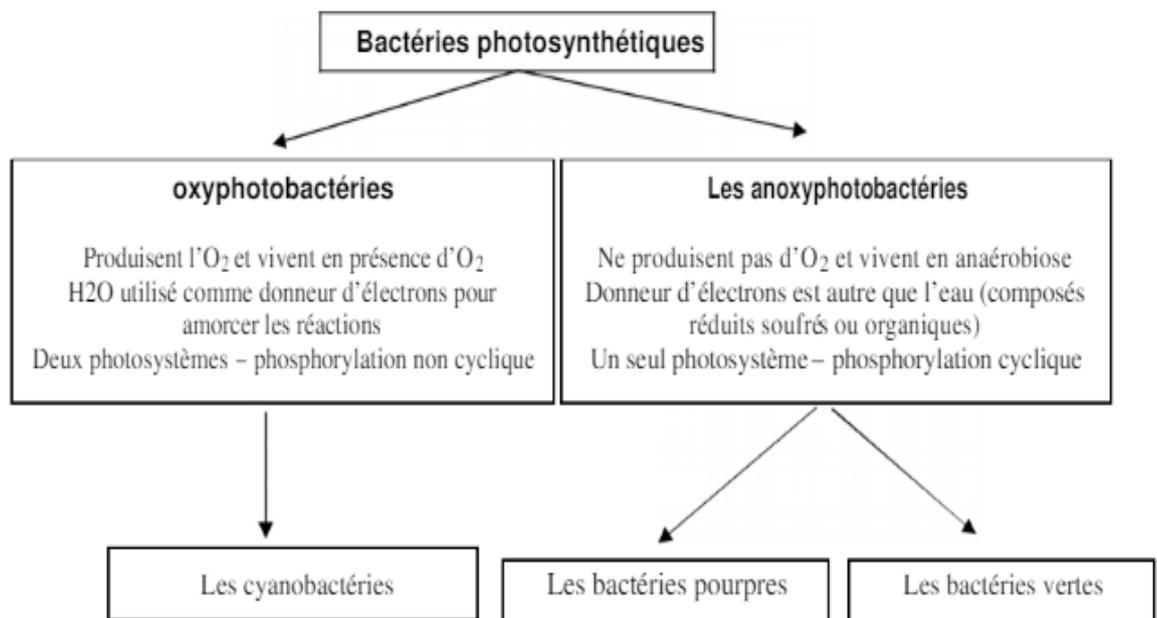


## Chapitre 2 : Etudes des différents groupes bactériens et archaeés

### 1. Les différents groupes bactériens

#### 1.1. Les bactéries photosynthétiques

Les bactéries photosynthétiques possèdent une polyvalence métabolique extraordinaire, leur permettant de transformer l'énergie lumineuse en énergie biochimiquement utile tout en ayant la capacité de croître en présence ou en absence d'oxygène, via des respirations aérobies ou anaérobies. Ces bactéries peuvent être oxygénées ou anoxygénées, selon la composition de leur machinerie photosynthétique, qui inclut différents types de pigments chlorophylliens et caroténoïdes, ainsi que le donneur d'électrons photosynthétique utilisé. Pour tirer parti des ressources disponibles et s'adapter aux variations de leur environnement, elles doivent détecter rapidement les changements de lumière et de concentration en oxygène.



**Figure n 6 :** Types de bactéries photosynthétiques.

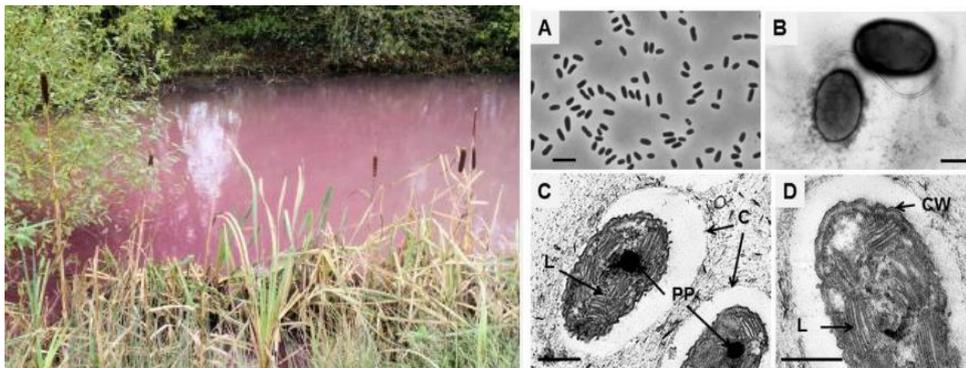
### 1.1.1. Les bactéries photosynthétiques anoxygénique

#### a. Les bactéries pourpres :

##### ➤ Les bactéries pourpres sulfureuses (BPS)

Ils appartiennent au groupe des Gammaproteobacteria, ordre des Chromatiales et elles sont regroupées en deux familles : Chromatiaceae (exemple de genre : *Chromatium*) Ectothiorhodospiraceae. (Exemple de genre : *Ectothiorhodospira*)

Les bactéries pourpres sulfureuses (BPS) sont des phototrophes anoxygéniques. Leur physiologie repose sur leur capacité à utiliser des composés soufrés réduits, tels que le sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ), le thiosulfate ( $S_2O_3^{2-}$ ) ou le soufre élémentaire ( $S^0$ ), comme donneurs d'électrons. Le processus de photosynthèse produit du soufre élémentaire ou du sulfate ( $SO_4^{2-}$ ) comme sous-produits. Elles possèdent des pigments comme les **bactériochlorophylles** et les **caroténoïdes** qui leur permettent de capter des longueurs d'onde de lumière plus longues et de vivre dans des environnements à faible lumière.



**Figure n 7** : Les bactéries pourpres sulfureuses du genre *Ectothiorhodospiraceae*

Les BPS présentent diverses formes (bâtonnets, spirilles, coccidées) et contiennent des **granules de soufre** intracellulaires, produits lors de l'oxydation du sulfure d'hydrogène. Elles possèdent aussi des **vésicules chromatophores**, structures spécialisées pour la photosynthèse.

Elles vivent dans des environnements **anaérobies riches en soufre** (marécages, lacs salins, sédiments). Elles sont souvent présentes dans les zones **stratifiées des plans d'eau**, là où la

lumière pénètre mais où l'oxygène est rare, comme dans les **zones redox**. Le genre **Chromatium** en est un exemple, jouant un rôle important dans l'oxydation du sulfure et la fixation du carbone.

➤ **Les bactéries pourpres non sulfureuses (BPNS)**

À l'exception de *Rhodocyclus* qui se trouve dans la classe des **Betaproteobacteria** les bactéries pourpres non sulfureuses (BPNS) appartiennent principalement à la classe des **Alphaproteobacteria** au sein des **Proteobacteria**. Contrairement aux bactéries pourpres sulfureuses, elles n'utilisent pas le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) comme principale source d'électrons dans la photosynthèse, mais plutôt des composés organiques ou des molécules non soufrées. Elles jouent un rôle essentiel dans les environnements aquatiques et les cycles biogéochimiques du carbone.

Les BPNS sont également des **phototrophes anoxygéniques**, c'est-à-dire qu'elles effectuent la photosynthèse sans production d'oxygène. Cependant, elles préfèrent utiliser des **composés organiques** réduits, tels que les acides gras, le lactate ou le malate, comme donneurs d'électrons plutôt que des composés soufrés.

Leurs pigments photosynthétiques comprennent des **bactériochlorophylles** (généralement des types *a* et *b*) et des **caroténoïdes**, qui leur confèrent des teintes allant du rouge au brun. Ces pigments leur permettent de capturer la lumière à des longueurs d'onde spécifiques, ce qui leur donne la capacité de survivre dans des zones où l'intensité lumineuse est faible.

Les BPNS présentent une diversité morphologique importante. Elles peuvent être **bâtonnets**, **sphériques** ou **spirilles**, et sont souvent **gram-négatives**. L'une de leurs caractéristiques distinctives est l'absence de granules de soufre intracellulaires, contrairement aux bactéries pourpres sulfureuses. Elles possèdent également des **structures membranaires internes**, appelées **vésicules** ou **lamelles chromatophores**, qui contiennent leurs pigments photosynthétiques.

Ces bactéries sont des organismes **aquatiques** que l'on trouve dans divers types d'environnements, y compris les **lacs**, les **étangs**, les **rivières** et les **zones côtières**. Elles

préfèrent généralement des habitats **anaérobies** ou **microaérophiles**, là où la concentration d'oxygène est faible mais la lumière est encore présente.

Certaines espèces, comme celles du genre *Rhodospirillum*, peuvent également survivre dans des environnements **oxygénés** en adoptant un métabolisme hétérotrophe, démontrant une grande flexibilité métabolique.

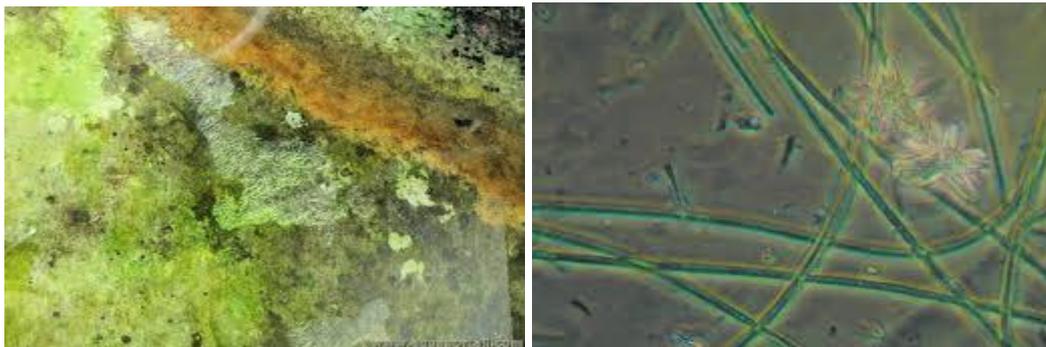


**Figure n 8:** *Rhodospirillum*

## **b. Les bactéries vertes**

### ➤ **Les bactéries vertes sulfureuses (BVS)**

Appartenant au phylum des **Chlorobi**, sont des **phototrophes anoxygéniques strictes** qui utilisent des **composés soufrés réduits** comme source d'électrons pour la photosynthèse. Elles sont essentielles dans les environnements **aquatiques riches en soufre** et **pauvres en lumière**.



**Figure n 9:** Les bactéries vertes sulfureuses (Chlorobi)

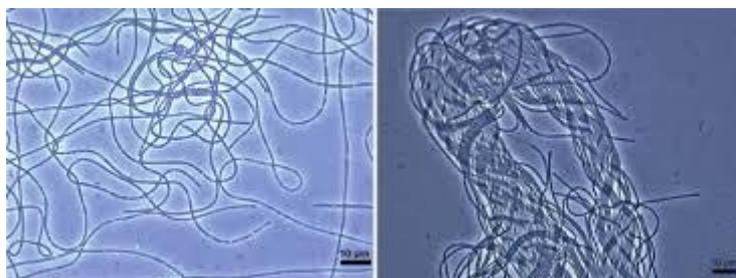
Les BVS sont des **photolithotrophes anoxygéniques**, utilisant des composés soufrés comme le **sulfure d'hydrogène** pour produire du **soufre élémentaire** ou du **sulfate**. Elles possèdent des **chlorosomes**, des structures efficaces pour capter la lumière à faible intensité et réaliser la **photophosphorylation cyclique** pour produire de l'**ATP**.

Les BVS peuvent être **sphériques**, en **bâtonnets** ou **spirilles**, et sont **gram-négatives**. Elles forment des **granules de soufre extracellulaires**.

Les BVS vivent dans des environnements **anaérobies** riches en soufre, comme les **lacs stratifiés**, les **sédiments marins**, et les **zones aphotiques**. Elles sont présentes dans des **zones redox** où elles oxydent les composés soufrés, jouant ainsi un rôle clé dans le **cycle du soufre** et participant au **cycle du carbone** par la fixation du **CO<sub>2</sub>**.

➤ **Les bactéries vertes non sulfureuses (BVNS)**

Appartenant au **phylum Chloroflexi**, réalisent une **photosynthèse anoxygénique** sans utiliser de composés soufrés comme source d'électrons. Elles préfèrent des **composés organiques** ou de l'**hydrogène** pour produire de l'énergie.



**Figure n 10** : phylum de Chloroflexi

Les BVNS utilisent la **lumière** pour effectuer la **photophosphorylation cyclique**, produisant de l'**ATP** sans oxygène. Elles possèdent des **bactériochlorophylles a et c** et ont un **métabolisme mixte**, leur permettant de survivre dans des conditions de faible luminosité ou sans lumière en utilisant des composés organiques.

Ces bactéries présentent une diversité morphologique (filamenteuses ou en bâtonnets) et sont **gram-négatives**. Elles possèdent des **chlorosomes**, qui leur permettent de capter la lumière dans des environnements peu éclairés. Elles ne forment pas de **granules de soufre**.

Les BVNS habitent des **environnements aquatiques** tels que les **lacs, rivières, sources chaudes**, et **milieux marins**, préférant des conditions **anaérobies** ou **microaérophiles**. Elles participent aux **cycles du carbone et de l'azote** et jouent un rôle clé dans la **décomposition de la matière organique**.

Certaines espèces, comme *Chloroflexus aurantiacus*, sont connues pour leur capacité à survivre dans des **environnements extrêmes**, comme les **sources chaudes**.

### 1.1.2. Les bactéries photosynthétiques oxygénique

#### a. Les cyanobactéries

Ils constituent le plus grand groupe des procaryotes photosynthétiques. Le manuel de Bergey's of systematic bacteriology décrit 56 genres. La diversité des cyanobactéries est reflétée dans la teneur en GC du groupe qui varie de 35 à 71%. Bien que les cyanobactéries soient des bactéries Gram-négatives, leur système photosynthétique ressemble étroitement à celui des eucaryotes parce qu'elles possèdent de la chlorophylle a et les photosystèmes I et II effectuant ainsi une photosynthèse oxygénique.



**Figure n 11:** les cyanobactéries.

-Leur type trophique est photolithoautotrophes (phototrophes, lithotrophes, autotrophes) strictes mais certains sont chimioorganotrophes.

-Les cyanobactéries synthétisent plusieurs types de pigments : la chlorophylle A, les caroténoïdes et des phycobiliprotéines (ils sont responsables de la couleur bleu-vert souvent associée aux cyanobactéries). Ces derniers se trouvent dans des phycobilisomes (structures situées à la surface des tylakoides). Cette composition spécifique permet aux cyanobactéries d'exploiter le rayonnement solaire disponible sur une plus grande étendue de longueur d'onde. Ainsi, la photosynthèse est plus efficace même à faible intensité lumineuse. - Parfois, il y'a présence de grosses cellules appelées "akinetes". Elles sont à paroi très épaisse (chargée de peptidoglycane) et résistantes aux conditions défavorables.

-Ces bactéries ont une diversité morphologique : **unicellulaires** ou en colonies, **filamenteuses**,. Certaines ont des structures spécialisées comme les **hétérocystes** (fixation de l'azote) et les **akinetes** (survie).

-Elles sont des **producteurs primaires** dans les écosystèmes aquatiques, participant à l'oxygénation de l'atmosphère. Les blooms de cyanobactéries peuvent provoquer l'**eutrophisation** et libérer des **toxines**. Elles ont joué un rôle clé dans la **Grande Oxydation**, augmentant les niveaux d'oxygène il y a 2,4 milliards d'années.

### 1.2. Les bactéries à gaine

Les bactéries à gaine (ou bactéries gainées) sont un type de bactéries qui se caractérisent par la présence **d'une gaine externe** autour de leur cellule. Cette gaine, qui est souvent de nature **polysaccharidique ou protéique**, forme une sorte d'enveloppe qui protège la cellule bactérienne et lui permet de se fixer à différents substrats. Les bactéries à gaine appartiennent à divers genres, tels que *Sphaerotilus*, *Leptothrix* et *Gallionella*.

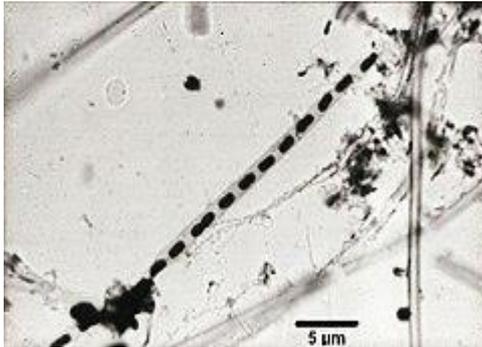


Figure n 12 : *Leptothrix*



figure n 13 : *Sphaerotilus*

### 1.2.1. Structure et Composition de la Gaine

La gaine qui entoure certaines bactéries est une structure externe composée de polysaccharides (sucres complexes) ou de protéines, ou d'une combinaison des deux. Elle est formée au cours de la croissance de la bactérie. Le phénomène peut être observé par microculture sur lame, comme la décrit Mulder (1992) avec *Leptothrix ochracea*.



Figure n 14: la structure de la gaine chez *Sphaerotilus natans*.

- **Fonction de Protection** : La gaine protège la cellule contre des stress environnementaux, comme la dessiccation (déshydratation), les variations de température, et certains agents chimiques toxiques présents dans l'environnement.
- **Fonction d'Adhésion** : Elle permet aux bactéries de se fixer à des surfaces solides, comme des roches, des plantes ou même des infrastructures métalliques dans des systèmes d'eau artificiels. Cet ancrage est crucial pour les bactéries vivant dans des milieux aqueux où les courants pourraient facilement les déplacer.

### 1.2.2. Métabolisme et Transformation des Métaux

Certaines bactéries à gaine, comme les genres *Leptothrix* et *Gallionella*, sont capables d'oxyder des métaux, notamment le fer et le manganèse. Cette oxydation est un processus chimique dans lequel les bactéries prélèvent les ions métalliques dissous dans l'eau et les transforment pour les intégrer dans des composés solides. Ces bactéries utilisent l'énergie dégagée par cette oxydation pour leur croissance.

- **Oxydation du Fer** : *Gallionella* et *Leptothrix* oxydent le fer dissous ( $\text{Fe}^{2+}$ ) en fer ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ), qui précipite alors sous forme de dépôts ferrugineux dans la gaine ou autour des cellules. Cela donne souvent un aspect rouillé à l'environnement immédiat.
- **Oxydation du Manganèse** : Ce processus est similaire, et le manganèse oxydé forme également des dépôts solides. Ces processus sont importants pour le cycle biogéochimique de ces métaux dans les écosystèmes aquatiques.

### 1.2.3. Habitat et Conditions de Vie

Les bactéries à gaine se développent principalement dans des environnements riches en matières organiques et en métaux, notamment en fer et en manganèse. On les trouve souvent dans des eaux douces stagnantes ou faiblement courantes, comme dans les ruisseaux, les lacs, et les zones humides. Elles peuvent aussi coloniser des installations humaines, comme les conduites d'eau, les systèmes de drainage et les systèmes de traitement des eaux usées.

- **Milieus à pH neutre à légèrement acide** : Ces conditions favorisent la dissolution des ions métalliques, ce qui permet aux bactéries de métaboliser plus facilement le fer et le manganèse.
- **Températures modérées** : La plupart des bactéries à gaine prospèrent à des températures ambiantes, bien que certaines puissent tolérer des variations.

### 1.3. Les bactéries appendiculées

Les bactéries appendiculées vivent dans les milieux aquatiques. Elles portent une sorte de prolongement ou appendice qui leur permet de fixer sur des surfaces solides et de les coloniser. Les appendicites observées sont de deux types :

-les uns sont des extensions cellulaires comprenant toutes les enveloppes de la bactérie y compris le cytoplasme ; on les appelle **des prosthèques** (*caulobacter*, *asticcacaulis*).

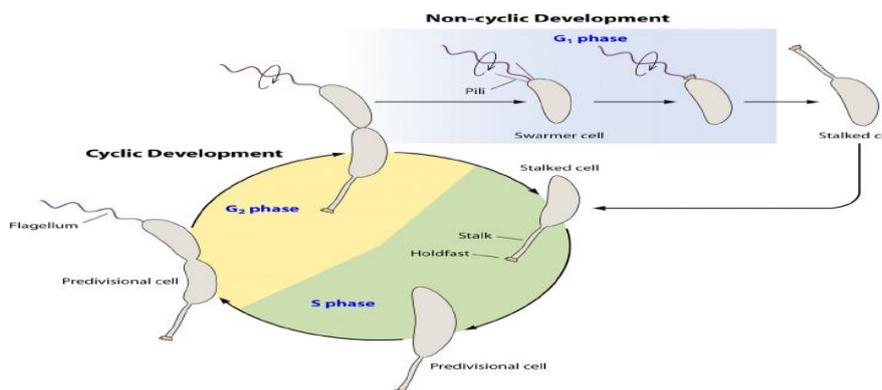
-les autres sont **des pédoncules** ou des tiges acellulaires qui ne sont pas comme le cas précédent, en communication avec la cellule (*gallionella*).



**Figure n 15** : *caulobacter crecentus*.

Certaines bactéries appendiculées possèdent **des flagelles**, de longs appendices minces constitués de flagelline. Ces flagelles assurent la motilité, permettant à la bactérie de se déplacer activement dans des milieux liquides.

Ces appendices jouent un rôle clé dans l'adaptation des bactéries appendiculées à leurs habitats aquatiques en facilitant l'adhésion, la colonisation et le déplacement.



**Figure n 16**: cycle de vie de *caulobacter crecentus*.

### 1.3.1. Métabolisme

Les bactéries appendiculées ont des métabolismes adaptés à leur environnement et utilisent leurs appendices pour maximiser leurs chances de survie et de croissance.

-Les flagelles permettent aux bactéries de se déplacer vers des sources de nutriments ou d'échapper à des conditions défavorables.

-Les prosthèques et les stalks augmentent la surface cellulaire exposée, permettant une absorption accrue des nutriments dissous dans des environnements pauvres. Ces bactéries peuvent absorber les molécules nutritives directement à travers la membrane, optimisant ainsi leur consommation.

### 1.3.2. Habitat et Conditions de Vie

Les bactéries appendiculées vivent dans des environnements variés, en particulier aquatiques, et peuvent coloniser des surfaces solides comme les roches, les plantes aquatiques, ou des surfaces biologiques telles que les cellules des organismes hôtes.

-Les bactéries comme *Caulobacter crescentus* utilisent des prosthèques ou des pédoncules pour se fixer sur des surfaces dans des environnements aquatiques où elles peuvent se stabiliser et accéder aux nutriments.

### 1.4. Les bactéries mobiles par glissement (gliding)

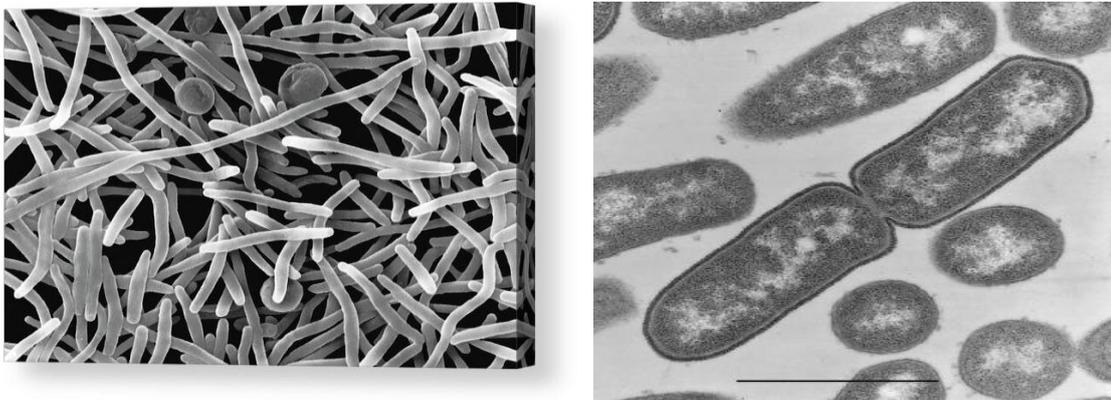
Les bactéries à motilité par glissement représentent un groupe fascinant de micro-organismes capables de se déplacer sans l'aide de flagelles, contrairement à la plupart des autres bactéries motiles. Ce mode de déplacement, appelé "**gliding**" ou **glissement**, permet à ces bactéries de se mouvoir sur des surfaces solides, souvent en milieu humide ou visqueux.

#### 1.4.1. Caractéristiques générales

- **Absence de flagelle** : Les bactéries glissantes ne possèdent pas de flagelles, ce qui les distingue des bactéries motiles classiques.
- **Mouvement le long des surfaces** : Elles se déplacent en glissant le long des surfaces solides, un mouvement particulièrement efficace dans les environnements humides où elles peuvent former des biofilms.
- **Forme et structure** : La plupart de ces bactéries sont des bacilles (en forme de bâtonnets) ou des filaments et appartiennent souvent au groupe des bactéries gram-négatives.

#### 1.4.2. Exemples de bactéries glissantes

- ***Cytophaga*** : Ce genre comprend des bactéries retrouvées dans les sols et les milieux aquatiques, connues pour dégrader des composés organiques complexes, comme la cellulose. Elles sont importantes dans le cycle du carbone.



**Figure n 17:** *Cytophaga*.

- ***Beggiatoa*** : Des bactéries filamenteuses qui vivent dans les environnements riches en sulfures, comme les sources hydrothermales. Elles oxydent le sulfure d'hydrogène, participant ainsi au cycle du soufre.



**Figure n 18 :** *Beggiatoa*.

### 1.4.3. Importance écologique

- **Décomposition de la matière organique** : En dégradant des polymères complexes (cellulose, chitine, protéines), les bactéries glissantes, comme *Cytophaga*, contribuent à recycler les nutriments dans les écosystèmes.
- **Cycle du soufre** : *Beggiatoa* joue un rôle crucial dans le cycle du soufre en éliminant le sulfure d'hydrogène, une substance toxique pour de nombreux organismes.
- **Formation de biofilms** : Ces bactéries participent également à la formation de biofilms, créant des micro-habitats dans lesquels d'autres micro-organismes peuvent prospérer.

## 1.5. Les spirochètes

Les spirochètes sont un groupe fascinant de bactéries, principalement connues pour leur forme hélicoïdale et leur capacité unique à se déplacer. Voici une description détaillée de leurs caractéristiques et des exemples d'espèces pathogènes.

### 1.5.1. Caractéristiques générales des spirochètes

Les spirochètes possèdent plusieurs caractéristiques qui les distinguent des autres bactéries :

- **Forme hélicoïdale** : La morphologie des spirochètes est l'une des plus distinctives du monde bactérien. Ces bactéries sont de forme allongée et hélicoïdale (en spirale).
- **Filaments axiaux** : Contrairement à la plupart des autres bactéries qui se déplacent à l'aide de flagelles externes, les spirochètes possèdent des filaments situés entre leur membrane externe et leur paroi cellulaire interne, appelés **filaments périplasmiques** ou **filaments axiaux**.
- **Motilité unique** : Grâce à leurs filaments axiaux, les spirochètes peuvent se déplacer en effectuant un mouvement en torsion (comme une vis qui pénètre dans le bois). Cette motilité particulière leur permet de se frayer un chemin même à travers des tissus denses, ce qui les rend capables d'infecter différents tissus du corps humain.
- **Gram-négatif** : Les spirochètes sont classés comme bactéries Gram-négatives.

### 1.5.2. Exemples de spirochètes pathogènes

Plusieurs espèces de spirochètes sont bien connues pour leur rôle dans des infections humaines graves :

#### a) *Treponema pallidum* (Syphilis)

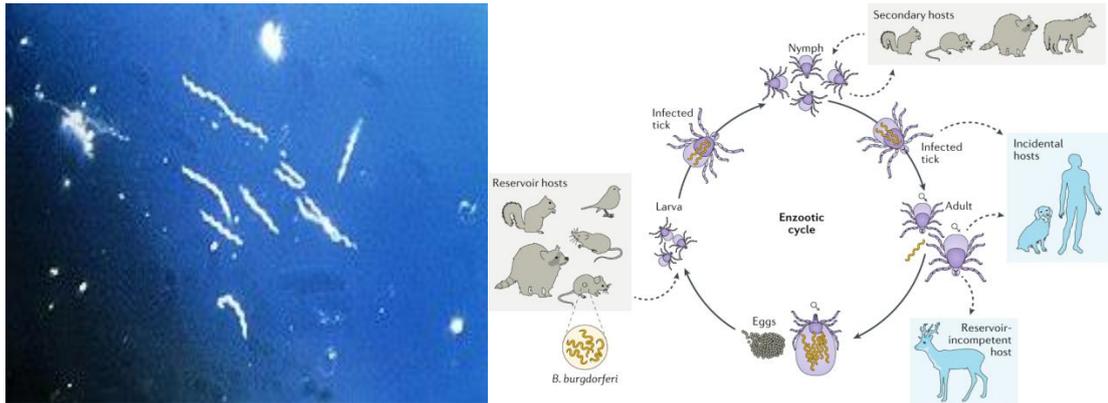
- **Description** : *Treponema pallidum* est la bactérie responsable de la syphilis, une infection sexuellement transmissible (IST) de nature chronique si elle n'est pas traitée.
- **Modes de transmission** : La syphilis se transmet par contact direct avec des lésions infectieuses pendant les rapports sexuels, mais elle peut également se transmettre de la mère à l'enfant pendant la grossesse.



**Figure n 19:** *Treponema pallidum* et la maladie de la syphilis

#### b) *Borrelia burgdorferi* (Maladie de Lyme)

- **Description** : *Borrelia burgdorferi* est la bactérie qui cause la maladie de Lyme, une zoonose transmise principalement par la morsure de tiques du genre *Ixodes*.
- **Modes de transmission** : La bactérie est transmise par les tiques infectées, qui acquièrent l'infection en se nourrissant de certains animaux réservoirs, comme les rongeurs.



**Figure n 20** : *Borrelia burgdorferi* et leur mode de transmission à l'homme.

## 1.6. Les actinomycètes

Les actinomycètes sont un groupe de bactéries filamenteuses qui possèdent des caractéristiques similaires aux champignons, d'où leur nom (*mycètes* signifie champignons en grec). Ces bactéries appartiennent au phylum des Actinobacteria et jouent un rôle crucial dans la décomposition de la matière organique dans le sol, contribuant ainsi au cycle des nutriments. De plus, certaines espèces sont sources de nombreux antibiotiques et autres produits bioactifs.

### 1.6.1. Caractéristiques des actinomycètes

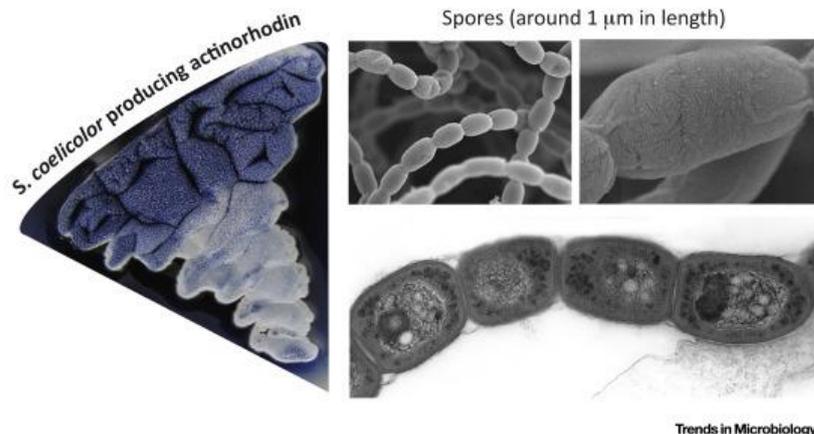
- **Morphologie filamenteuse** : Les actinomycètes forment des filaments ramifiés similaires aux hyphes des champignons, ce qui leur donne une apparence de mycélium. Ces filaments se développent en réseau dans le sol ou sur des substrats, favorisant leur rôle dans la dégradation de la matière organique.
- **Gram-positif** : Ce sont des bactéries à Gram positif, ce qui signifie qu'elles possèdent une paroi cellulaire épaisse, riche en peptidoglycane, qui leur confère une résistance structurelle.
- **Production de spores** : De nombreuses espèces d'actinomycètes produisent des spores, ce qui les aide à survivre dans des conditions défavorables.
- **Habitat et rôle écologique** : Les actinomycètes se trouvent principalement dans le sol et les environnements aquatiques. Ils sont essentiels pour le

recyclage de la matière organique en dégradant la cellulose, la chitine et d'autres substances complexes. Leur action de décomposition libère des nutriments comme l'azote et le phosphore, essentiels pour la croissance des plantes.

- **Odeur caractéristique** : Les actinomycètes sont en partie responsables de l'odeur « terreuse » caractéristique des sols après la pluie, en raison de la production de molécules volatiles comme la géosmine.

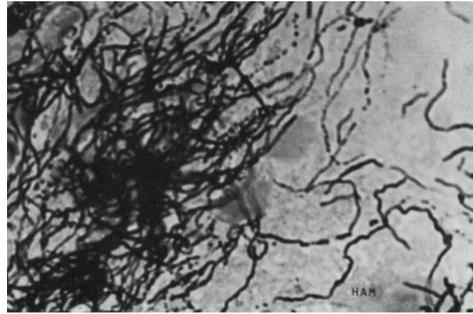
#### 1.6.2. Exemples de genres d'actinomycètes importants

- a) *Streptomyces* : Le genre le plus important en termes de production d'antibiotiques et de métabolites secondaires bioactifs. *Streptomyces* est particulièrement abondant dans le sol et est responsable de nombreuses découvertes dans le domaine pharmaceutique.



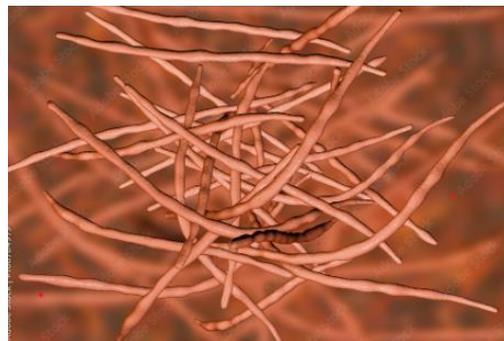
**Figure n 21** : *Streptomyces coelicolor*

- b) *Nocardia* : Connue pour causer des infections opportunistes, surtout dans les poumons, mais aussi capable de produire des enzymes intéressantes pour des applications industrielles.



**Figure n 22 : *Nocardia***

- c) *Actinomyces* : Ce genre comprend des espèces qui font partie de la flore normale de la bouche et du tube digestif des humains et des animaux. Cependant, dans des conditions anormales, elles peuvent devenir pathogènes et causer l'actinomyose.



**Figure n 23 : une illustration 3D d'*Actinomyces***

### **1.7. Bactéries chimiolithotrophe**

Les bactéries chimiolithotrophes sont un groupe de micro-organismes capables d'obtenir de l'énergie en oxydant des composés inorganiques. Ces bactéries jouent un rôle crucial dans le cycle des éléments tels que l'azote, le soufre et le fer, ce qui en fait des acteurs majeurs dans les écosystèmes naturels et les environnements extrêmes.

### 1.7.1. Caractéristiques des bactéries chimiolithotrophes

**-Métabolisme unique** : Contrairement aux organismes qui obtiennent leur énergie en décomposant des composés organiques, les bactéries chimiolithotrophes utilisent des composés inorganiques (tels que l'ammoniac, le fer, le soufre, ou l'hydrogène) comme source d'énergie. Cette oxydation libère des électrons utilisés dans leur chaîne de transport d'électrons pour générer de l'ATP, l'énergie de la cellule.

**-Source de carbone** : La plupart des chimiolithotrophes sont autotrophes et utilisent le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) comme source de carbone, qu'elles fixent pour former des composés organiques. Certaines sont toutefois hétérotrophes et nécessitent une source externe de carbone organique.

**-Environnement et niche écologique** : Ces bactéries sont souvent retrouvées dans des environnements extrêmes ou dépourvus de matière organique, comme les sources hydrothermales, les sols pauvres, les eaux souterraines, et les zones contaminées par des métaux lourds. Elles colonisent également des milieux aquatiques et terrestres riches en composés inorganiques oxydables.

**-Gram-positif ou Gram-négatif** : Les chimiolithotrophes peuvent être Gram-positifs ou Gram-négatifs, selon l'épaisseur et la composition de leur paroi cellulaire. Leur structure varie grandement, dépendant de leurs adaptations aux différents environnements.

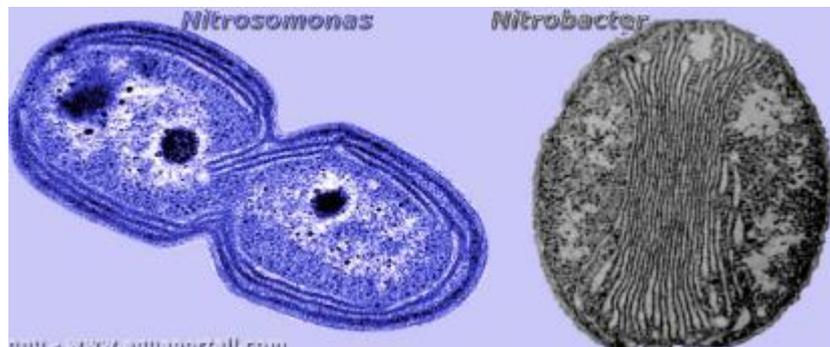
### 1.7.2. Types de bactéries chimiolithotrophes et exemples de réactions

Les bactéries chimiolithotrophes sont classées selon le type de composé inorganique qu'elles oxydent pour produire de l'énergie :

#### 1. Nitrifiants (oxydation de l'ammoniac et du nitrite)

- Exemple : *Nitrosomonas* (oxydation de l'ammoniac en nitrite) et *Nitrobacter* (oxydation du nitrite en nitrate).

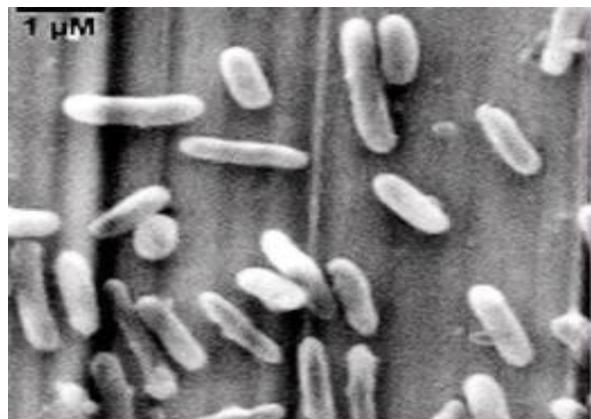
- Les nitrifiants sont essentiels pour le cycle de l'azote, en convertissant l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) en nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), qui est une forme de l'azote assimilable par les plantes.



**Figure n 24 :** *Nitrosomonas*

## 2. Sulfureux (oxydation du soufre et du sulfure)

- Exemple : *Thiobacillus* (oxydation du sulfure et du soufre en sulfate).
- **Rôle écologique** : Les bactéries sulfureuses jouent un rôle important dans le cycle du soufre, en transformant les composés soufrés réduits en sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), une forme utilisable par les plantes et d'autres organismes.

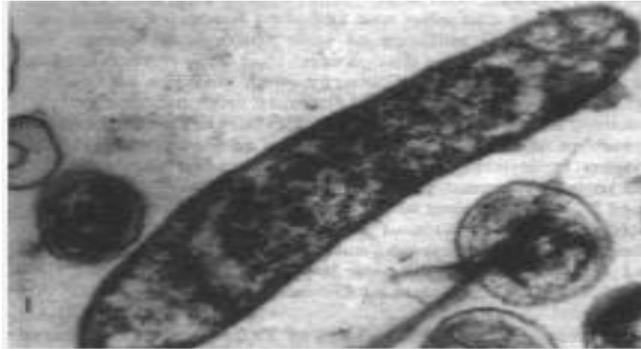


**Figure n 25:** *Thiobacillus*.

## 3. Oxydants du fer (oxydation du fer ferreux)

- Exemple : *Acidithiobacillus ferrooxidans* (oxydation du fer ferreux en fer ferrique).

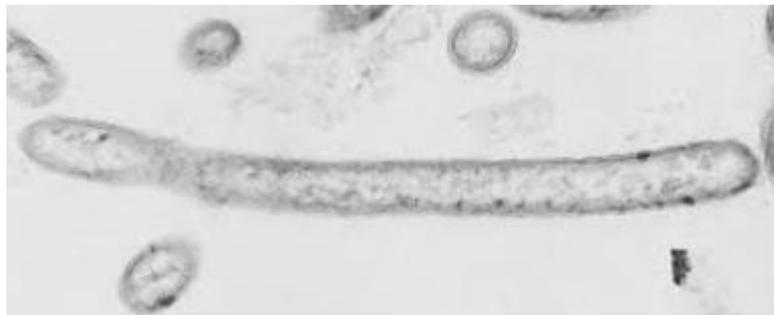
- **Rôle écologique** : Ces bactéries sont importantes dans les environnements riches en fer, tels que les sources d'eau minérale et les mines. Elles jouent également un rôle dans la formation de dépôts de fer et contribuent à la biolixiviation des métaux (extraction de métaux à partir de minerais).



**Figure n 26** : *Acidithiobacillus ferrooxidans*

#### 4. **Hydrogénotrophes (oxydation de l'hydrogène)**

- Exemple : *Hydrogenobacter* (oxydation de l'hydrogène moléculaire).
- **Rôle écologique** : Ces bactéries se trouvent souvent dans des environnements pauvres en oxygène mais riches en hydrogène, tels que les sources hydrothermales. Elles contribuent à l'équilibre des gaz atmosphériques et influencent les cycles biogéochimiques.



**Figure n 27**: *Hydrogenobacter*

## 2. Les grands groupes Archéens

Il existe trois grands groupes dans le règne des Archéobactéries :

**2.1. Les Méthanogènes** : Ce sont des organismes strictement anaérobies, ce qui signifie qu'ils ne peuvent survivre en présence d'oxygène. Leur particularité est de produire du méthane en tant que sous-produit de leur métabolisme. On les trouve généralement dans des environnements sans oxygène, comme les marécages, les sédiments marins ou encore dans le système digestif de certains animaux herbivores. Les Méthanogènes jouent un rôle important dans la décomposition de la matière organique en absence d'oxygène.

**2.2. Les Halophiles Extrêmes** : Ce groupe d'archées est adapté à des conditions de forte salinité, ce qui signifie qu'ils ont besoin d'un environnement très salé pour survivre. On les retrouve dans des habitats tels que les lacs salés, les marais salants ou certaines zones côtières où le sel est très concentré. Les Halophiles Extrêmes possèdent des adaptations cellulaires leur permettant de tolérer, voire d'exploiter, ces conditions extrêmes en utilisant des protéines spécialisées pour maintenir l'équilibre osmotique et résister à la déshydratation.

**2.3. Les Thermoacidophiles** : Ces organismes vivent dans des environnements caractérisés par des températures très élevées et un pH acide. Ils sont particulièrement bien adaptés aux sources chaudes, aux volcans sous-marins et autres milieux géothermaux où la température peut atteindre plus de 80 °C et le pH être extrêmement bas (acide). Les Thermoacidophiles possèdent des enzymes et des membranes spécifiques qui leur permettent de fonctionner dans ces conditions extrêmes, ce qui les rend intéressants pour la recherche en biotechnologie.

### Annexe

**Tableau :** les types trophiques (nutritionnels) chez les bactéries

Type du besoin	Nature du besoin	Type trophique
Source d'énergie	Rayonnement lumineux	Phototrophe
	Oxydation de composés organiques ou inorganiques	Chimiotrophe
Donneur d'électrons	Minéral	Lithotrophe
	Organique	Organotrophe
Source de carbone	Composé minéral	Autotrophe
	Composé organique	Hétérotrophe
Facteurs de croissance	Non nécessaires	Prototrophe
	Nécessaires	Auxotrophe