

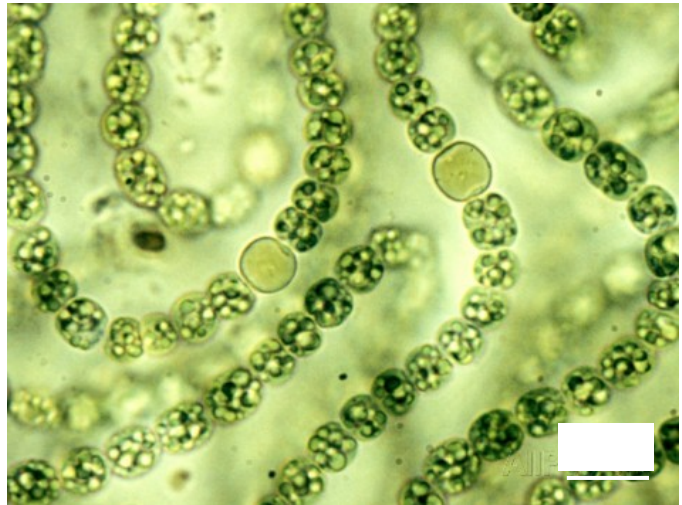
- *Nostoc*, Eubactérie pluricellulaire, autotrophe au carbone et à l'azote, formant des biofilms

Les cyanobactéries sont très fréquentes dans les milieux aquatiques ou dans les milieux humides. Organismes aquatiques réalisant la photosynthèse oxygénique et de couleur bleu-vert, elles sont encore parfois qualifiées d'algues bleues.

Des filaments présentant deux types cellulaires

Les cyanobactéries du genre *Nostoc* forment des **filaments pluricellulaires** non ramifiés de couleur **bleu-vert**. Les filaments sont englués dans un gel constitué par des polysides et forment un **biofilm** observable à l'œil nu.

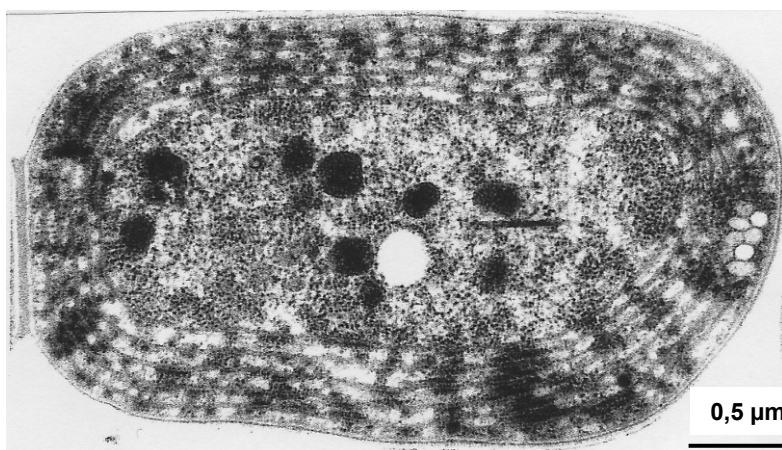
On distingue deux types cellulaires au MO : les cellules les plus nombreuses apparaissent granuleuses, ce sont les **cellules végétatives**, elles réalisent la photosynthèse oxygénique comme les cellules eucaryotes chlorophylliennes ; les cellules à paroi plus épaisse et d'apparence lisse sont les **hétérocystes** qui permettent l'assimilation de l'azote minéral en azote organique.



Nostoc sp observé au MO

Organisation cellulaire et réalisation de l'autotrophie au carbone et à l'azote

Les cellules végétatives montrent au fort grossissement du MO ($\times 1000$, en immersion) une région périphérique de couleur bleu-vert, le **chromatoplasme**, et une région centrale, plus claire, le **centroplasma**. Au MET, on observe que le chromatoplasme renferme un ensemble de thylakoïdes à disposition concentrique : les cyanobactéries présentent une **compartmentation cellulaire**, cependant limitée à deux compartiments, le cytosol et les thylakoïdes. Les thylakoïdes portent divers pigments photosynthétiques -chlorophylle a, carotènes et **phycobiline**s aussi rencontrés chez les algues rouges (en majorité la phycocyanine bleu-vert, la phycoérythrine étant minoritaire) - et sont le siège de la phase photochimique de la photosynthèse. Le centroplasma contient le chromosome bactérien et la majorité des ribosomes ainsi que des inclusions diverses comme les **carboxysomes** où est concentrée la Rubisco et qui sont donc les sites de fixation du CO_2 et des grains de polyphosphates à rôle de réserve.



Vue au MET d'une cyanobactérie unicellulaire

Lorsque le milieu est carencé en ions nitrates NO_3^- ou ammonium NH_4^+ , certaines cellules se différencient en hétérocystes capable de **fixer le diazote atmosphérique N_2** . Ces cellules synthétisent la **nitrogénase**, enzyme qui permet la **réduction du N_2** (voir *Rhizobium*). La nitrogénase est sensible au dioxygène qui interfère avec l'utilisation du diazote. La présence d'une paroi épaissie et l'absence de photosystème II générateur d' O_2 dans les hétérocystes favorisent ainsi la réduction du N_2 en ammoniac NH_3 . Ce dernier est incorporé dans un acide aminé, la glutamine, échangé par des structures de type plasmodesme avec les cellules végétatives dans lesquelles la photosynthèse produit des squelettes carbonés.

- *Rhizobium*, Eubactérie fixatrice du diazote en association symbiotique avec les Fabacées

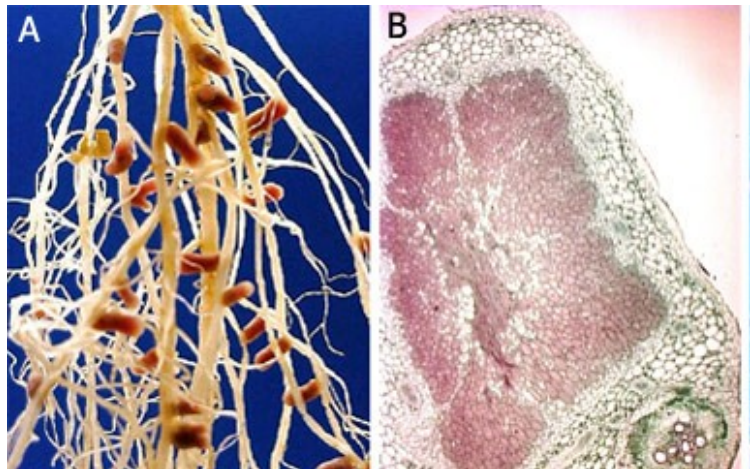
On regroupe sous l'appellation *Rhizobium*, un ensemble de bactéries capables de vivre en symbiose avec les Fabacées ; il existe une dizaine de genres comportant chacun une ou plusieurs espèces. Les *Rhizobium* ont déjà été abordés en BCPST1.

Milieux de vie

A l'état libre, *Rhizobium* vit dans les sols et au voisinage des racines de fabacées. A l'état de symbionte, elle est localisée le plus souvent dans les **nodosités racinaires**.

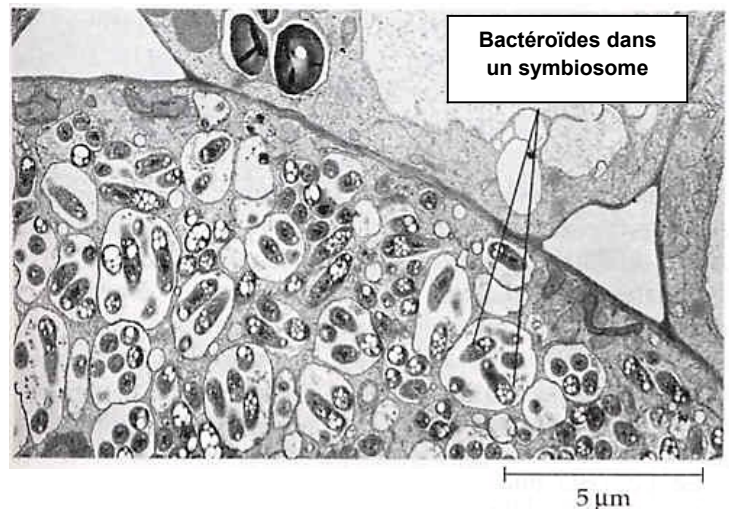
Une coupe histologique fraîche de nodosité montre que le parenchyme médullaire est hypertrophié et coloré en rose, couleur due à un pigment, la leghémoglobine.

Nodosités racinaires
A- vue macroscopique
B- CT partielle



Observée au MET, une cellule de parenchyme médullaire héberge la bactérie dans son cytoplasme, isolée ou en petits groupes, au sein de structures, les **symbiosomes**, délimités par une membrane, la membrane pér bactéroïde.

Nombreux bactéroïdes dans une cellule d'une nodosité racinaire de Soja (au MET)
Les cellules voisines ne sont pas infectées.



Organisation cellulaire

A l'état libre, *Rhizobium* est une Eubactérie de type Gram – en forme de bâtonnet (1,2 à 3 μm de long, 0,5 à 0,9 μm de diamètre), motile grâce à un seul flagelle. A l'état de symbionte, elle perd son flagelle, grandit et prend une forme irrégulière (en X, en Y, en T) : elle est alors appelée **bactéroïde**.

Modes de vie

A l'état libre dans le sol, *Rhizobium* est aérobic, hétérotrophe au carbone et nécessite de l'azote à l'état réduit (NH_4^+) pour la synthèse de ses acides aminés car elle n'a pas la possibilité de réduire les ions NO_3^- ou le N_2 atmosphérique.

A l'état de symbiote, *Rhizobium* reste aérobic et hétérotrophe au carbone mais elle peut, grâce à la **nitrogénase**, réduire le N_2 atmosphérique en ion ammonium NH_4^+ qu'elle utilise pour la synthèse de ses acides aminés. Elle est donc **diazotrophe**. La nitrogénase est sensible au dioxygène qui interfère avec l'utilisation du diazote. La **leghémoglobine**, une protéine dont l'hème est identique à celui de l'hémoglobine et qui présente une forte affinité pour l' O_2 permet la réduction de la P_{O_2} dans le cytosol ce qui permet à la nitrogénase d'être active sans altérer le fonctionnement de la chaîne respiratoire de *Rhizobium*. Une partie de l'azote réduit est cédé à la plante hôte qui l'utilise pour ses propres synthèses d'acides aminés. La plante fournit en échange des photosynthétats aux *Rhizobium*. Cette association symbiotique permet aux Fabacées de croître dans des sols carencés en azote minéral.

La paramécie, Alvéolobionte Cilié, unicellulaire libre

Les paramécies sont des unicellulaires très communes en eau douce contenant des matières organiques en décomposition. L'exemple étudié ici est le plus courant, *Paramecium caudatum*.

Observation sans coloration

Les paramécies sont de forme ovoïde, longues (100 µm à quelques centaines de µm) et paraissent se déplacer très rapidement (vitesse réelle de déplacement multipliée par le grossissement du microscope. Un peu de fibres de coton hydrophile permet de les immobiliser et d'observer les mouvements de la ciliature (cils locomoteurs) et la dépression buccale = péristome orientée vers l'avant. Les paramécies contiennent dans leur cytoplasme de nombreuses inclusions.

Observation après coloration

Une coloration au rouge neutre (colorant vital) permet d'observer les **vacuoles digestives** dans le cytoplasme, animées d'un lent mouvement de cyclose. Les paramécies ne nourrissent de microorganismes aquatiques plus petits qu'elles, la plupart du temps des **bactéries**.

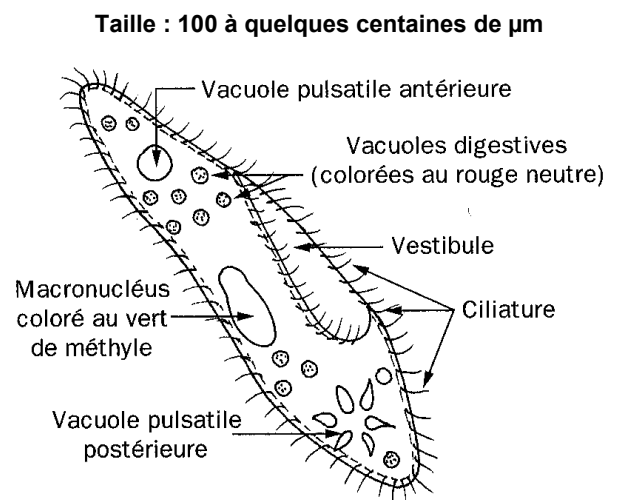
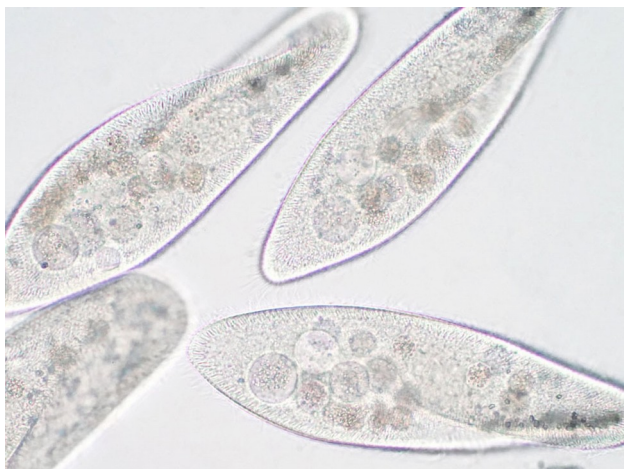
Le **péristome** est une cavité couverte de cils dont les mouvements créent un courant d'eau entraînant les particules alimentaires vers le **cytostome**. A partir de celui-ci se forme une vésicule de phagocytose qui s'en détache et poursuit dans la cellule un itinéraire précis au cours duquel se réalise la digestion. Le mode de nutrition de la paramécie est la **phagotrophie**.

Une coloration au lugol tue la cellule (colorant létal) et provoque le redressement des **cils** ce qui permet de voir l'étendue de la ciliature. Les cils sont rangés sur des bandes hélicoïdales et parallèles entre elles, les cinéties. Un cil est une évagination cylindrique de la cellule limitée par la membrane plasmique et soutenue par un édifice microtubulaire appelé **axonème**, semblable à celui du flagelle du spermatozoïde.

Un montage avec du bleu de méthylène (cellules tuées en 5 min) permet observer **deux vacuoles pulsatiles** situées aux deux pôles de la cellule. Ces deux vacuoles se contractent en opposition de phase et permettent l'**osmorégulation**, elles permettent d'évacuer l'eau excédentaire du cytosol.

Une coloration au vert de méthyle (létal) permet de distinguer l'appareil nucléaire constitué d'un **macronucléus** (volumineux, polyploïde, régit les fonctions végétatives de la paramécie) et d'un **micronucléus** (de taille réduite, diploïde, contrôle la fonction sexuelle des paramécies). La reproduction peut s'effectuer par **mitose** aboutissant à deux cellules identiques ou par une reproduction sexuée atypique, la **conjugaison**, impliquant l'accolement temporaire de deux individus.

Organisation de la paramécie



Paramecium caudatum observés au MO et schéma explicatif

50 µm

➤ Place dans la classification phylogénétique

Les paramécies appartiennent au taxon des **Alvéolobiontes** en raison de la présence de nombreuses alvéoles dans le cytoplasme (rôle de réservoir à calcium). La ciliature est une des caractéristiques du groupe des **Ciliés**.