

## CHAPITRE V: ETUDE DES GRANDS GROUPES BACTERIENS

### \*LES BACTERIES PHOTOSYNTHETIQUES\*

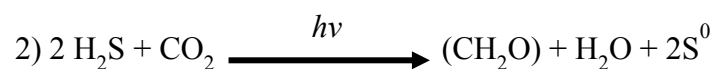
#### V.2. BACTERIES PHOTOSYNTHETIQUES ANOXYGENIQUES

Les organismes procaryotes photosynthétiques anoxygéniques comprennent quatre groupes séparés: les bactéries pourpres sulfureuses ou non sulfureuses et les bactéries vertes sulfureuses ou non sulfureuses

##### V.2.1. Généralité

Les bactéries photosynthétiques sont disséminées dans différentes classes taxonomiques (Tab. 01 et 02). Les bactéries pourpres sulfureuses font partie des *Gamma-Proteobacteries*, les bactéries pourpres non sulfureuses font partie des *Alpha-Proteobacteries*, les bactéries vertes sulfureuses et les bactéries vertes non sulfureuses ne sont pas considérées comme protéobactéries et sont classées dans d'autres embranchement ; *Chlorobi* et *Chloroflexi* en ordre. Elles ne sont pas nécessairement de couleurs pourpre ou verte, mais généralement sont **anaérobies**. Comme les plantes, les algues et les cyanobactéries, elles produisent les glucides (CH<sub>2</sub>O) par photosynthèse. Elles vivent habituellement dans les couches sédimentaires profondes des lacs et étangs. En raison de l'habitat en zones profondes qu'elles occupent, elles sont pourvues de chlorophylle qui utilise des rayons du spectre visible que n'interceptent pas les organismes photosynthétiques vivant à de moins grandes profondeurs. Les chlorophylles utilisées par ces bactéries photosynthétiques s'appellent **Bactériochlorophylle**. De plus, contrairement à la photosynthèse de type végétal, la photosynthèse des bactéries pourpres ou vertes est ANOXYGENIQUE puisqu'elles ne produisent pas le DIOXYGENE O<sub>2</sub>.

Les bactéries pourpres sulfureuses et les bactéries vertes sulfureuses utilisent des composés sulfurés réduits ; dont le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S), au lieu de l'eau, et elles produisent de granules de soufre (S<sup>0</sup>), et non du dioxygène (processus anoxygénique) :



Le genre *Chromatium* est représentatif des bactéries pourpres sulfureuses. La comparaison de l'équations 1 et 2 permet de comprendre comment des composés sulfurés réduits, tels que H<sub>2</sub>S, peuvent remplacer la photosynthèse comme source d'énergie. Des formes de vie complexe et interdépendantes, que l'on trouve dans des cavernes ou sur les fonds marins obscurs, utilisent fréquemment des composés sulfurés comme source d'énergie.

Les bactéries pourpres non sulfureuses et les bactéries vertes non sulfureuses (aussi **photoautotrophes**) réduisent le dioxyde de carbone par photosynthèse à l'aide de composés organiques tels que les acides et les glucides.

**Tableau 01:** Quelques caractéristiques des bactéries photosynthétiques

Non courant	Exemple (genre)	Embranchement	Donneurs d'électrons pour la réduction de CO <sub>2</sub>	Oxygéniques ou non oxygéniques	Traits caractéristiques
Cyanobactéries	<i>Anabaena</i>	Cyanobactéria	Généralement H <sub>2</sub> O	Généralement oxygénique	Système photosynthétique semblable à celui des plantes ; certaines sont capables de photosynthèse bactérienne dans des conditions anaérobies
Bactéries vertes non sulfureuses	<i>Chloroflexus</i>	Chloroflexi	Composés organiques	Anoxygéniques	Photohétérotrophes, mais également capables de se développer en aérobiose comme un chimiohétérotrophe.
Bactéries vertes sulfureuses	<i>Chlorobium</i>	Chlorobi	Généralement H <sub>2</sub> S	Anoxygéniques	Photoautotrophe ; dépose des granules de soufre à l'extérieur de la cellule.
Bactéries pourpres non sulfureuses	<i>Phodospirillum</i>	Proteobacteria	Composés organiques	Anoxygéniques	Fait partie des alpha-protéobactéries ; photohétérotrophe, mais également capable de se développer comme un chimiohétérotrophe.
Bactéries pourpres sulfureuses	<i>Chromatium</i>	Proteobacteria	Généralement H <sub>2</sub> S	Anoxygéniques	Fait partie des gamma-protéobactérie ; Photoautotrophe ; dépose des granules de soufre à l'extérieur de la cellule

## V.2.2. Taxonomie

### V.2.2.1. Bactéries pourpres non sulfureuses

**Phylum :** *Proteobacteria*

**Classe :** *Alpha-Proreobacteria*

**Ordre :** *Rhodospirillales*

**Famille :** *Rhodospirillaceae* :

**Genres :** *Rhodospirillum*, *Azospirillum*, *Conglomeromonas*, *Defluvicoccus*, *Inquilinus*, *Magnetospirillum*, *Phaeospirillum*, *Rhodocista*, *Rhodospira*, *Rhodospirillum*, *Rhodothalassium*, *Rhodovibrio*, *Roseospira*, *Skermanella*, *Thalassobaculum*, *Telmatospirillum*, *Tistrella*.

- La croissance cellulaire est faite préférentiellement par assimilation des substances organiques simples (acides et glucides), mais quelques espèces peuvent utiliser les sulfites et les thiosulfates comme donneurs d'électrons pour l'assimilation photosynthétique du CO<sub>2</sub>.

- Des globules de sulfures peuvent apparaitre en présence des sulfites et de lumière seulement au milieu extracellulaire.

- L'ammonium et N<sub>2</sub> sont utilisés comme source d'azote.

- Des facteurs de croissances sont exigés pour la croissance de la plupart des genres comme la biotine et la thiamine.

- L'oxygène inhibe la synthèse des bactériochlorophylles et des caroténoïdes.

#### **V.2.2.2. Bactéries pourpres sulfureuses**

**Phylum :** *Proteobacteria*

**Classe :** *Gamma-Proteobacteria*

**Ordre :** *Chromatiales*

Dans la nouvelle classification, cet ordre est divisé en deux sous-groupes. Le sous-groupe 1 regroupe les genres qui accumulent les globules de sulfures à l'intérieur des cellules (Famille : *Chromatiaceae*), alors que le sous-groupe 2 rassemble les genres où les globules de sulfures sont excrétés à l'extérieur des cellules (Famille : *Ectothiorhodospiraceae*).

**Genres:** *Amoebacter*, *Chromatium*, *Lamprobacter*, *Lamprocystis*, *Thiocapsa*, *Thiocystis*, *Thiodictyon*, *Thiopedia*, *Thiospirillum*, *Ectothiorhodospira*.

- Les cellules sont capables de croître en présence des sulfites et des sulfures comme seuls source d'électrons pour la photo-assimilation du CO<sub>2</sub>. Le thiosulfate, H<sub>2</sub> ou même des substances organiques (acides organiques comme l'acétate, la propionate, le pyruvate) sont aussi utilisés comme sources d'électrons.

- Elle contient les bactériochlorophylles a et b et les pigments caroténoïdes des S-grp 1-4.

- Les bactéries sont anaérobies strictes et phototrophes obligatoires, mais sous des conditions microaérobies ou aérobies quelques genres sont chimioautotrophes facultatifs.

#### **V.2.2.3. Bactéries vertes sulfureuses**

**Phylum :** *Chlorobi*

**Classe :** *Chlorobia*

**Ordre :** *Chlorobilaes*

**Famille :** *Chlorobiaceae (S-groupe 5)*

**Genres :** *Chlorobium, Ancalochloris, Chlorobaculum, Chloroherpeton, Pelodictyon, Prosthecochloris.*

- Les cellules ont une forme : étoilée, bâtonnet court ou long (droit ou incurvé), ovoïde ou sphérique.

- Les cellules sont capables de croître en présence des sulfures ou des sulfites comme donneurs d'électrons pour la photo-assimilation du CO<sub>2</sub>.

- Les globules de soufre sont accumulés au milieu extracellulaire et jamais intracellulaire en présence de la lumière et des sulfites.

- En présence des sulfites et de bicarbonate, les cellules sont capables d'assimiler photosynthétiquement les composés organiques.

- Les cultures bactériennes apparaissent vertes vu la présence du Bchl c et d ou brune grâce à la présence du Bchl e.

- Les antennes de bactériochlorophylles sont localisées au niveau des chlorosomes à la membrane cytoplasmique.

#### **V.2.2.4. Bactéries vertes non-sulfureuses**

**Phylum :** *Chloroflexi*

**Classe :** *Chloroflexi*

**Ordre :** *Chloroflexales*

**Famille :** *Chloroflexaceae*

**Genres :** *Chloroflexus, Chloronema, Heliothrix, Roseiflexus.*

- Les cellules sont arrangées en filaments multicellulaires capable de mobilité par glissement

- Toutes les espèces sont aérobies facultatives

- Le métabolisme phototrophe ou chimiotrophe sont effectués préférentiellement en utilisant des composés organiques

- Elles contiennent des Bchl et des caroténoïdes.

### **V.2.3. Caractères généraux**

- Les bactéries sont capables de phototaxie (une répulsion par l'obscurité et pas attraction pas la lumière) notamment celles photosynthétiques mobiles (pourpres)

- Le Bchl est complètement différent de la chlorophylle a trouvée chez les algues bleu-vert, les algues et les plantes, il en existe cinq types au minimum : Bchl a, b (prédominant généralement les bactéries pourpres sulfureuses ou non), c, d et e qui prédominent les bactéries vertes sauf le genre *Heliothrix* contenant faible quantité de Bchl a.

- L'appareil photosynthétique (chromatophore) des bactéries vertes est présenté sous forme de vésicules oblongues appelées chlorosomes (forme de cigares), cependant celui des bactéries pourpres est présenté sous forme de membranes multilamellaires liées toujours avec la membrane cytoplasmique (expansions).

- Les bactéries peuvent produire l'énergie ATP à partir de l'ADP en présence de la lumière, c'est la photophosphorylation (cyclique ou acyclique).

- Presque toutes les bactéries phototrophes peuvent fixer le CO<sub>2</sub>. Ce phénomène nécessite la présence de l'ATP, du NADH<sub>2</sub>-NADPH<sub>2</sub> produits par les bactéries phototropiques (il existe des différences du phénomène de la fixation entre les bactéries).

- En anaérobiose, la plupart des bactéries vertes et pourpres sont capable d'oxyder les composés sulfurés pour former les sulfites. Les composés sulfurés les plus utilisés sont : le sulfite (SO<sub>3</sub><sup>-</sup>), le thiosulfate (S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>) et le tétrathionate (S<sub>4</sub>O<sub>6</sub><sup>2-</sup>) (par quelques organismes/après sa réduction) produit de l'oxydation du thiosulfate.

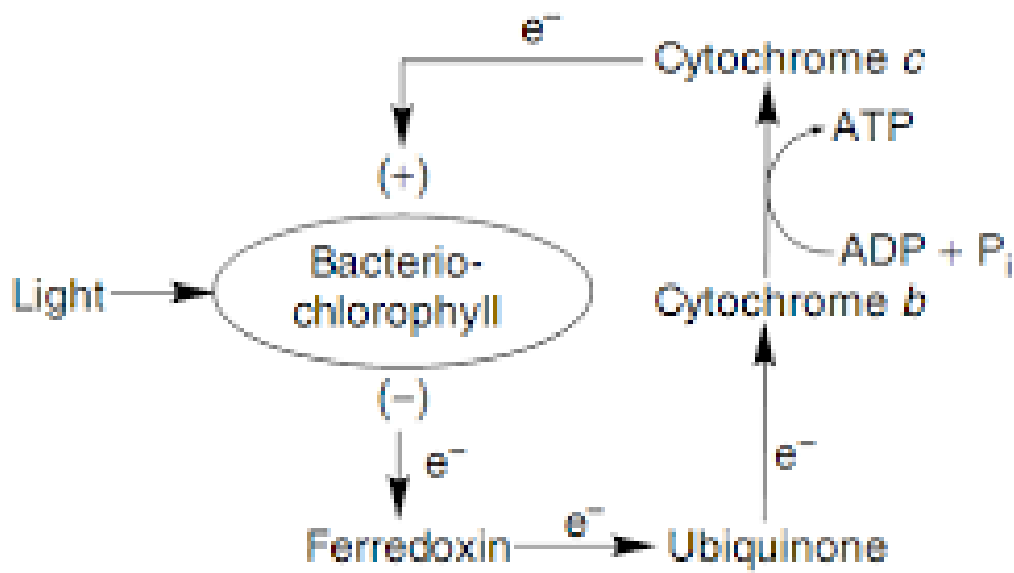
- Le soufre élémentaire produit fréquemment de l'oxydation des thiosulfates ou des sulfures se dépose soit au milieu intracellulaire (disponible rapidement comme source de composés sulfurés réduits) ou extracellulaire (moins utilisé à cause de son insolubilité).

## Annexe

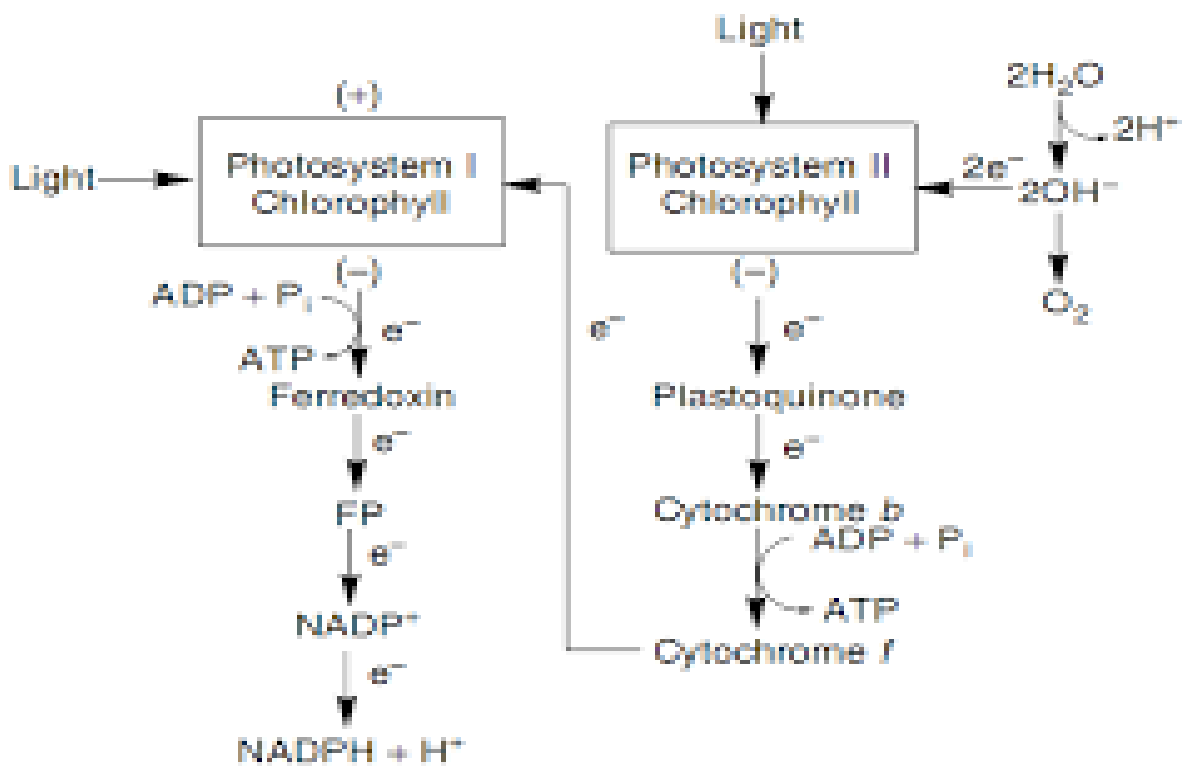
- **Autotrophe** : organisme capable de synthétiser son matériel cellulaire à partir du CO<sub>2</sub> comme seule source de Carbone.
- **Hétérotrophe** : organisme nécessitant des composés organiques comme source de Carbone.
- **AUXOTROPHE** : organisme incapable de synthétiser un composé organique nécessaire à sa croissance. Ce composé (facteur de croissance tels qu'acides aminés essentiels, vitamines) doit être apporté pour la croissance bactérienne.
- **CHIMIOTROPHE** : organisme qui tire son énergie de l'oxydation de composés chimiques soit organiques, soit inorganiques. C'est la grande majorité des bactéries. On distingue les bactéries chimiolithotrophes qui utilisent des molécules inorganiques réduites comme source d'électrons (*Cf bactérie lithotrophe*) et les bactéries chimio-organotrophes qui extraient les électrons et l'hydrogène de composants organiques (la plupart des bactéries non photosynthétiques) (*Cf bactérie organotrophe*).
- **Cryophile** : organisme vit et se développe à basse température (voisine de 0°C).
- **Litotrophe** : Bactérie autotrophe "mangeuse de pierre" qui utilise des substances inorganiques réduites comme source d'électrons. On distingue les bactéries photolithotrophes qui utilisent l'énergie lumineuse comme source d'énergie et les bactéries chimiolithotrophes qui utilisent une source chimique inorganique d'énergie.
- **Organotrophe** : organisme hétérotrophe qui utilise des composés organiques réduits comme source d'électrons. On distingue les bactéries photo-organotrophes qui utilisent l'énergie lumineuse comme source d'énergie et les bactéries chimio-organotrophes qui utilisent une source chimique inorganique d'énergie.
- **Opportuniste** : organisme saprophyte ou commensale qui devient pathogène pour les sujets qui l'hébergent lorsque leurs moyens de défense s'affaiblissent.
- **Prototrophe** : organisme capable de se multiplier sur des milieux de base et de synthétiser les éléments nécessaires à sa survie.

Tableau 02 : Caractéristiques des principaux groupes de bactéries phototrophes

Caractéristiques	Vertes sulfureuses	Vertes non sulfureuses	Cyanobactéries	Pourpres non sulfureuses	Pourpre non sulfureuses
<b>Pigments</b>	BChl a + c+ d ou e	BChl a + c	Chl + phycobiliprotéines	BChl a+/-b	BChl a+/-b
<b>Membranes</b>	Chlorosomes indépendantes	Chlorosomes en anaérobie	Thylacoides près de la membrane	Complexes liés à la membrane	Complexes liés à la membrane
<b>Donneurs d'électrons</b>	H <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, S, composés soufrés	Sucres, A. aminés, A. organiques, H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, S, composés soufrés	Molécules organiques et H <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, S
<b>Type métabolique</b>	Photolithotrophes Anaérobie strictes	Photoorganotrophes/Photolithotrophes Chimioorganotrophes à l'obscurité en aérobie	Photolithotrophes Anaérobie	Photolithotrophes Anaérobies stricts Granules S. intracel.	Photoorganotrophes Anaérobie Chimioorganotrophes à l'obscurité.



Cyclic photophosphorylation—photosynthetic bacteria



Noncyclic photophosphorylation—algae, cyanobacteria, plants