

A. Les Archaea

1-Généralités sur les Archaea

Carl Woese décrivit sa découverte des Archaea comme chanceuse mais non inattendue. Le Domaine Archaea a été identifié à la fin des années **1970** lorsque l'on a commencé à appliquer l'analyse de l'ARN de la partie 16S des ribosomes. Cette analyse a permis de regrouper des organismes phylogénétiquement voisins, représentant une branche distincte de l'évolution des bactéries, avec des altérations systématiques dans la forme des ribosomes et dans la proportion de protéines acides.

Les **Archaea** ont plusieurs caractéristiques en commun avec les **Eucarya**, et d'autre avec les **bacteria**, sans oublier des éléments qui sont uniquement archéens. En général, les gènes liés à l'information, ceux qui encodent les protéines impliquées dans la réplication, la transcription et la traduction, ressemblent à ceux des Eucarya tandis que les gènes du métabolisme sont similaires aux gènes bactériens.

▪ La paroi

A la coloration de Gram, elles sont soit positives, soit négatives, mais elles ont des parois cellulaires uniques tout à fait de celles des bacteria. Les parois des Archeae ne contiennent pas de peptidoglycane. Elles peuvent être composées de pseudomuréines, des polysaccharides ou de glycoprotéines et d'autres protéines

▪ Sensibles aux antibiotiques

Ceci les rend insensibles aux antibiotiques inhibiteurs de la synthèse de la paroi tels que pénicilline, vancomycine et phosphomycine et au lysozyme. D'autres différences existent au niveau de la constitution des lipides cellulaires qui sont des diéthers de phytanol (glycérol et acide palmitique avec branchements méthyl). Les transporteurs d'électrons classiques (cytochromes, quinones, flavines) sont absents et remplacés par des cofacteurs uniques (CoM, F420, F430, méthanoptérine).

▪ La forme et mode de groupement

Les Archeae sont très diverses, aussi bien en morphologie qu'en physiologie. Elles peuvent être sphériques, en bâtonnet, spiralées, lobées, cuboïdes, triangulaires, aplaties, de forme irrégulière ou pléomorphes. Certaines vivent en cellule isolée tandis que d'autre forment des filaments ou des agrégats Les endospores sont absentes.

▪ La multiplication

La multiplication peut se faire par scissiparité, par bourgeonnement, par fragmentation ou par d'autres mécanismes.

- **Mode de respiration et type trophique**

La plupart sont anaérobies stricts mais certains sont aérobies. Beaucoup sont mobiles. De point de vue de la nutrition, elles vont des chimiolithoautotrophes aux organotrophes. On y trouve des psychrophiles, des mésophiles et des hyperthermophiles capables de croître à plus de 100°C.

- **L'habitat**

Les Archaea colonisent une immense variété d'habitats. En effet, de nombreuses Archeae habitent des niches comprenant des zones de température ou de pH extrêmes, ou concentrées en sels, ou complètement anoxiques. En revanche, les archées contribuent pour au moins de 20% à la biomasse procaryotique du plancton marin et sont des membres importants de certaines communautés du sol, environnements qu'on ne peut qualifier d'extrêmes. En outre, certaines archées sont symbiotiques dans l'appareil digestif d'animaux, mais à ce jour, on n'a pas encore décrit d'archées pathogènes.

Leurs caractéristiques et leur comparaison avec les eubactéries voir tableau suivant :

	Bactéria	Archaea
Présence d'acide muramique dans la paroi	Oui	Non
Si la paroi est présente		
Peptidoglycane	Oui	Non
Lipides membranaires	Acides gras aliphatiques liés au glycérol par des liaisons Esters	Chaines hydrocarbonées liés au glycérol par des liaisons Ether
Premier acide aminée initiant la synthèse de la chaîne polypeptidique	N-formylméthionine	Méthionine
Sensibilité aux bêta-lactamines	Variable	Non
Synthèse des protéines inhibée par l'anisomycine	Non	Oui
Synthèse des protéines inhibée par la streptomycine et le chloramphénicol	Oui	Non
Synthèse des protéines inhibée par la toxine diphtérique	Non	Oui
Présence des introns dans les gènes codant pour les ARNt	Non	Oui
L'inhibition de l'RNA polymérase DNA dépendante par la rifampicine	Oui	Non

2-Phylum des *Crenarchaeota*

Le phylum ne comprend qu'une seule classe, les *Thermoprotei*, qui est divisée en quatre ordres et six familles.

2-1-Ordre des *Thermoprotéales*

Cet ordre contient deux familles :

- La famille des *Thermoproteaceae* comprend des genres bâtonnets hyperthermophiles anaérobies ou facultatifs.
- La famille des *Thermophilaceae* n'a qu'un représentant : *Thermophilum pendens*.

2-2-Ordre des *Sulfolobales*

Ce sont des thermoacidophiles en formes de coques.

2-3-Ordre des *Desulfurococcales*

Les deux familles de cet ordre contiennent des hyperthermophiles coccoides ou en forme de disque.

- La famille des *Desulfurococcaceae* comprend le genre *Ignicoccus*.
- La famille des *Pyrodictiaceae* comprend le genre *Pyrodictidium*. A cette famille, appartient aussi le genre *Pyrolobus*. *P. fumari* est l'un des microbes les plus thermophiles isolés à ce jour. Son optimum de température se situe à 106°C et son maximum à 113°C.

2-4-Ordre des *Caldisphaerales*

Cet ordre ne comporte qu'un genre, *Caldisphaera*, dont les membres sont des coques thermoacidophiles, aérobies et hétérotrophes.

Dans le phylum des *Crenarchaeota*, les thermophiles extrêmes qui métabolisent le soufre dépendent du soufre pour leur croissance et sont fréquemment acidophiles. Le soufre peut être utilisé comme accepteur d'électrons dans la respiration anaérobie ou comme donneur d'électrons par les chimiolithotrophes. Nombre d'entre eux sont des anaérobies stricts et se développent dans les sols et les eaux chauffés par géothermie et riches en soufre.

3-Phylum des *Euryarchaeota*

Les *Euryarchaeota* constituent un phylum très diversifié, comprenant de nombreux genres répartis dans cinq groupes physiologiques principaux : les méthanogènes, les halobactéries, les thermoplasmes, thermophiles extrêmes qui réduisent le soufre et les archées qui réduisent le sulfate.

3-1-Les archées méthanogènes

Sont des anaérobies stricts qui peuvent obtenir de l'énergie par la synthèse de méthane. Elles possèdent plusieurs cofacteurs inhabituels impliqués dans la méthanogénèse.

3-2-Les halophiles extrêmes (halobactéries)

Sont des chimiohétérotrophes aérobies qui demandent au moins 1,5 M de NaCl pour croître. On les trouve dans des habitats tels que les salines, les lacs salés et le poisson salé.

3-3-Les thermoplasmes

L'archée thermophile *Thermoplasma* se développe dans des crassiers de charbon acides et chauds, où il survit malgré son manque de paroi cellulaire.

3-4-Les thermophiles extrêmes: La classe des *Thermococci* renferme des organismes thermophiles extrêmes qui peuvent réduire le soufre en sulfure.

3-5-Les archées réductrices de sulfates

Ces archées sont placées dans la classe des *Archaeoglobi*. Le thermophile extrême *Archaeoglobus* diffère des autres archées par l'utilisation de toute une variété de donneurs d'électrons pour réduire le sulfate. Il possède aussi les cofacteurs des méthanogènes F420 et méthanoptérine.

4- Autres phylums

Les phylums *Korarchaeota*, *Nanoarchaeota* et *Thaumarchaeota* sont des phylums monospécifiques non encore reconnus.

B- Bactéries Gram-négatives

1. Protéobactéries « Protéobacteria »

Ce groupe le plus vaste et le plus diversifié de Bactéries à **Gram-négatif** comprend les **quatre types** majeurs de **nutrition** bactérienne et compte plus de 500 genres. Certains sont des **photoautotrophes** (photosynthétiques), des **chimioautotrophes**, **chimiolithotrophes** et des **hétérotrophes**. Les Protéobactéries englobent tant des espèces **anaréobies** que des espèces **aérobies**. On distingue **5 sous-groupes** de Protéobactéries.

- Protéobactéries alpha (α)

De nombreuses espèces de Protéobactéries α sont étroitement **associées** à des **hôtes eucaryotes**, soit en tant que **symbiontes** mutualistes, soit en tant que **parasites**. Les **mitochondries** des cellules eucaryotes sont issues de **Protéobactéries α aérobies** qui vivaient dans une cellule hôte.

- Protéobactéries bêta (β)

Diversifié sur le plan nutritionnel, ce groupe comprend *Nitrosomonas* qui **oxyde** l'ammonium NH_4^+ et libère du nitrite NO_2^- comme sous-produit.

- Protéobactéries gamma (γ)

Parmi les membres **photosynthétiques** des Protéobactéries γ , on trouve des bactéries **sulfureuses** comme *Chromatium*. Cette bactérie divise la molécule H_2S pour obtenir les **électrons** nécessaires pour fabriquer la **matière organique** (photosynthèse anoxygénique). D'autres Protéobactéries γ sont **entériques** vivant dans l'intestin des animaux (**entérobactéries**). C'est le cas de notamment *Salmonella*, causant des intoxications alimentaires ; de *Vibrio cholerae*, causant le choléra ; et d'*Escherichia coli*, vivant dans l'intestin humain.

- Protéobactéries delta (δ)

Parmi ces bactéries on trouve le groupe des **Bdellovibrionacées**, **prédateurs** des autres bactéries. *Bdellovibrio* poursuit sa proie à la vitesse de 100 $\mu\text{m/s}$, ce qui équivaut à 600 km/h pour un humain (la moitié de la vitesse du son !) ; le prédateur se transforme en **perceuse** et **pénètre** dans sa proie à la vitesse de 100 tours/s.

- Protéobactéries epsilon (ϵ)

Étroitement apparentées aux Protéobactéries delta (δ), Protéobactéries ϵ , ce groupe comprend *Helicobacter pylori*, la bactérie qui cause les **ulcères** gastriques.

2- Cyanobactéries « *Cyanobacteria* »

Ce groupe de bactéries **photosynthétiques** diffère de toutes les autres car les Cyanobactéries phototrophes sont les seules procaryotes qui réalisent la **photosynthèse oxygénique** au cours de laquelle l'**O₂** est produit. Elles forment un groupe de bactéries variées allant de formes **unicellulaires** à des types **multicellulaires filamenteux** et **coloniaux**. Certaines d'entre elles vivent en association avec des plantes ou des animaux.

	<i>Ordres des Cyanobactéries</i>
Ordre (-ales)	Caractères distinctifs
Chroococcales	Unicellulaires ou multicellulaires ; non filamenteuse
Pleurocapsales	Formation de Baeocytes (type d'endospores)
Oscillatoriales	Filaments droits sans cellules spécialisées
Nostocales	Filaments droits avec hétérocytes (cellules spécialisées)
Stigonematales	Filaments ramifiés

Les **Cyanobacteria** ont été traditionnellement classées avec les algues comme « **algues bleues** » parce qu'elles ont un système photosynthétique ressemble étroitement à celui des Eucaryotes.

- * Elles possèdent la chlorophylle a
- * Elles possèdent les photosystèmes I et II
- * Elles sont capables d'effectuer la photosynthèse oxygénique
- * Elles utilisent l'eau comme donneur d'électrons

L'analyse par microscopie électronique a montré leur véritable structure Procaryote et les analyses de l'ARNr 16S montre qu'elles sont sur une lignée particulière au sein des Bacteria. Ainsi elles ont été revendiquées par les bactériologistes. Il persiste encore actuellement un système double de classification des Cyanobacteria car elles sont répertoriées par les bactériologistes et les botanistes.

La structure des Cyanobactéries est typiques des autres Gram-négatives par l'existence de paroi cellulaire multicouche contenant du peptidoglycane et par la présence d'une membrane externe. Cependant, en plus de ces structures, leur paroi contient aussi des couches supplémentaires.

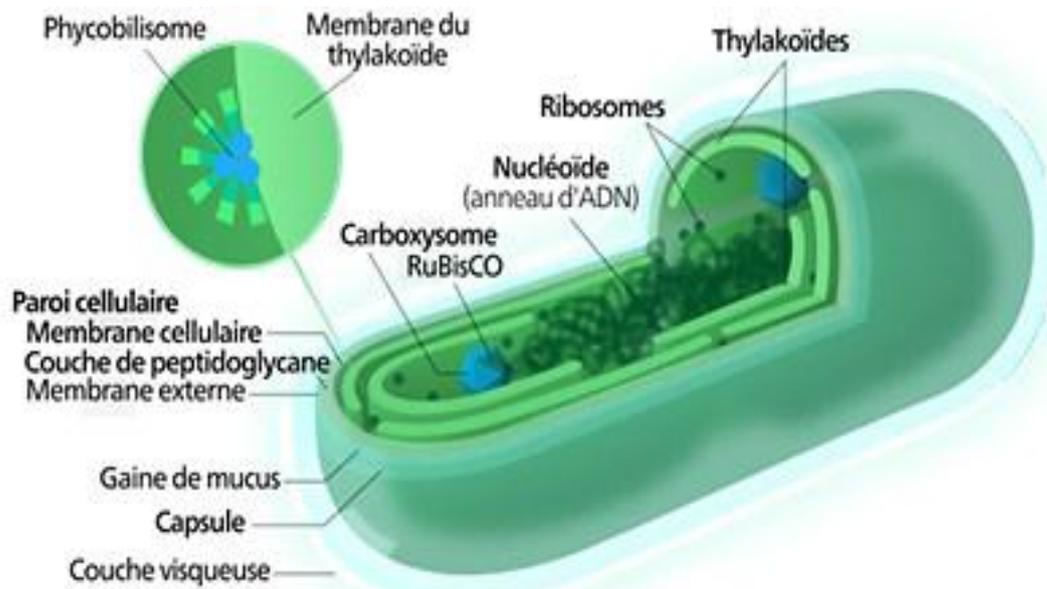


Figure 1 : Structure d'une cyanobactéries

En plus de la chlorophylle *a*, les *Cyanobacteria* ont des **pigments** caractéristiques uniques, telle que la **phycocyanine** qui donne au *Cyanobacteria* leur couleur caractéristique **bleu-vert**. Cependant certaines *Cyanobacteria* sont **rouges** à cause de la **phycoérythrine**.

Toutes les cyanobactéries utilisent le **cycle de Calvin** pour la **fixation du dioxyde de carbone**. Les **chloroplastes** que l'on trouve chez tous les organismes **Eucaryotes** supérieurs ont **évolué** à partir de ce groupe de bactéries. Elles sont abondantes partout où l'on trouve de **l'eau**. Elles fournissent une énorme quantité de **nourriture** aux **écosystèmes** d'eau douce ou d'eau salée. Certaines **colonies filamenteuses** comprennent des cellules spécialisées dans la **fixation du diazote**, processus métabolique qui convertit le N_2 atmosphérique en composant pouvant s'incorporer dans des protéines et d'autres molécules organiques.

Il faut remarquer, cependant, que certaines Cyanobactéries effectuent des activités **indésirables** pour l'environnement. Par exemple, certaines espèces produisent des **composés toxiques** qui peuvent tuer des animaux (chien, bétail,...) qui les consomment. Elles peuvent aussi provoquer des **goûts** et des **odeurs désagréables** dans l'eau de boisson.