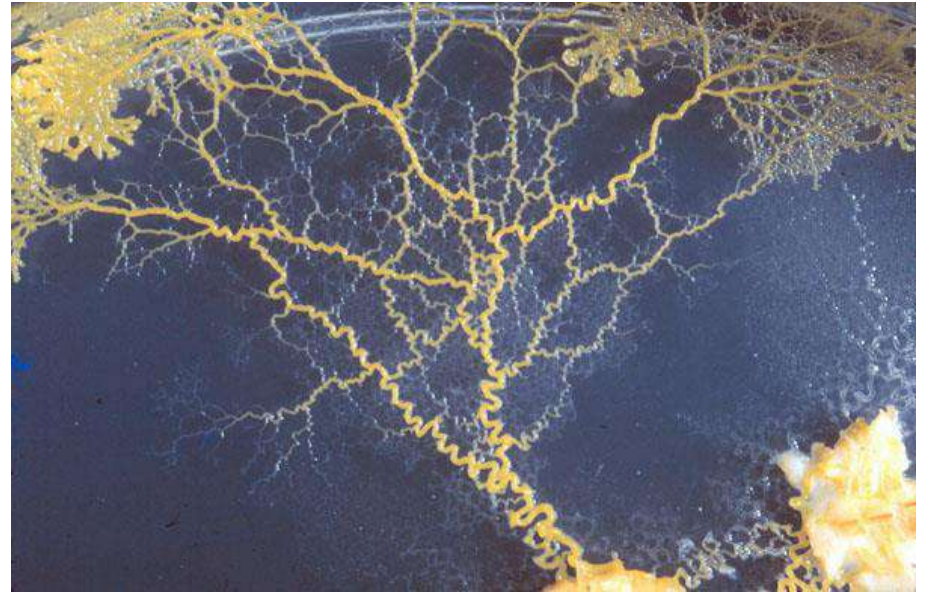


Certaines *Euglena* peuvent perdre leur chloroplastes et se nourrir par absorption. Elles peuvent continuer à se diviser et donner naissance à des populations non colorées.

Les myxomycètes  
(moisissures visqueuses) :  
de drôles de protozoaires...



*Arcyria carnea*



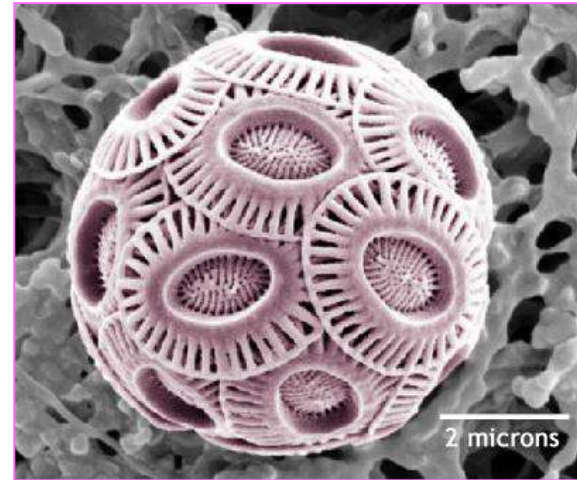
Plasmode de *Physarium polycephalum*

# Chromistes

Ils correspondent aux algues dont les chloroplastes contiennent des chlorophylles *a* et *c*, ainsi qu'à des organismes non colorés qui leur sont proches. Les chloroplastes sont entourés de quatre membranes et semblent avoir été acquis par endosymbiose d'une bactérie pourpre. Ils se situent dans le réticulum endoplasmique plutôt que dans le cytoplasme (comme chez les plantes). Certains de ces microorganismes peuvent posséder des structures de locomotion (ex : flagelles). Ce règne comprend notamment les diatomées, les algues dorées, les algues brunes, les algues haptophytes et les cryptomonades.



**Diatomées**



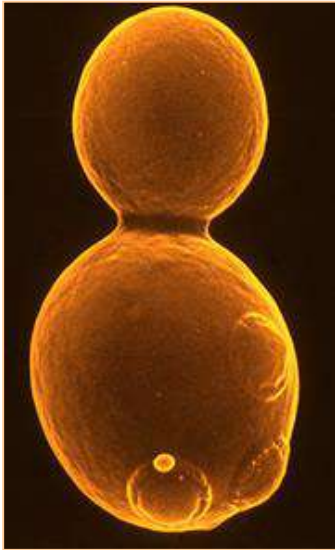
**Une algue haptophyte**  
(*Emiliana huxleyi*)



# Champignons

Les **Champignons** (*fungi*) regroupent les organismes eucaryotes non photosynthétiques hétérotrophes et possédant une paroi. Leur alimentation se fait par absorption. Ils forment un groupe phylogénétique homogène constitué :

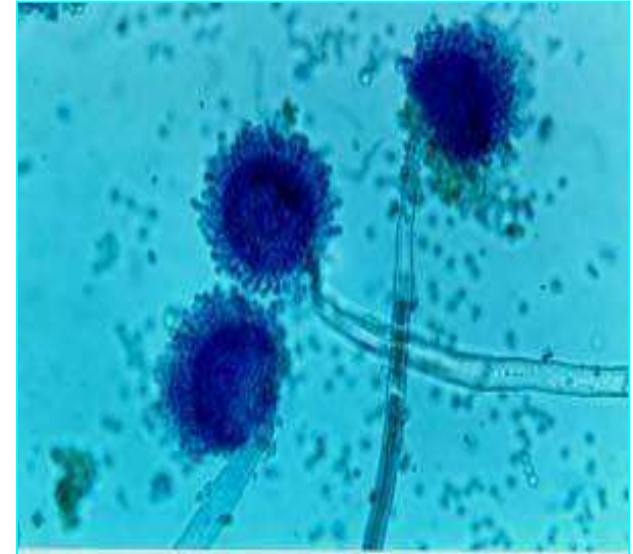
- des champignons microscopiques (= mycètes) :
  - levures (*yeast*)
  - moisissures (*mold*) = champignons filamenteux
- des champignons macroscopiques (*mushroom*)



*Saccharomyces cerevisiae*



*Candida albicans*



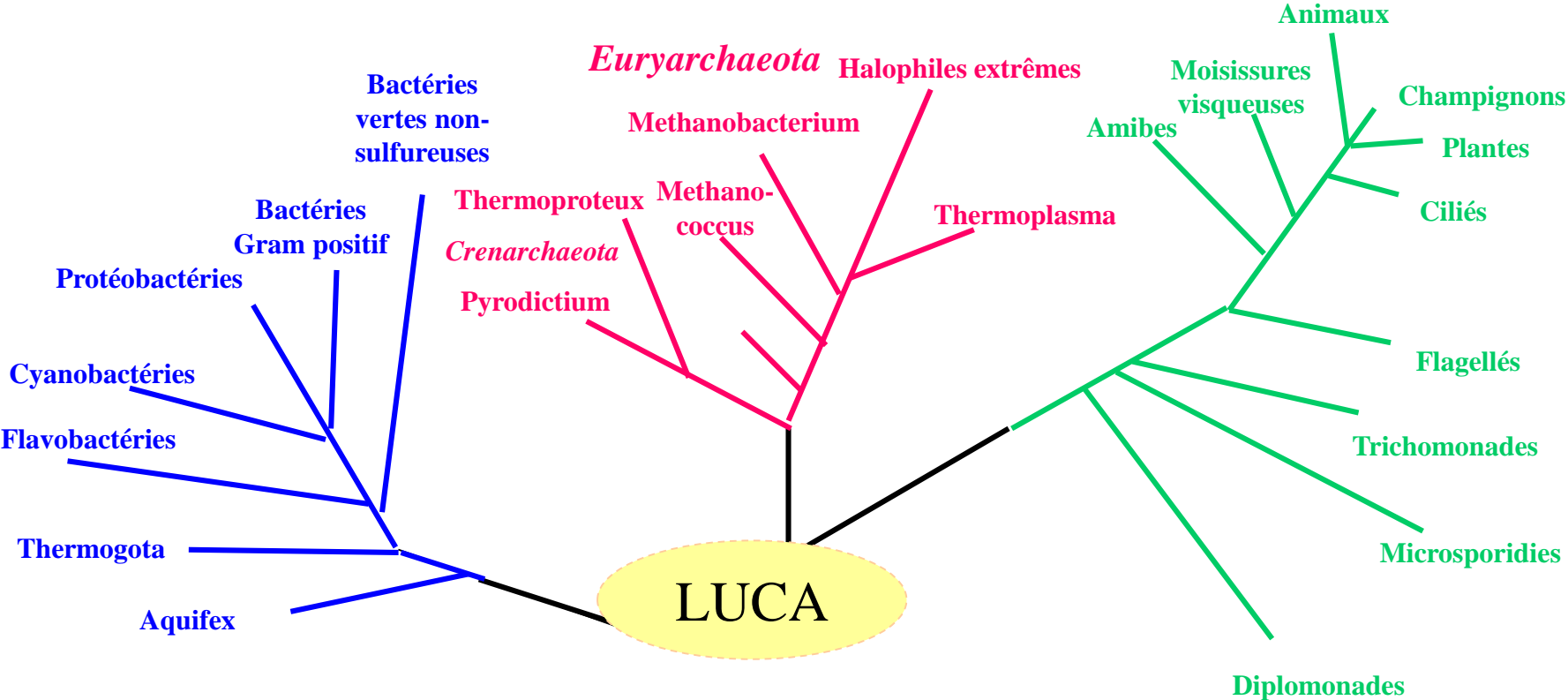
*Aspergillus niger*

# Un arbre du vivant

## Bacteria

## Archeae

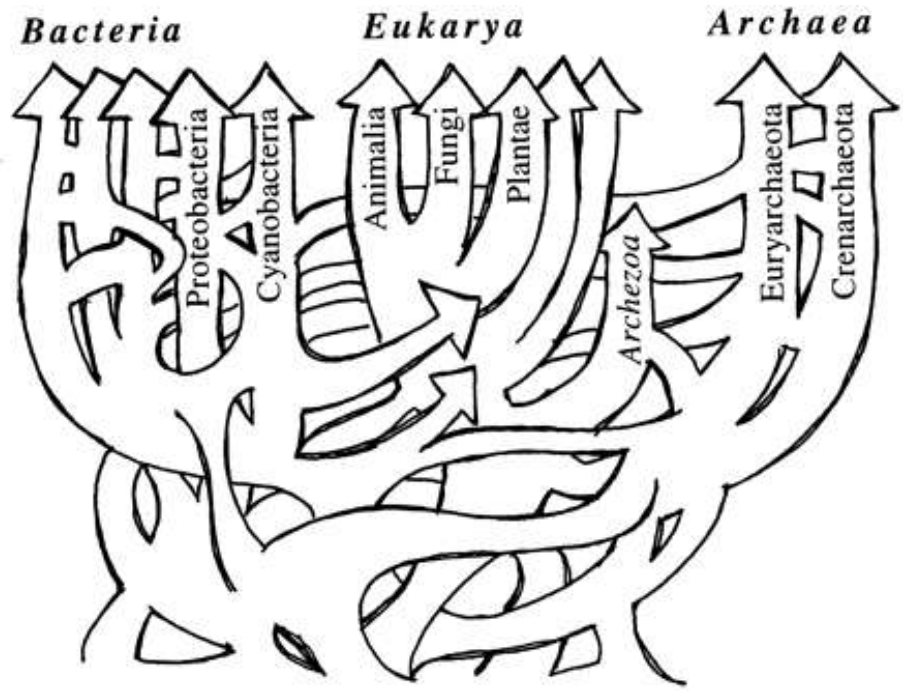
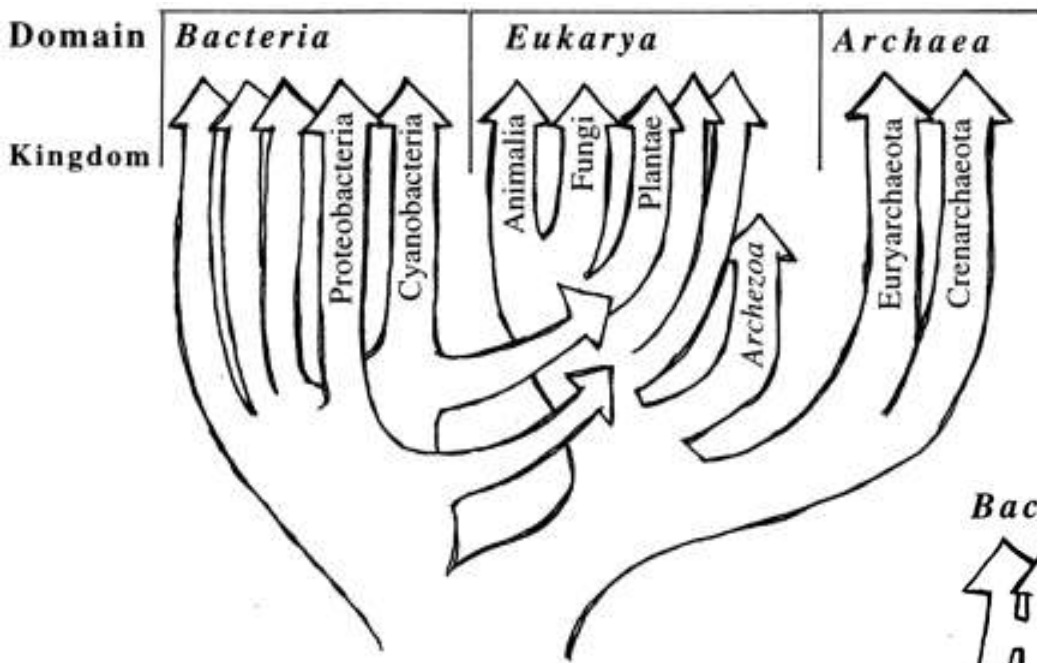
## Eucarya



*Last universal commun ancestor*

Une hypothèse actuelle propose que les bactéries soient des cellules très évoluées et que eucaryotes, et procaryotes dérivent d'un ancêtre commun complexe, LUCA qui aurait en fait beaucoup plus de propriétés d'une cellule eucaryote que procaryote. Avec ces théories, ce sont donc les procaryotes qui seraient issus d'une cellule de type eucaryote par simplification via la sélection de mécanismes efficaces et rapides. Ce type d'hypothèse malheureusement n'explique pas de manière convaincante comment est apparu LUCA, et surtout les étapes de son évolution vers les eucaryotes.

# Endosymbiose, transfert horizontaux et évolution



# Sommaire

**1. Définition d'un microorganisme et éléments de classification**

**2. Place des microorganismes dans le monde vivant**

**3. Structure des cellules eucaryotes et procaryotes**

# En quelques chiffres...

Nous connaissons moins de 5 % des espèces microbiennes

Dans un sol fertile :

	taille	concentration	régime alimentaire
<b>Nématodes</b>	0,1 à 5 mm	$10^6$ à $10^8/m^2$	Champignons, bactéries, cellules de végétaux
<b>Lombrics</b>	3 à 30 cm	$10$ à $10^3/m^2$	Résidus de végétaux, champignons, bactéries
<b>Arthropodes</b>	> 1 mm		Carnivores ou phytophages
<b>Micro arthropodes</b>	< 1 mm	$10^3$ à $10^4/m^2$	Résidus de végétaux, algues, champignons,
<b>Protozoaires</b>	0,2 mm	$10^3$ à $10^5/g$ de sol	Algues, champignons, bactéries, débris organiques
<b>Algues cellulaires</b>	0,2 mm	$10^2$ à $10^4/g$ de sol	Arthropodes
<b>Bactéries</b>	0,01 à 0,05	$10^8$ à $10^9/g$ de sol	Matière organique
<b>Champignons</b>		50 à 250 hyphes/g de sol	Parasite ou symbiote endo et ecto mycorhizes

[http://crdp.ac-amiens.fr/enviro/sols/sol\\_maj\\_detailp2\\_1.htm](http://crdp.ac-amiens.fr/enviro/sols/sol_maj_detailp2_1.htm)

D'après Chaussod, 1996.

Dans le corps humain :

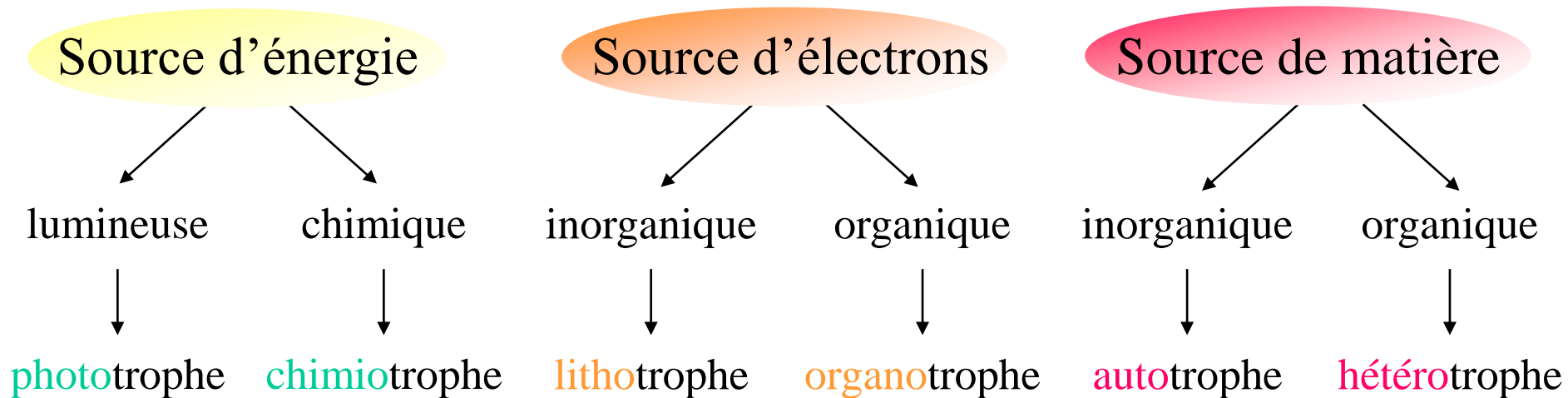
<b><math>10^{15}</math> bactéries</b>	Dans le corps humain
<b><math>10^{13}</math>-<math>10^{14}</math> bactéries</b>	Dans le colon
<b>environ <math>10^{14}</math> cellules humaines (dont la moitié de cellules sanguines et <math>10^{11}</math> cellules dans le cerveau)</b>	Dans le corps humain
<b><math>10^6</math> bactéries</b>	Une goutte de salive
<b><math>10^5</math> bactéries</b>	Un $cm^2$ de peau humaine
<b>10 %</b>	Du poids sec de notre corps sont constitués de bactéries dont certaines sont indispensables à la vie
<b>50%</b>	De bactéries dans le contenu des selles

<http://perso.wanadoo.fr/yoda.guillaume/N10P6/N10P100.htm>

<http://www.greatplainslaboratory.com/french/yeast.html>

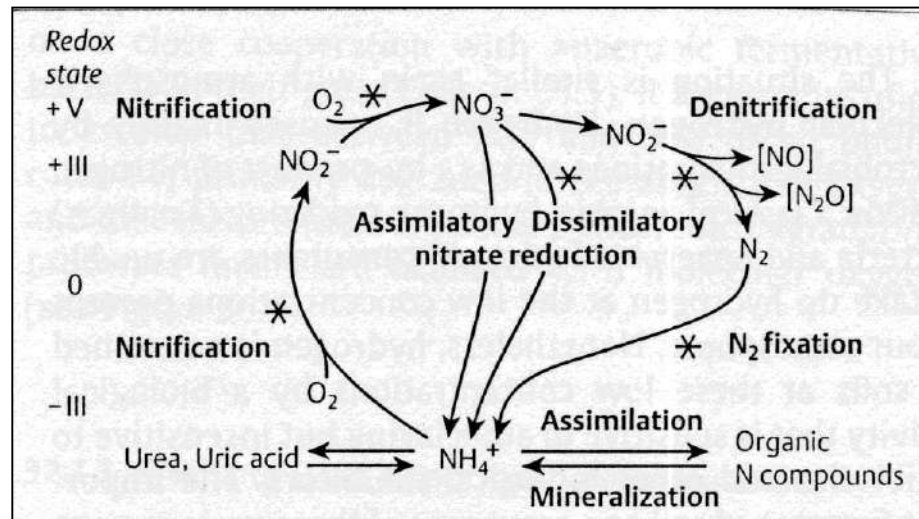
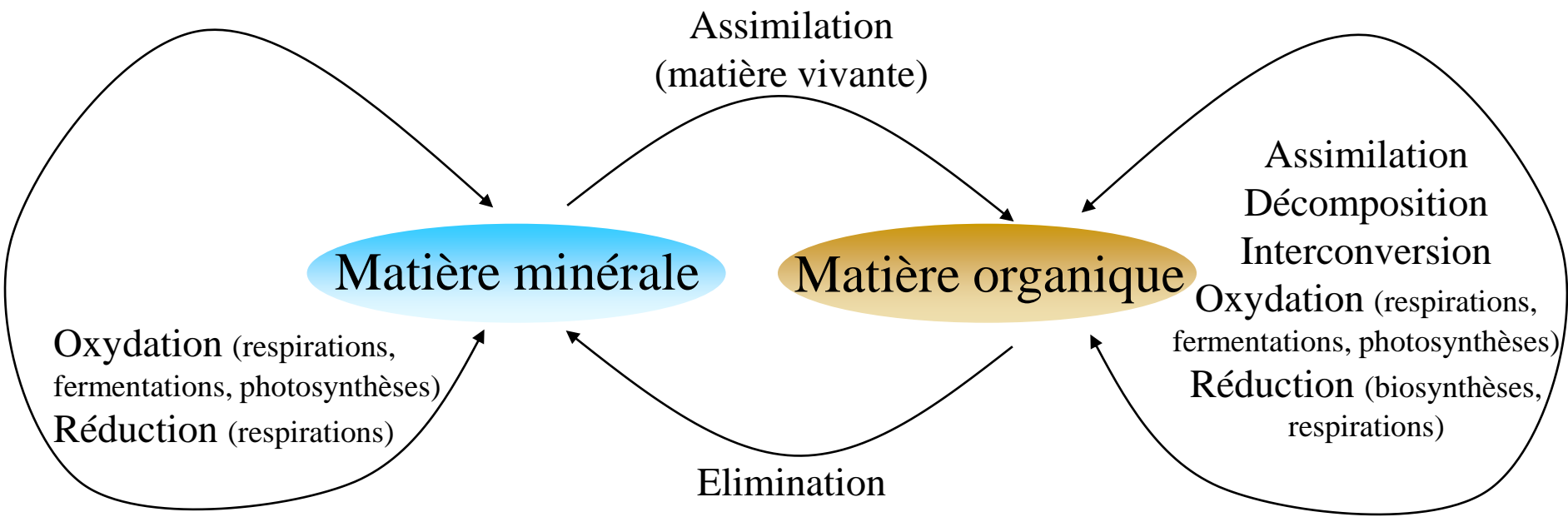
**Diversité d'habitats** : classiques et extrêmes (acidité, basicité, température, sécheresse, pression...) - certains champignons peuvent être trouvés dans des environnements si secs qu'ils ne supportent aucune autre forme de vie, certaines archées peuvent croître à plus de 100°C ou dans des environnements extrêmement salins, certaines bactéries peuvent croître à partir de matière uniquement minérale (fixation N<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub>, oxydation de matière minérale).

## Diversité de types trophiques



Types majoritaires : photolithoautotrophe, photoorganohétérotrophe, chimiolithoautotrophe, chimioorganohétérotrophe

Types minoritaires (mixotrophes) : photolithohétérotrophe, photoorganoautotrophe, chimiolithohétérotrophe, chimioorganoautotrophe



### Exemple du cycle de l'azote

(\* = étape uniquement catalysée par des procaryotes)



Ferments lactiques commerciaux



Levure, médicament probiotique



Fruit moisi

### Aspects positifs

- Santé : flore endogène, probiotique, antibiotiques
- Importance écologique (lutte pollution, cycles matière), agriculture
- Agroalimentaire
- Génie génétique

### Aspects négatifs

- Santé
- Agriculture (e.g. perte N)
- Détériorations en agroalimentaire, en industrie (corrosion)...

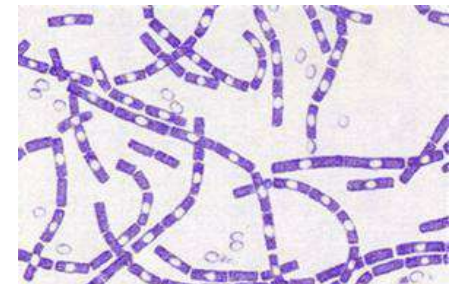
### Aspects neutres



Racines de soja portant des nodosités contenant des bactéries du genre *Rhizobium* capables d'assimiler le diazote



Développement microbien sur milieu nutritif gélosé de la flore de surface de peau



*Bacillus anthracis* (Maladie du Charbon)



# Sommaire

**1. Définition d'un microorganisme et éléments de classification**

**2. Place des microorganismes dans le monde vivant**

**3. Structure des cellules eucaryotes et procaryotes**

**3.1. Caractéristiques générales**

**3.2. Le matériel génétique et sa biologie**

**3.3. L'enveloppe des procaryotes**

# Sommaire

**1. Définition d'un microorganisme et éléments de classification**

**2. Place des microorganismes dans le monde vivant**

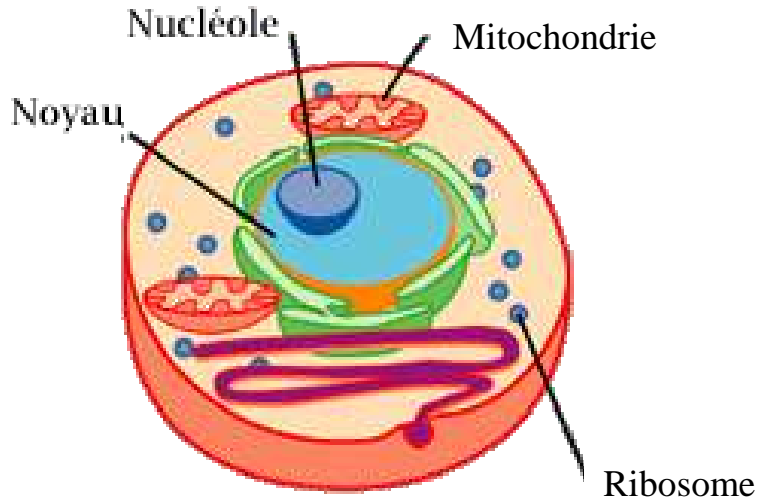
**3. Structure des cellules eucaryotes et procaryotes**

**3.1. Caractéristiques générales**

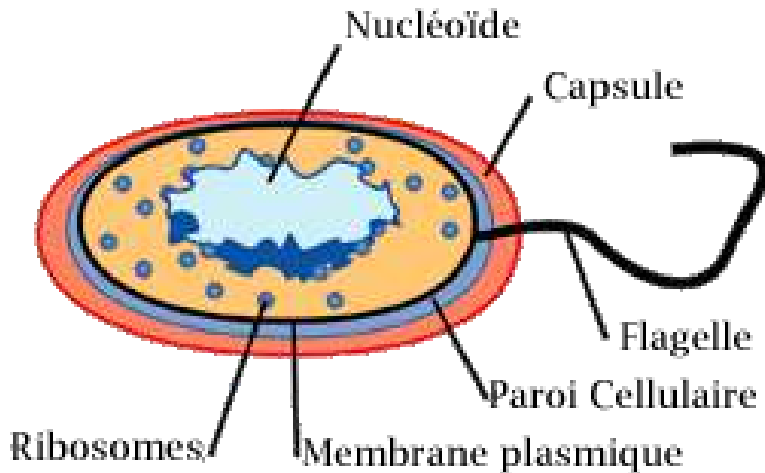
**3.2. Le matériel génétique et sa biologie**

**3.3. L'enveloppe des procaryotes**

## Eucaryote

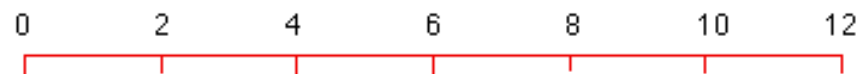



## Procaryote





	Procaryote	Eucaryote
Taille	0,2µm (mycoplasmes)-10 µm – voire plus chez certaines bactéries géantes ( <i>Epulopiscium fishelsoni</i> : 10 à 500 µm selon la phase de croissance ; <i>Thiomargarita namibiensis</i> de 0,1 à 1 mm)	1 µm ( <i>Nanochlorum eukaryotum</i> ) - 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 comme <i>Gemmata obscuriglobus</i> )	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 FtsZ)	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 (mitochondrie, chloroplaste), des réactions enzymatiques (péroxyosome, lysosome, cytosol), de la synthèse protéique et sécrétion (réticulum endoplasmique, appareil de Golgi) – Quelques eucaryotes « primitifs » tels que <i>Giardia lamblia</i> n'ont pas de mitochondries ou de réticulum endoplasmique.


length in micrometers ( $\mu\text{m}$ )



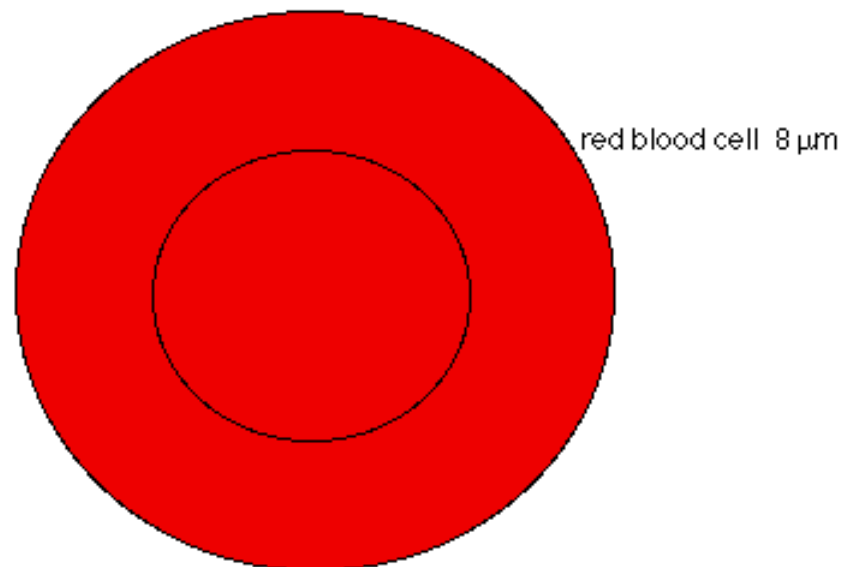
 *Mycoplasma genitalium* 0.4  $\mu\text{m}$

 *Haemophilus influenzae* 1.2  $\mu\text{m}$

 *Staphylococcus aureus* 0.9  $\mu\text{m}$

 *Escherichia coli* 1.5  $\mu\text{m}$

 *Bacillus megaterium* 4  $\mu\text{m}$



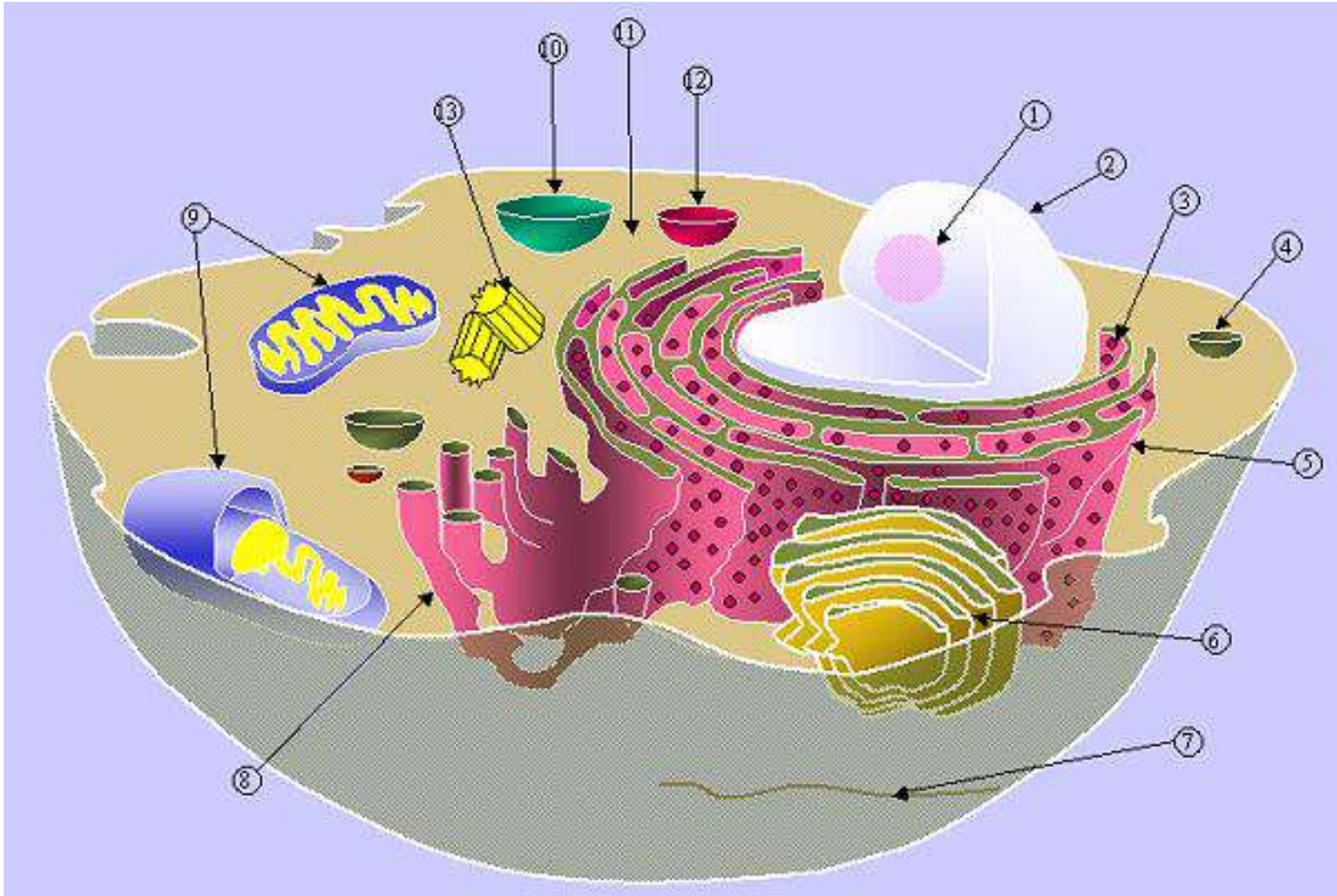
# Tableau comparatif (suite) :

## 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, thermoplasmale) - 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

# La cellule eucaryote



1. Nucléole ; 2. Noyau ; 3. Ribosome ; 4. Vésicule ; 5. Réticulum endoplasmique granuleux ; 6. Appareil de Golgi ; 7. Microtubule ; 8. Réticulum endoplasmique lisse ; 9. Mitochondrie ; 10. Vacuole ; 11. Cytoplasme ; 12. Lysosome ; 13. Centriole

# Sommaire

**1. Définition d'un microorganisme et éléments de classification**

**2. Place des microorganismes dans le monde vivant**

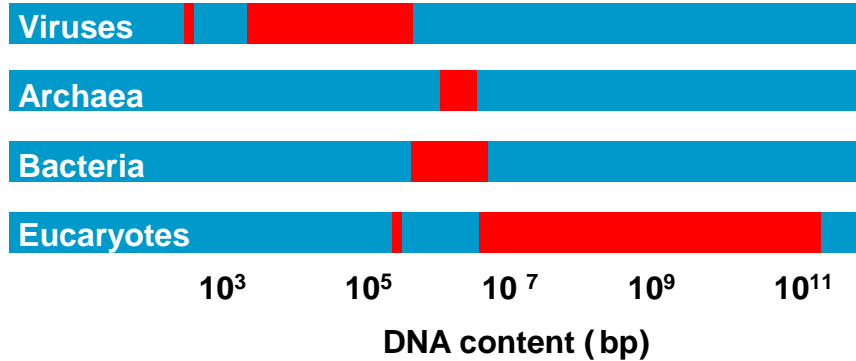
**3. Structure des cellules eucaryotes et procaryotes**

**3.1. Caractéristiques générales**

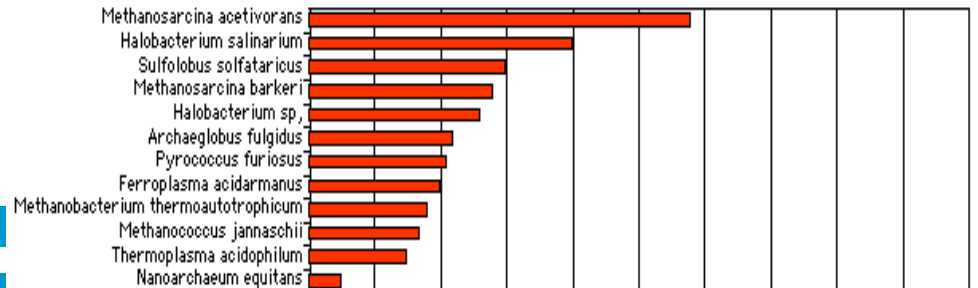
**3.2. Le matériel génétique et sa biologie**

**3.3. L'enveloppe des procaryotes**

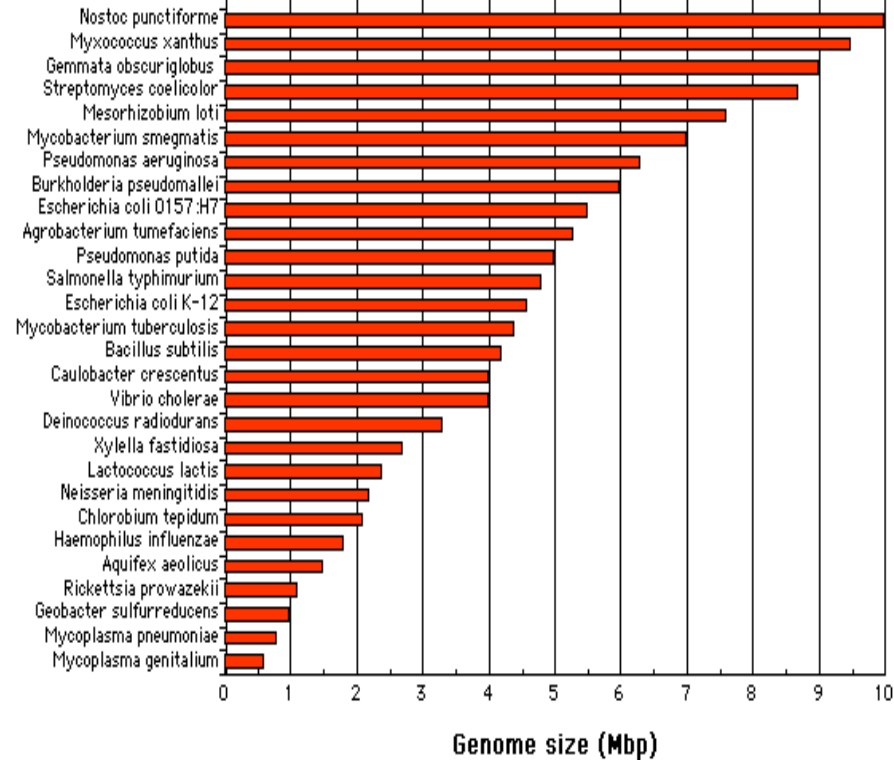
# Taille du génome haploïde de différents organismes



## Archaea:

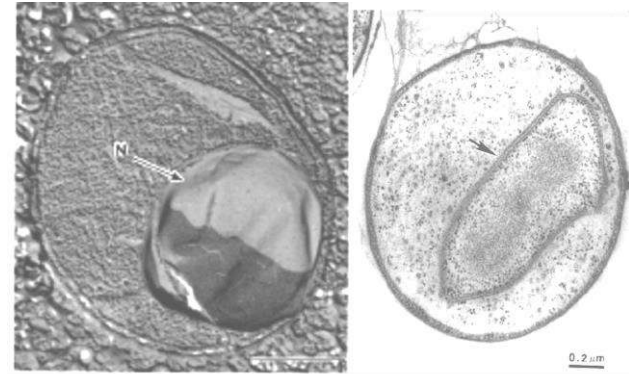


## Bacteria:





	Bactérie	Archée	Eucaryote
Noyau avec membrane	Absent (sauf très rare exception comme <i>Gemmata obscuriglobus</i> )	Absent	Présent
Taille (en Mb i.e. 10 <sup>6</sup> bases)	En moyenne 2 Mb (0,45 Mb : <i>Buchnera</i> spp. 9,7 Mb : <i>Nostoc puctiforme</i> )	0,5 – 6 Mb (0,49 Mb : <i>Nanoarchaeum equitans</i> 5,75 Mb : <i>Methanosarcina acetivorans</i> )	0,3 – 250 000 Mb (0,3 Mb : <i>Emiliana huxleyi</i> 3200 Mb : <i>homo sapiens</i> 250 000 Mb : <i>Psilotum nudum</i> )
Nombre de chromosomes	1 le plus souvent (mais les <i>Vibrio</i> et certaines espèces d' <i>Agrobacterium</i> ou de <i>Brucella</i> par exemple, en ont deux)	1	Plus de 1
Forme	Circulaire le plus souvent (exceptions : certaines espèces d' <i>Agrobacterium</i> ont un chromosome circulaire et un chromosome linéaire)	Circulaire	Linéaire
Plasmide	Parfois présent		Absent
Nucléosome	Absent	Absent (peut-être présent chez certaines archées possédant des protéines homologues aux histones)	Présent (compaction complexe en structure chromatinienne et suprachromatinienne à l'aide d'histones) néanmoins certains eucaryotes n'ont pas d'histones (e.g. dinoflagellés)
Introns	Absents	Rares	Fréquents
Opérons	Présents		Très rares (voir les Euglenobiontes)
ARN polyadénylés	Rares		Très fréquents (mais par exemple, les ARNm codant les histones ne sont pas polyadénylés)



**"noyau" (N) de *Gemmata obscuriglobus***

# Sommaire

**1. Définition d'un microorganisme et éléments de classification**

**2. Place des microorganismes dans le monde vivant**

**3. Structure des cellules eucaryotes et procaryotes**

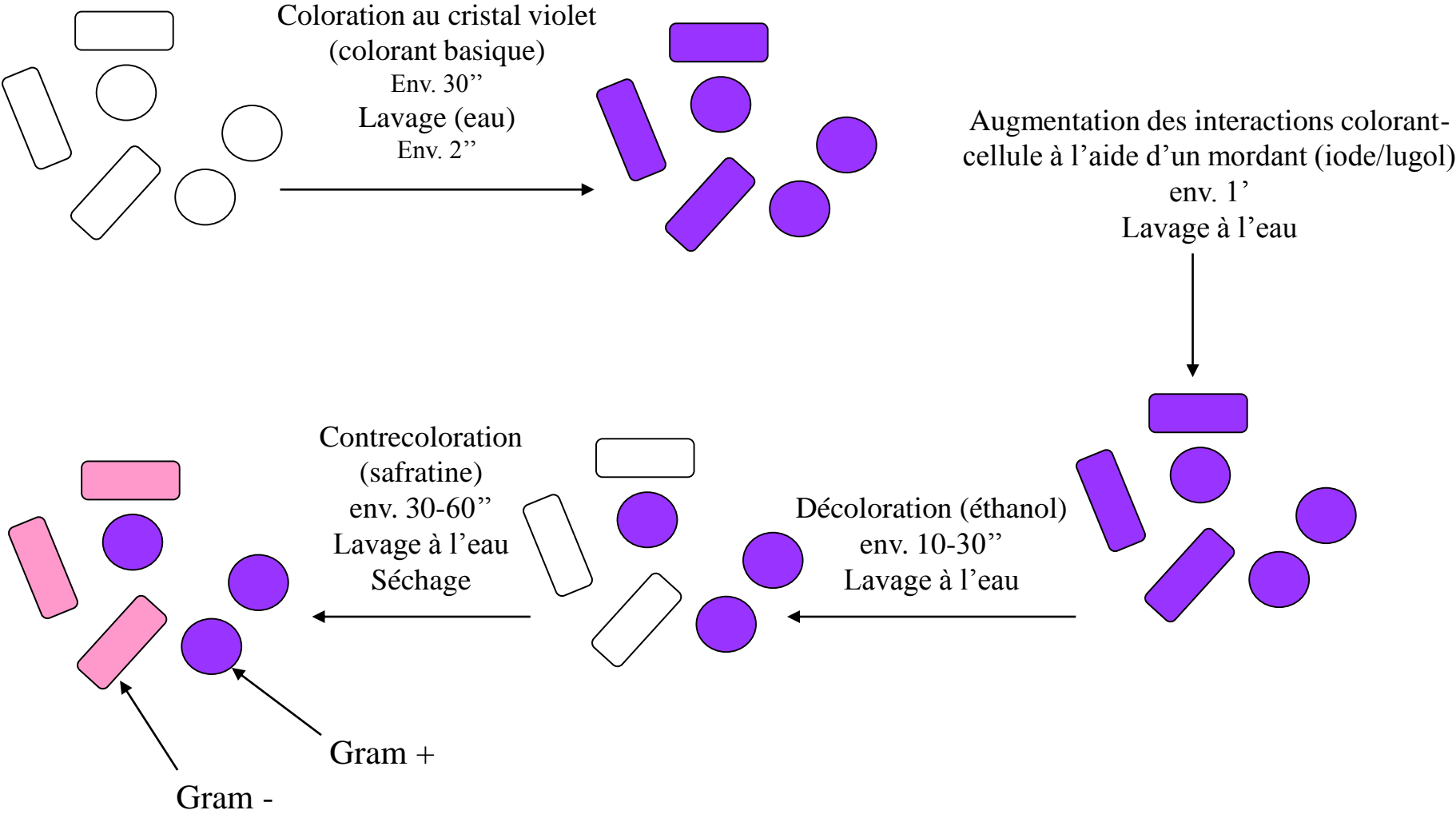
**3.1. Caractéristiques générales**

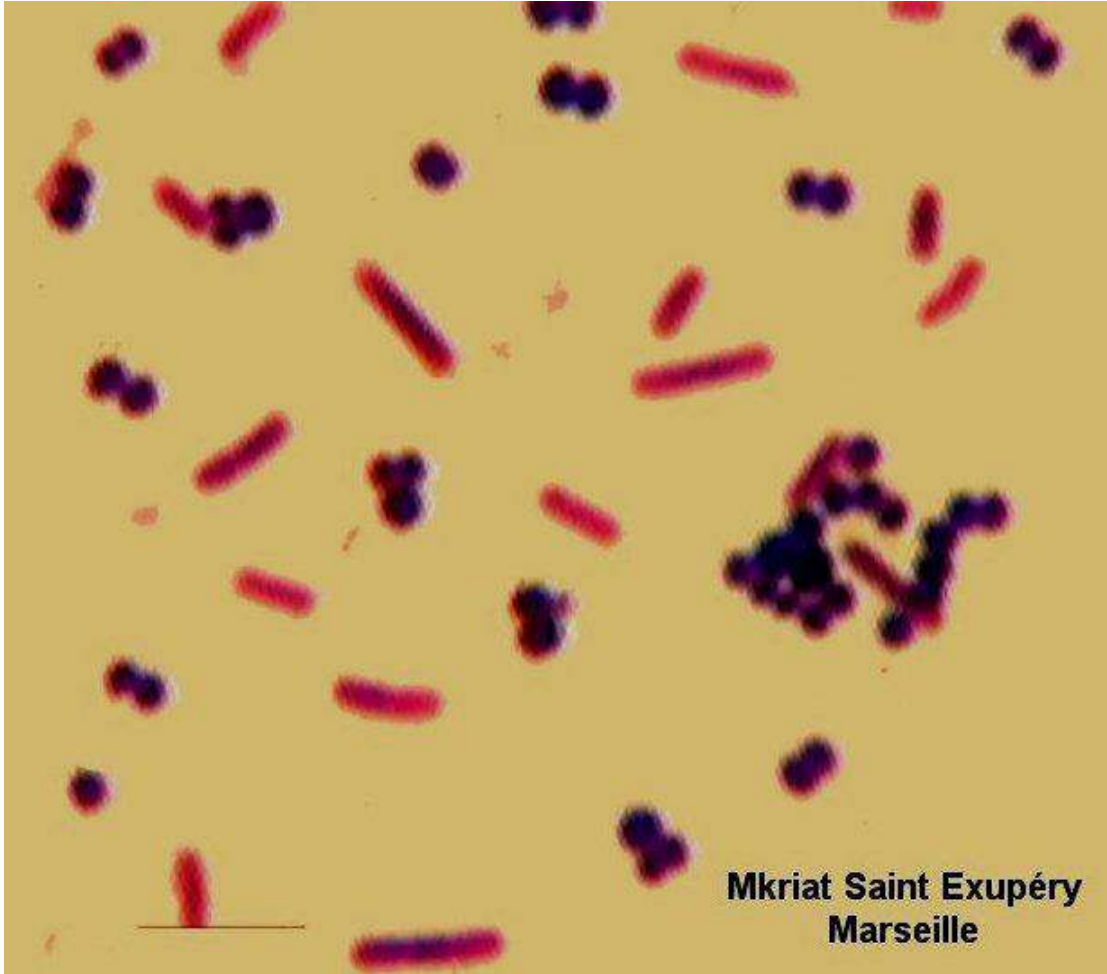
**3.2. Le matériel génétique et sa biologie**

**3.3. L'enveloppe des procaryotes**

# Coloration de Gram

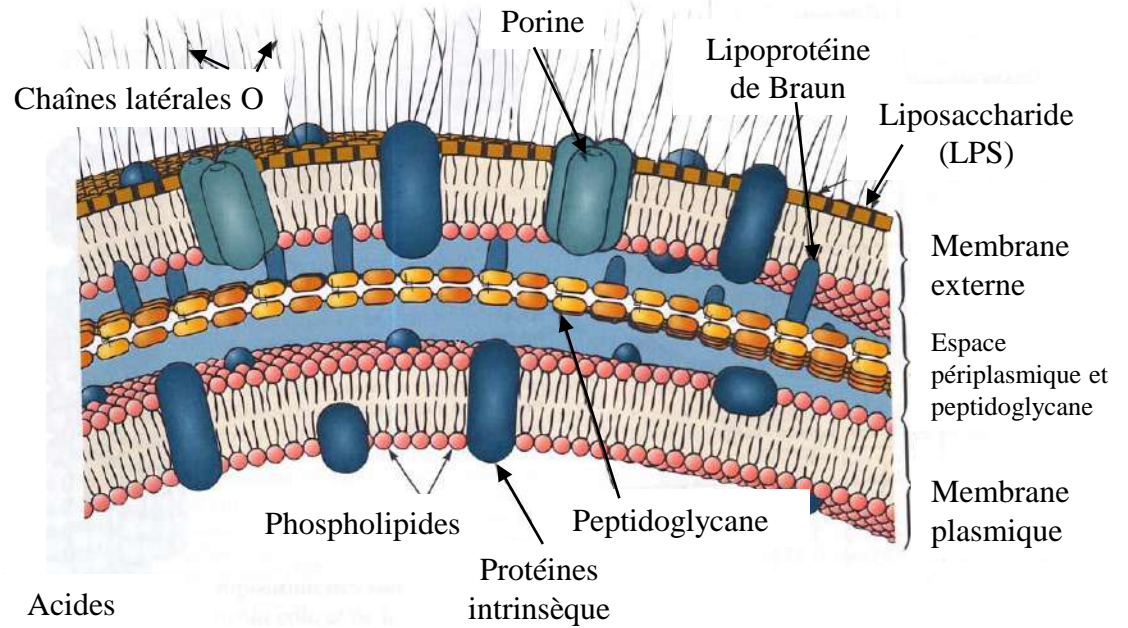
Développée par le médecin danois Christian Gram en 1884



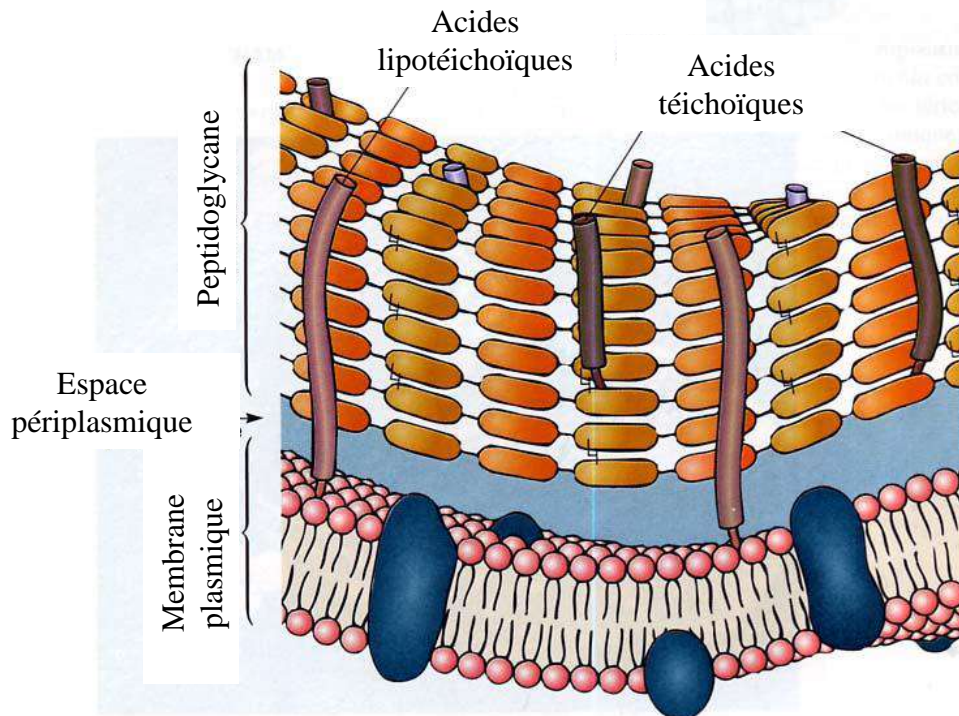


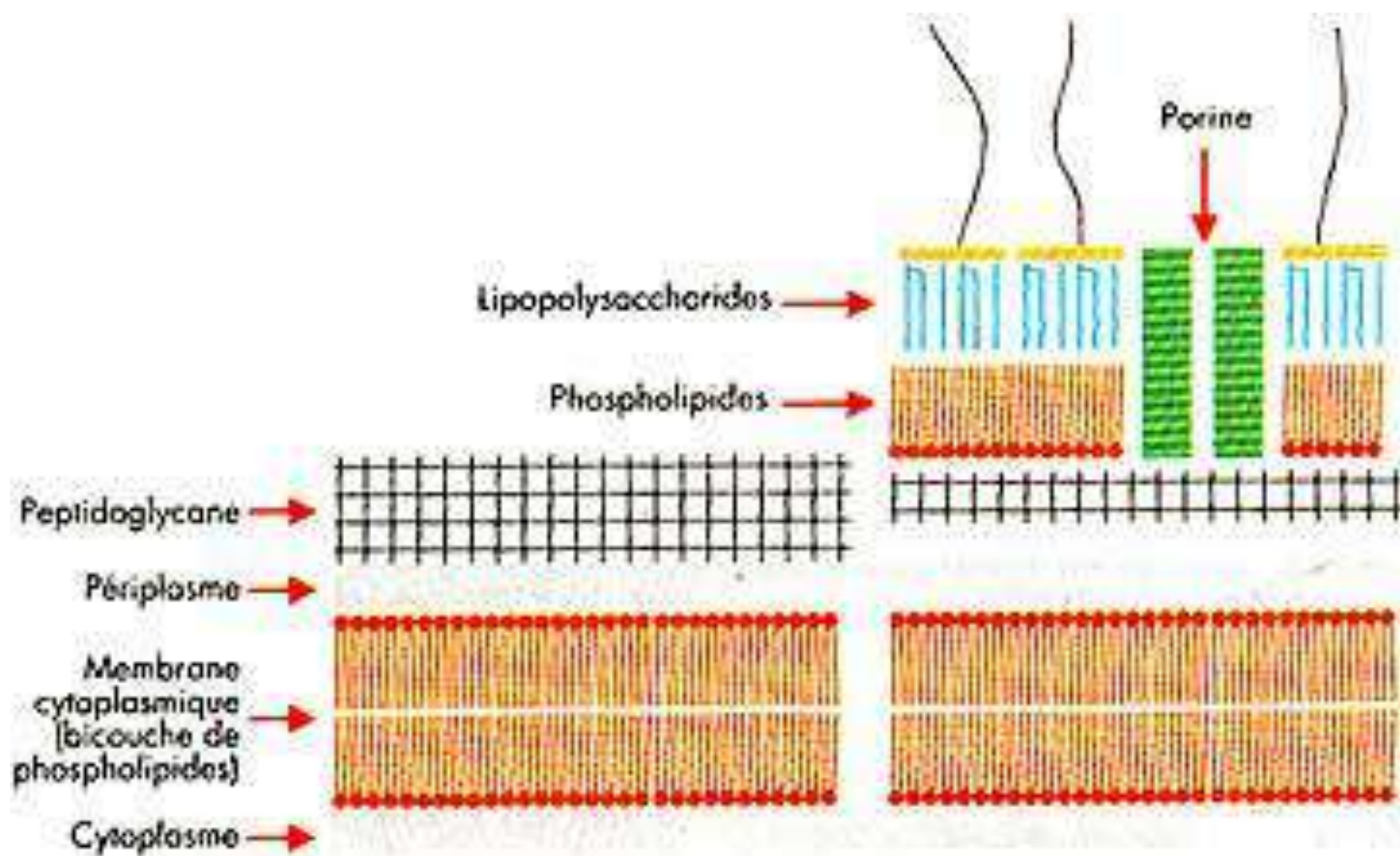
# La paroi des bactéries Gram positives et Gram négatives

## Gram négative

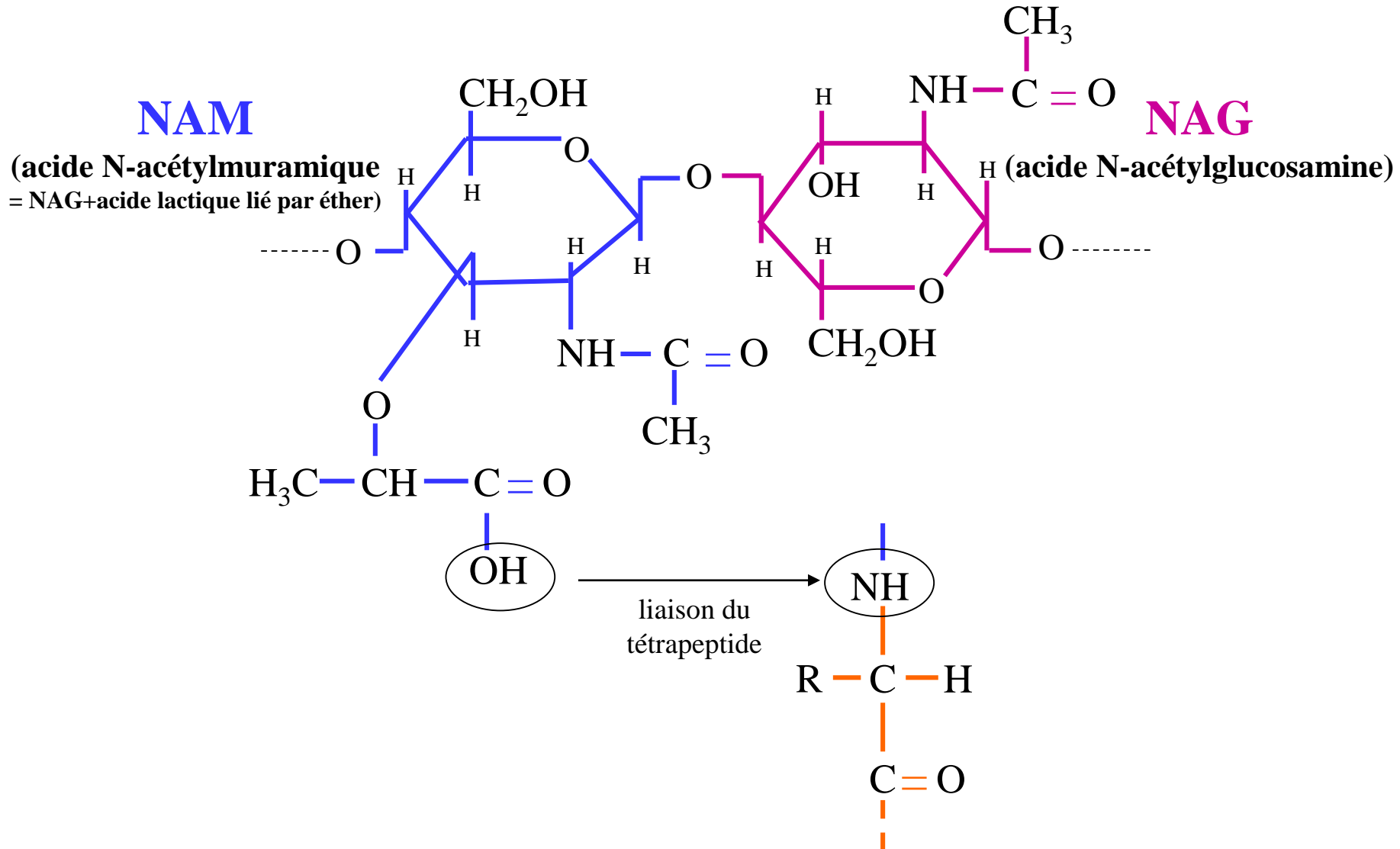


## Gram positive

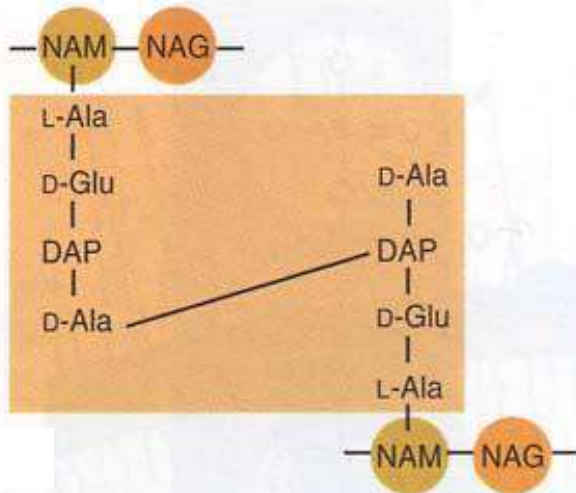




# La structure glucidique de base du peptidoglycane



# Structure de base du peptidoglycane



Nombreuses Gram négatives et Gram positives (*Bacillus*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Corynebacterium*, *Mycobacterium*, *Nocardia*...)

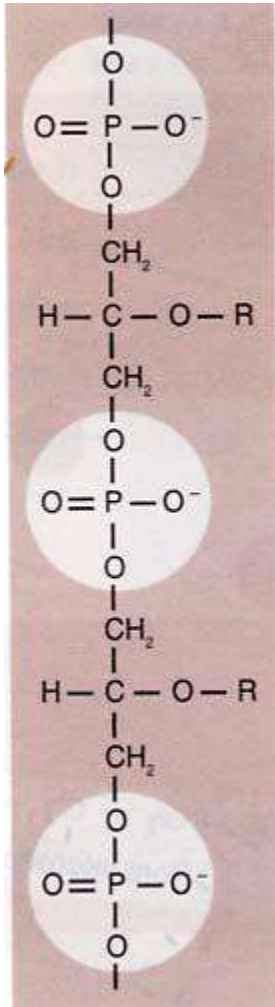
DAP = acide mésodiaminopimélique



Nombreuses Gram positives (*Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Micrococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*...)

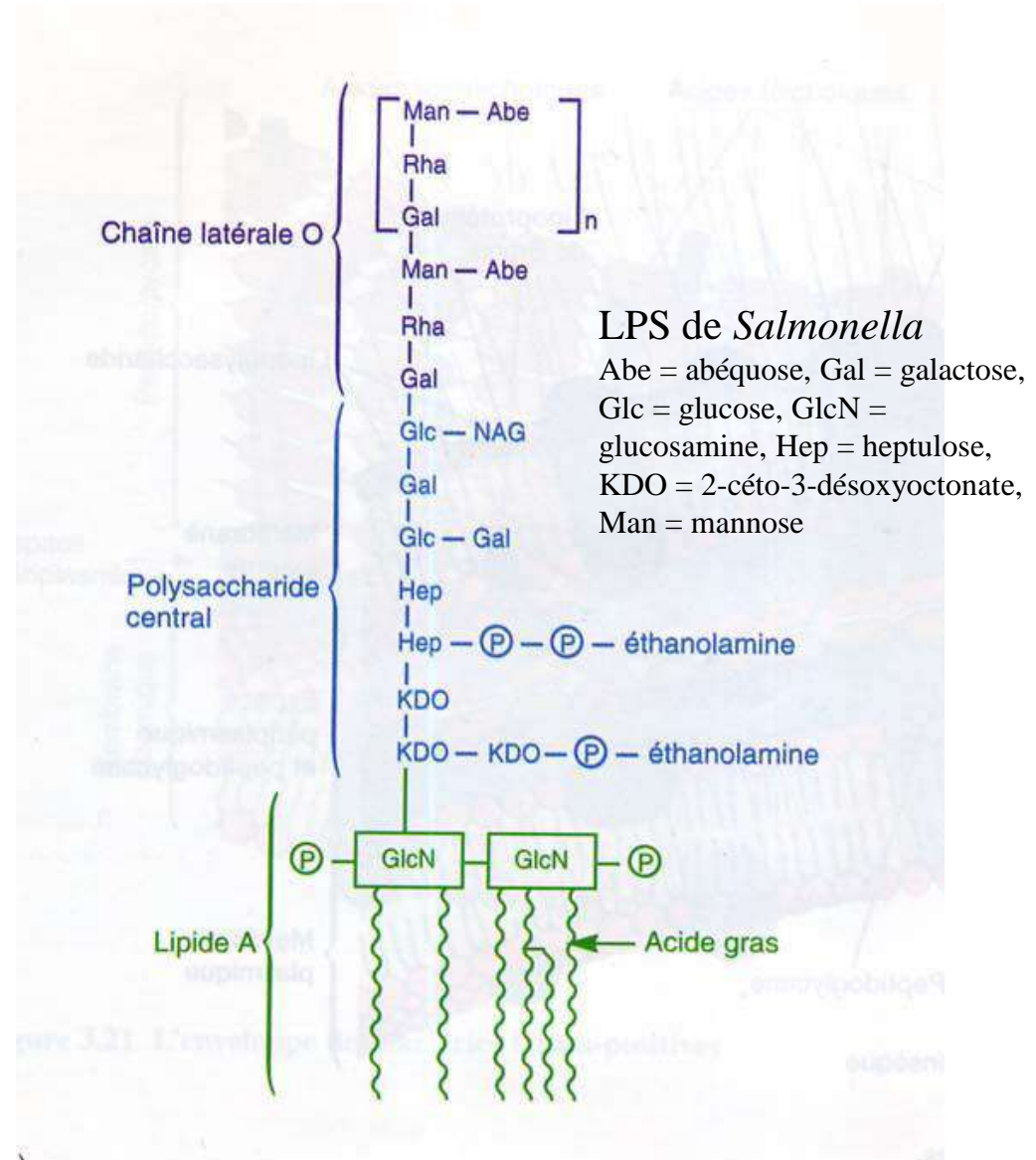


# Les acides téichoïques (Gram positives)

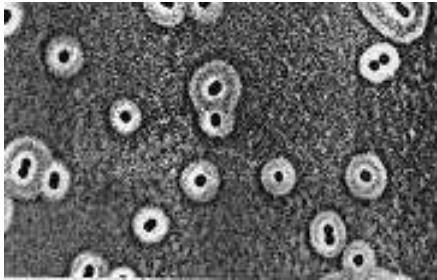


R = D-alanine, glucose ou autre...

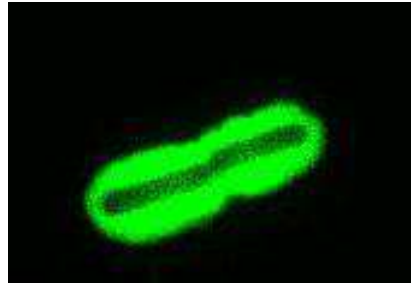
# Le lipopolysaccharide *i.e.* LPS (Gram négatives)



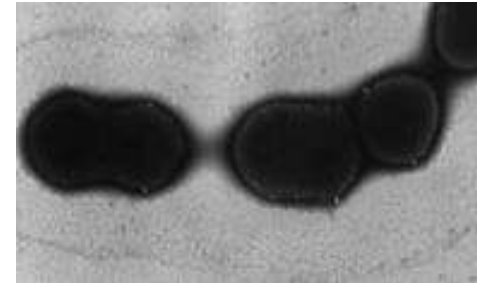
# Les capsules bactériennes



Capsule de *Streptococcus pneumoniae* visualisée à l'encre de Chine



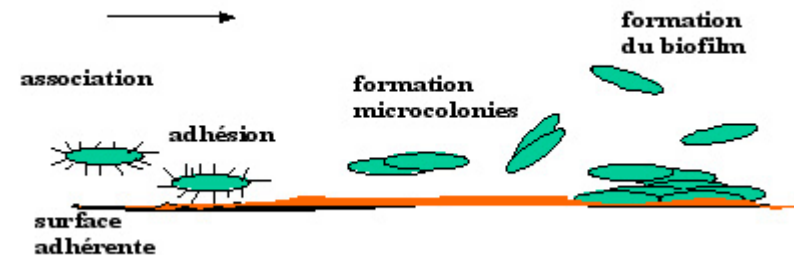
Capsule de *Bacillus anthracis* visualisée à l'aide d'anticorps fluorescent



Capsule de *Streptococcus pyogenes* visualisée par microscopie électronique à transmission

- **capsule au sens stricte** : structure bien organisée, facilement mise en évidence par des techniques simples (coloration à l'encre de chine, anticorps, microscopie électronique).

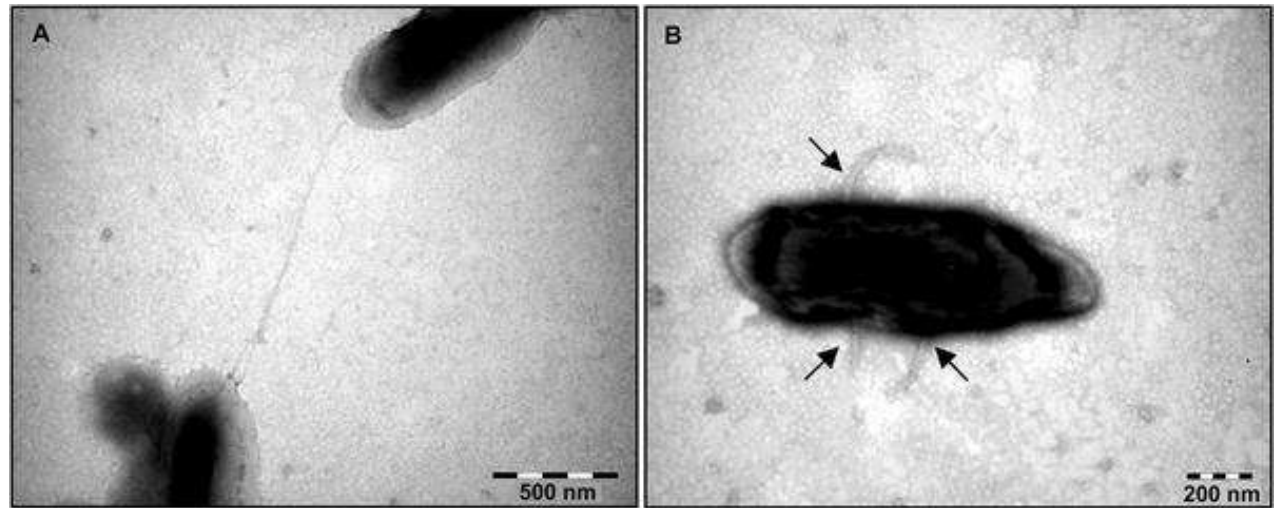
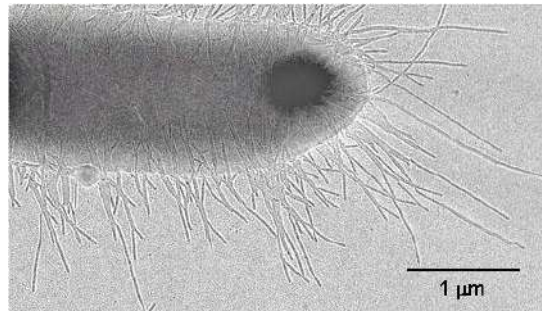
- **couches mucoïdes** (*slime layers*) : substance diffuse et non organisée dont les constituants (polysaccharidiques) sont plus ou moins libérés dans le milieu et ne constituent plus une véritable entité morphologique.



# *Pili* et flagelles

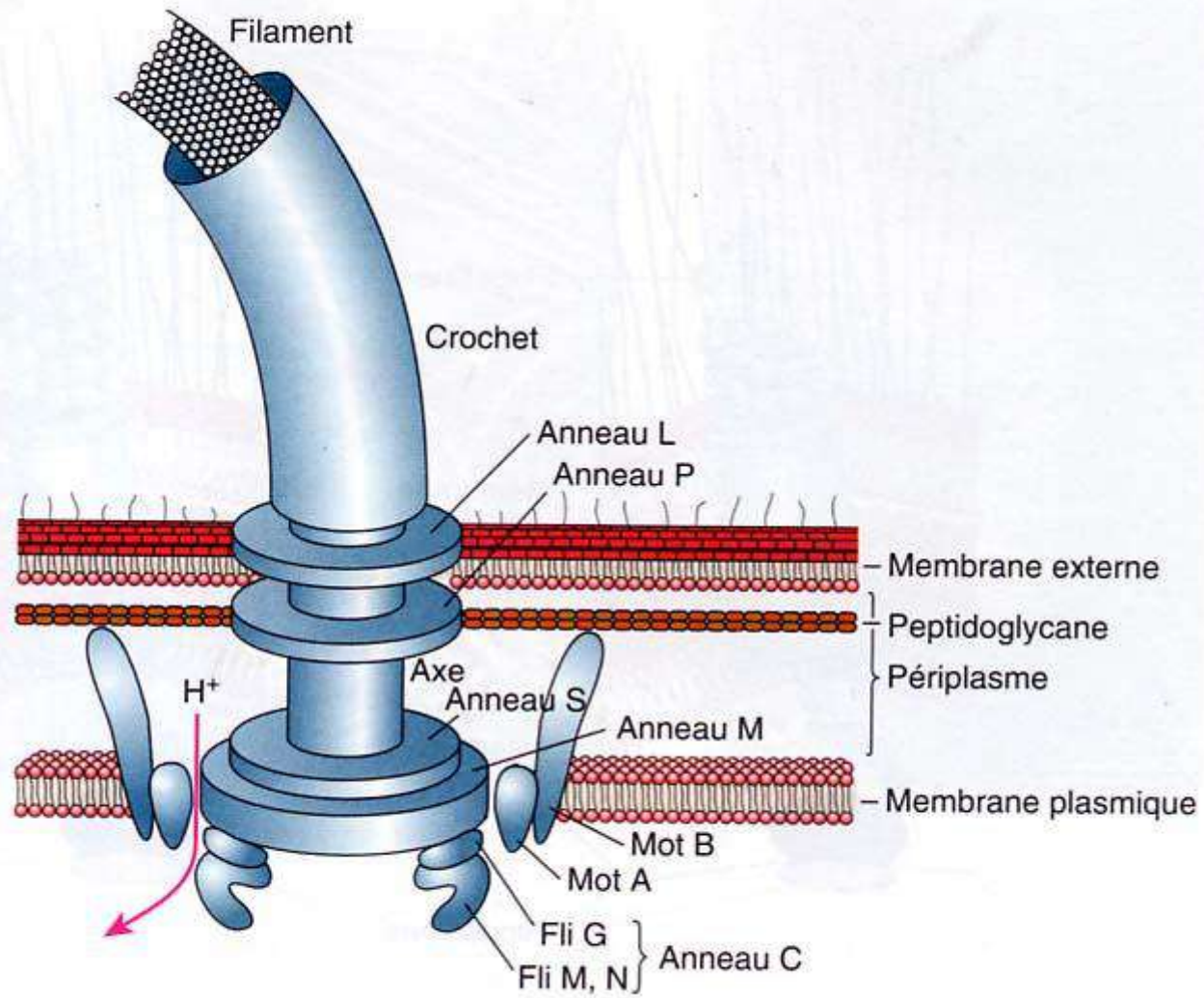


*Escherichia coli*

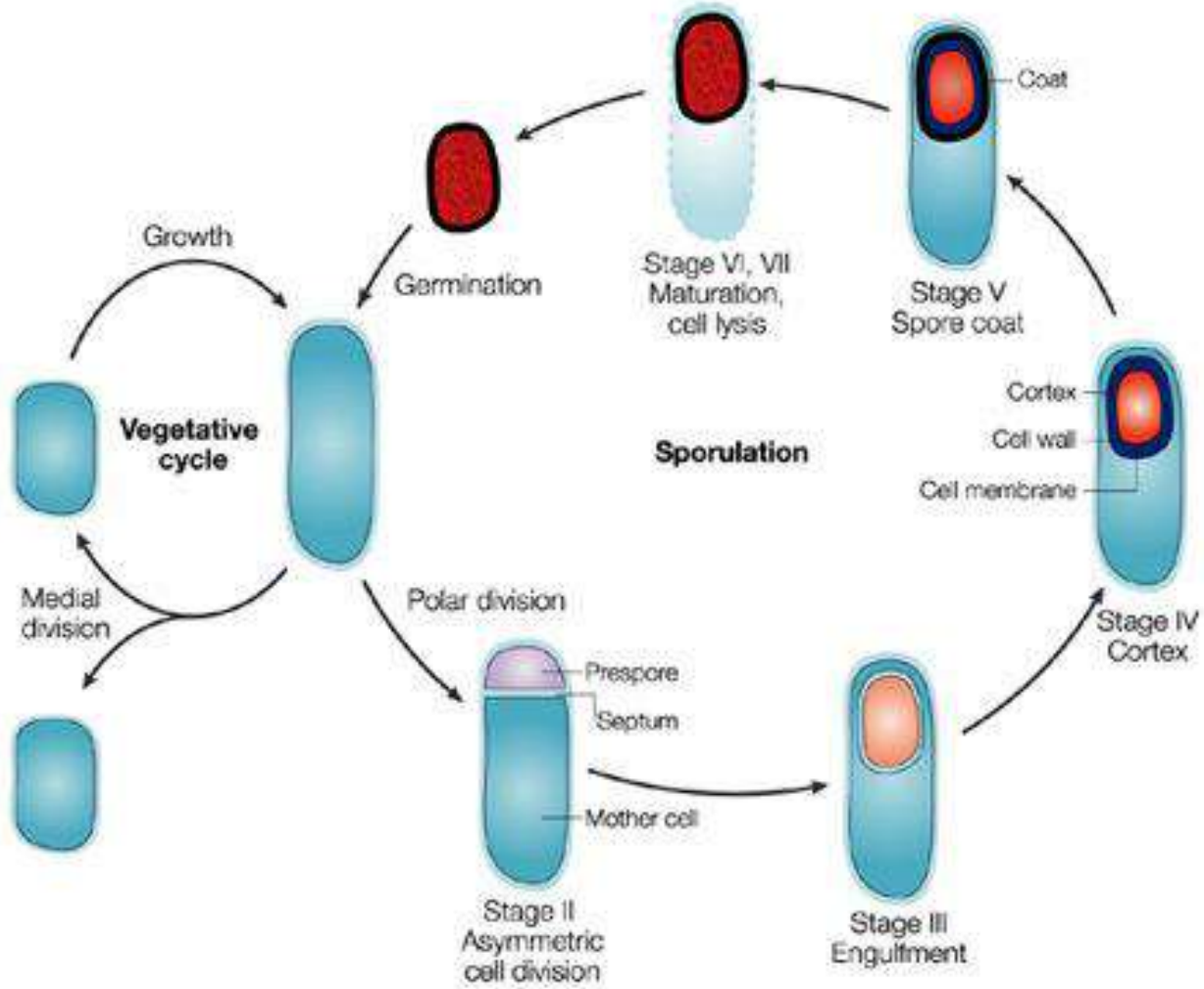


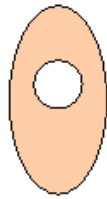
## Observations de *Rickettsia felis* par microscopie électronique à transmission

- (A) Pilus sexuel entre deux bactéries
- (B) Petits pili permettant l'adhésion

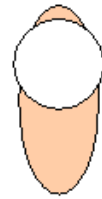


# L'endospore bactérienne





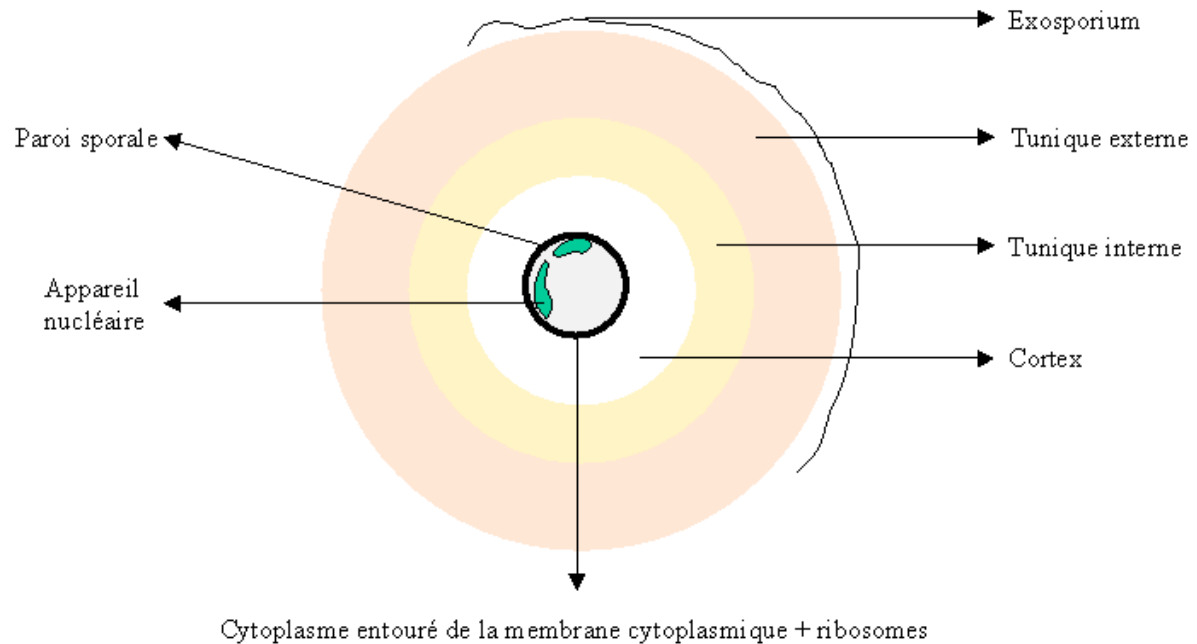
Spore centrale ou subterminale non déformante.  
Exemple : *Bacillus* sp.



Spore sub-terminale déformante.  
Exemple : *Clostridium* sp.



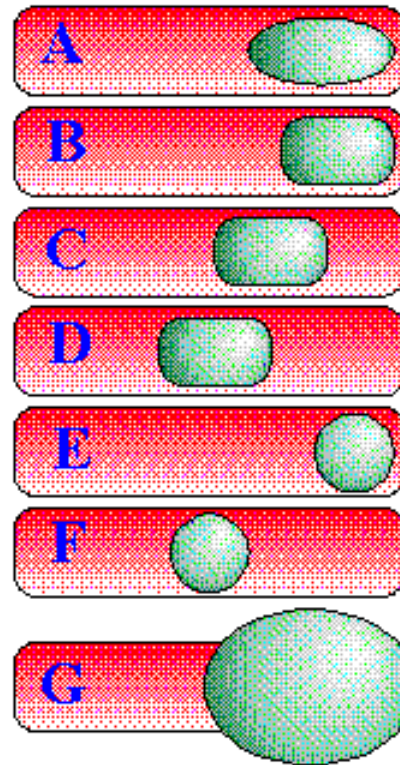
Spore terminale déformante.  
Exemple : *Clostridium tetani*



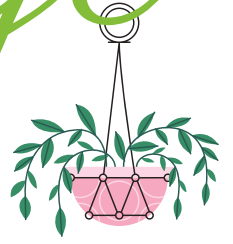


### Structure et arrangements de l'endospore

- A = ovale, terminale
- B = rectangulaire, terminale
- C = rectangulaire, subterminale
- D = rectangulaire, centrale
- E = circulaire, terminale
- F = circulaire, centrale
- G = terminale, en forme de club de golf



# 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

