Document téléchargeable sur le site
https://www.svt-tanguy-jean.com/

EPLEFPA Dijon Quetigny Plombières-lès-Dijon
Site de Quetigny (21) • LEGTA Olivier de Serres
Classe préparatoire ATS (Adaptation Technicien Supérieur) Biologie
Préparation des Concours agronomiques et vétérinaires (voie C)

ENSEIGNEMENT DE BIOLOGIE • COURS
Partie A. L'unité et la diversité du monde vivant
Sous-partie A.1. L'unité et la diversité du monde vivant à l'échelle cellulaire

Chapitre 2

La cellule eubactérienne

Étude comparative de deux types d'Eubactéries : La Protéobactérie *Escherichia coli* et les Cyanobactéries

Objectifs : extraits du programme

PARTIE A : L'UNITÉ ET LA DIVERSITÉ DU MONDE VIVANT **Objectif :** montrer l'unité et la diversité du monde vivant, en s'appuyant sur un nombre limité de groupes d'organismes et d'exemples. *L'unité du vivant s'observe aux niveaux moléculaire, cellulaire, et au cours des processus de construction des individus.* *La diversité du vivant est envisagée en relation avec les niveaux d'organisation et les modes de vie des organismes. Des caractères sont utilisés pour identifier les organismes et établir des liens de parenté au sein de la diversité du vivant*	
1. L'unité et la diversité du monde vivant à l'échelle cellulaire	**La cellule est l'unité de base de la constitution de tous les organismes vivants. Cette structure présente des particularités en relation avec des spécialisations fonctionnelles.**
La cellule, unité et diversité structurale et fonctionnelle du vivant	- Le modèle cellulaire Procaryote est étudié à partir d'exemples d'Eubactéries : - cellule protéobactérienne (ex. *Escherichia coli*); - cellule cyanobactérienne compartimentée. **[TP A1]** **Mots-clés** [Membrane plasmique, matrice extracellulaire, compartiments, cytosquelette, chromosome] *Les relations structure/fonction sont établies sans développer les voies métaboliques. L'existence du groupe des Archées est évoquée, mais leurs caractéristiques ne sont pas exposées.*

Introduction

La **cellule** est la ***plus petite unité de structure et de fonctionnement d'un être vivant*** (complément 1 : revoir les échelles de définition du vivant). On peut distinguer deux types cellulaires principaux :

- La **cellule eucaryote** : ***cellule compartimentée dont l'ADN est enfermé dans un noyau et dont les compartiments présentent une spécialisation fonctionnelle***. On trouve aussi un peu de matériel génétique dans certains compartiments (mitochondries, plastes).
- La **cellule procaryote** : ***cellule souvent non compartimentée*** (mais nous verrons la plus belle exception : celle des Cyanobactéries) ***dont l'ADN est situé dans une zone du cytoplasme nommée nucléoïde***. On peut aussi trouver un peu de matériel génétique dans les **plasmides**, ***petits morceaux circulaires d'ADN***.

Les organismes peuvent être **uni-** ou **pluricellulaires**. *La plupart des 'procaryotes' sont* ***unicellulaires*** *et* ***non compartimentés****, mais nous allons voir que ce point peut être clairement nuancé.* Au sein des **cellules procaryotes**, le programme invite à distinguer deux types cellules : la **Protéobactérie *Escherichia coli*** de type **hétérotrophe** (typique du côlon des Mammifères) et les **Cyanobactéries** qui sont **autotrophes** au carbone et à l'azote (qui vivent dans de nombreux milieux).

Comment s'organise et fonctionne la cellule eubactérienne ?
[Programme limité à deux types cellulaires comparés]
Quelques détours par d'autres types cellulaires contribueront à mieux construire les notions.

Important : ce chapitre est à mettre en lien permanent avec le TP A1 (Observation et organisation de quelques types cellulaires).

Encadré A Les « bactéries » dans l'arbre phylogénétique du vivant

Pour information – en limite de programme

L'arbre du vivant

Structure fondamentale de l'arbre du vivant

➢ On peut aujourd'hui, sur la base d'études moléculaires concordantes, diviser le vivant en **3 domaines** souvent considérés comme **monophylétiques** : les **Eubactéries** (= **Bactéries** au sens moderne), les **Archées** et les **Eucaryotes** (figure a). Quelques **apomorphies** (= ***innovations évolutives les caractérisant***) (figure b) et autres caractéristiques (tableau 1) peuvent être proposées. L'ancien règne des **'bactéries' au sens traditionnel** est **abandonné** et les **organismes procaryotes** sont répartis dans **deux domaines distincts**.

(!) Certaines publications sérieuses et récentes placent les **Eucaryotes** comme une **branche émergeant au milieu des Archées**.

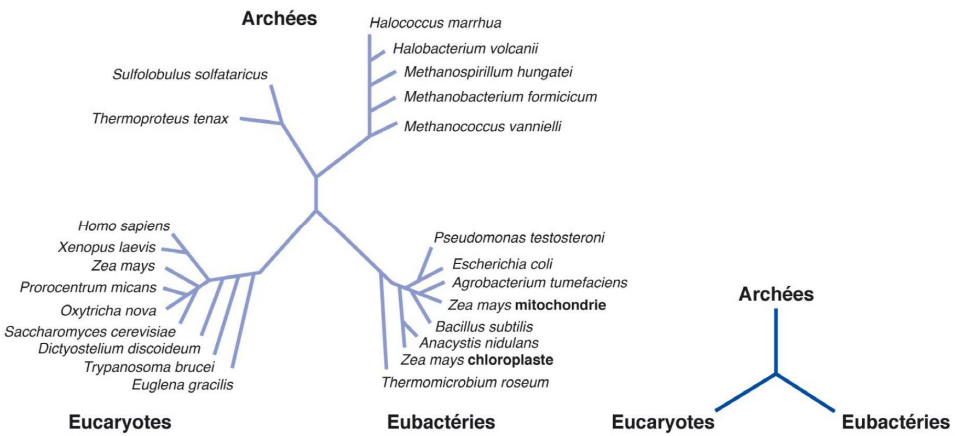


FIGURE a. Arbre du vivant (ARN 18S-16 S, *Neighbour Joining*).
D'après SEGARRA *et al.* (2015).

On notera que la mitochondrie est rapprochée d'une Protéobactérie et le chloroplaste d'une Cyanobactérie (il s'agit des organites du maïs). C'est un argument en faveur de l'origine endosymbiotique de ces

structures cellulaires : la mitochondrie est probablement issue d'une Protéobactérie hétérotrophe et le chloroplaste d'une Cyanobactérie.

Eubactéries [Eubacteria] : ensemble d'organismes fondamentalement **unicellulaires** (avec quelques exceptions où l'on peut parler de **pluricellularité rudimentaire**) et **procaryotes**, aux modes de nutrition très variés, regroupant la grande majorité des espèces de procaryotes connues. Les **Cyanobactéries** sont une lignée d'Eubactéries qui présente une **compartimentation rudimentaire** (présence de **thylakoïdes**). [Environ 10 000 espèces décrites]

- **Acide muramique** (peptidoglycane particulier) dans la paroi
- Initiation de la **transcription** par une N-formylméthionine

Archées [Archaea] : ensemble d'organismes **unicellulaires procaryotes** colonisant surtout les milieux de vie à conditions extrêmes mais dont on pense aujourd'hui qu'ils sont répandus dans la plupart des milieux. [Plus de 400 espèces connues]

- Présence de **phospholipides particuliers** dans les **membranes cellulaires** (présence d'une laision éther entre le glycérol et les acides gras des phospholipides – *et non ester comme chez les autres organismes*) ; lipides en **monocouches** ou en **bicouches**
- Organisation tridimensionnelle particulière des **ribosomes**

Eucaryotes [Eukarya] : ensemble des organismes **uni- ou pluricellulaires** caractérisés par des cellules avec un **noyau** et des **compartiments** internes limités par une membrane. [Près de 2 000 000 d'espèces décrites]

- Essentiel du **génome** contenu dans un **noyau** délimité par une **enveloppe (double membrane)**
- Microtubules constitués de **tubuline**
- Présence de **mitochondries** qui réalisent la respiration cellulaire (*les mitochondries peuvent être secondairement perdues par certains taxons*)
- Division cellulaire particulière (**mitose**) faisant intervenir les centrioles et des fuseaux de microtubules
- Existence d'une véritable **reproduction sexuée** (*parfois perdue*, pouvant coexister avec une reproduction asexuée)
- Compactage de l'ADN en **chromosomes** lors de la division cellulaire

FIGURE b. Quelques apomorphies des trois domaines du vivant.
D'après SEGARRA *et al.* (2015).

TABLEAU 1. Quelques caractéristiques des trois domaines du vivant.
C. REEB, Préparation à l'Agrégation externe (SV STU), UPMC, Paris 6.

	Archées	Eubactéries	Eucaryotes
organisation cellulaire	procaryote	**procaryote**	eucaryote *
taille de cellules	1 µm	1 **µm**	10 µm
compartimentation cellulaire	non	**non**	oui
organites	non	**non**	oui
plasmides	oui	oui	non
chromosome	circulaire	**circulaire**	linéaires
opérons	oui	**oui**	non
introns	non	**non**	oui
mitose	non	**non**	oui
paroi	oui (sans muréine)	oui (avec muréine)	oui (dans ce cas sans muréine) ou non
sous unités des ribosomes	30S, 50S	**30S, 50S**	40S, 60S
sensibilité à la streptomycine	non	**oui**	non
sensibilité à l'anisomycine	oui	**non**	oui
ARN polymérases	>7 sous unités	4 **sous** unités	>7 sous unités
Tata box	oui	**non**	oui
protéines ribosomiques	proches eucaryotes	**spécifiques**	proches archées
Lipides membranaires	Isoprenoid ether	**acyl esters (liaisons esther)**	Liaisons esther

La difficulté d'enraciner l'arbre du vivant

➢ On admet aujourd'hui que l'ensemble des êtres vivants actuels dérive d'un **ancêtre commun unique** nommé **LUCA** (*Last Universal Common Ancestor*, dernier ancêtre commun universel). On notera que l'arbre du vivant n'est **pas enraciné** ou plutôt que les **trois possibilités** d'enracinement sont **envisagées** (figure c) sans qu'aucune position ne soit unanime car l'enracinement de l'arbre du vivant est une tâche rendue compliquée par plusieurs facteurs :

- Il est impossible de recourir à un **extragroupe**.
- Il n'existe **aucun fossile** de l'époque de la divergence des lignées.
- On ne trouve **pas de gènes** suffisamment conservés depuis cette divergence.

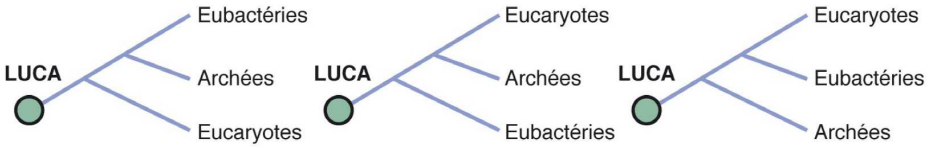


FIGURE c. Les trois possibilités d'enracinement du vivant. D'après SEGARRA *et al.* (2015).

Il existe de nombreuses études ou spéculations quant à l'**enracinement** de l'arbre du vivant et au **portrait-robot de LUCA** : la diversité des **scénarios** ne peut être détaillée ici mais les trois possibilités d'enracinement sont envisagées et discutées par les scientifiques. Les **Archées** ressemblent beaucoup aux **Eubactéries** par leur **structure** et leur **métabolisme** mais elles se rapprochent des **Eucaryotes** par leurs **mécanismes d'expression génétique** ou de **réplication** (on retrouve chez les **Archées** des **gènes mosaïques**, ainsi que des **enzymes** semblables à celles des **Eucaryotes**). Notons que LUCA n'est **pas supposé être la première forme de vie** à avoir existé mais plutôt **la seule ayant eu une descendance** jusqu'à nos jours.

Le domaine des Archées

➢ Le tableau 1 présente quelques caractéristiques des **Archées** (anciennement Archéobactéries) et la figure b en propose une **définition sommaire**. Ce groupe est encore **méconnu** mais, s'il a été initialement décrit des **milieux extrêmes** (sources chaudes, milieux hypersalés, milieux hyperacides…), il semblerait qu'il soit **répandu dans de nombreux milieux**. Le programme invite à ne pas caractériser ce groupe mais simplement à en citer l'existence (***tous les exemples procaryotes qui seront traités cette année porteront sur les Eubactéries***) ; l'organisation et le fonctionnement génétiques des Archées n'est d'ailleurs pas sans rappeler certains aspects des Eucaryotes.

I. Des cellules peu ou pas compartimentées avec une information génétique libre dans le cytosol : l'organisation eubactérienne

A. Des cellules limitées par une membrane et une paroi (+ parfois capsule, mucilage)

1. Une membrane plasmique semblable à celle des Eucaryotes

- L'organisation de la **membrane plasmique** des **Eubactéries** ne présente ***pas de différences notoires*** avec celles des Eucaryotes. Il peut exister du **glycocalyx** chez les **Eubactéries** mais sa présence n'est pas systématique.

Ces glucides sont alors souvent reconnus comme **éléments antigéniques** par le système immunitaire chez les Mammifères par exemple.

Voir chapitre 1 (La cellule eucaryote)

- Chez les **Bactéries Gram –** (voir point suivant), on trouve des **protéines particulières** dans la **membrane externe** (*et non la membrane plasmique*), donc dans une **partie de la paroi** : les **porines** (encadré B).

Encadré B ***Les porines, des protéines de la membrane externe des Bactéries Gram – (et des mitochondries et plastes)***

Pour information ?

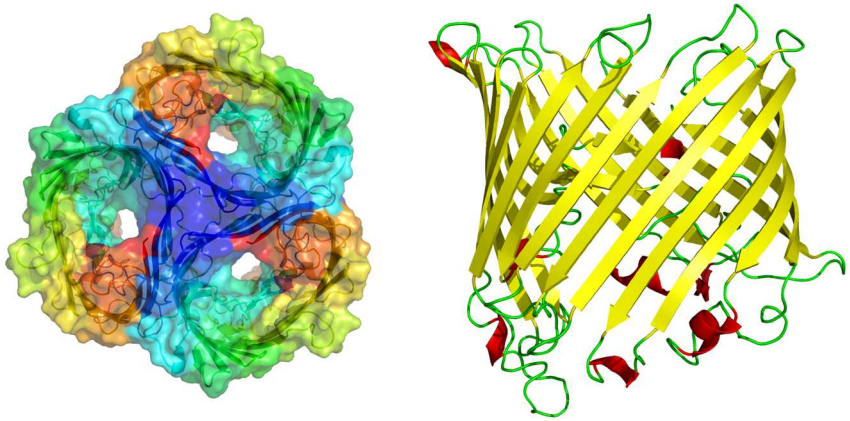


FIGURE a. Vue dorsale d'une porine montrant sa structure trimérique (à gauche) et vue latérale d'un protomère mettant en évidence le tonneau bêta (à droite).
D'après *Wikipédia* (septembre 2015)

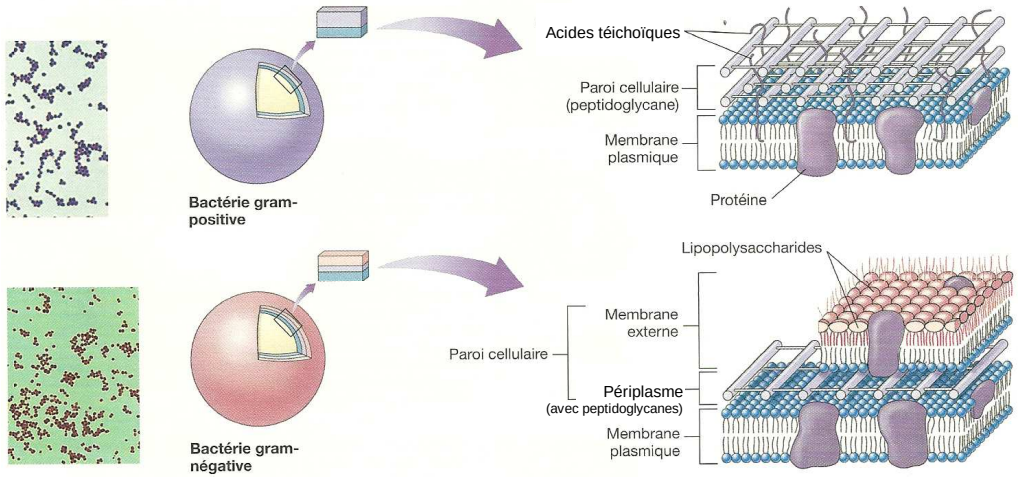
➢ Les **porines** sont des ***protéines transmembranaires formant des canaux permettant la diffusion de petites molécules hydrophiles à travers la membrane externe des cellules bactériennes de type Gram –*** ; on les trouve aussi au niveau de la **membrane externe** des **mitochondries** et des **plastes**, ce qui est encore un **argument** en faveur de l'**origine endosymbiotique** de ces organites.

➢ Les **porines** sont des ***protéines de structure quaternaire constituées de trois protomères qui sont des canaux cylindriques accolés***. Chaque canal est lui-même constitué de **tonneaux bêta**, ***regroupements circulaires de feuillets bêta plissés*** (figure a).

C'est tout à fait **singulier pour une protéine transmembranaire** : en effet, la **plupart des autres protéines transmembranaires connues** présentent des **hélices alpha** dans leur portion transmembranaire et **non des feuillets bêta** comme les porines.

➢ Les **porines** ***permettent le passage d'ions et de petites molécules organiques dans les deux sens au travers de la membrane externe***. Elles peuvent être **plus ou moins sélectives** selon les cas.

2. Deux types de paroi : Gram + et Gram –



La coloration de Gram. L'assise de peptidoglycane entourant les bactéries gram positif fixe le colorant crystal violet et les bactéries deviennent pourpres dans un frottis après l'application de la coloration de Gram (du nom de Hans Christian Gram, qui a mis au point cette technique). Possédant beaucoup moins de peptidoglycane (localisé entre la membrane plasmique et une membrane externe), les bactéries gram-négatives ne fixent pas le crystal violet et laissent apparaître le colorant rouge de fond (généralement la safranine).

FIGURE 1. Types de parois bactériennes. D'après RAVEN *et al.* (2007), corrigé.

- Le **test de GRAM**, inventé par le biologiste du même nom en 1884, a été pratiqué en TP A1 auquel nous renvoyons. Rappelons qu'il permet de caractériser **deux types de parois** (figure 1) :
  - La **paroi des bactéries Gram +** est ***constituée d'une épaisse couche de peptidoglycanes qui retient le violet de gentiane***. Dans ces parois, des **acides téichoïques** permettent de **lier membrane et paroi**.
  - La **paroi des bactéries Gram –** est ***constituée d'un périplasme fin riche en peptidoglycanes et d'une membrane externe dont le feuillet externe est souvent riche en lipopolysaccharides (LPS), lipides particuliers porteurs de chaînes glucidiques plus ou moins longues*** (qui forment alors le **glycocalyx**).

Voir **Complément 2** : **organisation des peptidoglycanes** à connaître.

Les deux types cellulaires au programme (*E. coli*, Cyanobactéries) sont des bactéries Gram –.

3. Les parois, des structures à rôle squelettique

- Parmi les **rôles des parois, on peut citer les deux principaux :**
  - **La paroi *confère à la bactérie sa forme et constitue le squelette externe*** de la bactérie (elle peut représenter **25 à 35 % du poids total** de la bactérie).
  - La paroi ***contient la pression osmotique interne*** ; les bactéries exercent généralement une **turgescence** sur leur paroi.

4. L'existence possible d'une capsule ou de mucilages

- De nombreuses Eubactéries, y compris **certaines souches d'*E. coli*** (notamment celles qui sont hors de l'intestin), peuvent présenter une **capsule**, c'est-à-dire une ***expansion de la paroi de nature le plus souvent polysaccharidique aux rôles de protection***, notamment dans le cadre de la ***protection contre les défenses immunitaires des hôtes infectés***.
- Certaines Bactéries, dont les **Cyanobactéries**, produisent des ***gels polysaccharidiques qui se gonflent d'eau*** : on les appelle **mucilages** (mais ce n'est pas une spécificité bactérienne). Ces gels permettent de ***maintenir un environnement hydraté*** autour des cellules et/ou de ***grouper des cellules***.

B. Des cellules peu ou pas compartimentées

1. L'absence fréquente de système endomembranaire chez les Eubactéries

- L'essentiel des **Eubactéries** ne présente **pas de compartimentation** (figure 2). On peut toutefois signaler que ***le périplasme et le cytoplasme constituent deux compartiments au sein des Eubactéries Gram –*** (mais le périplasme n'est pas considéré comme intracellulaire !). Le **périplasme** est d'ailleurs un lieu qui permet de ***concentrer les protons*** et de ***réaliser la respiration aérobie*** (la **membrane interne** étant pourvue d'**ATP synthases**).
- D'autre part, on trouve parfois des **mésosomes** (***petits repliements invaginés de la membrane plasmique bactérienne***) qui permettraient aussi de **concentrer des protons**, notamment chez les **bactéries Gram +**. On leur a longtemps prêté une **fonction respiratoire** mais il semblerait que ce soit en réalité des **artefacts**, quoi que ce point soit discuté.

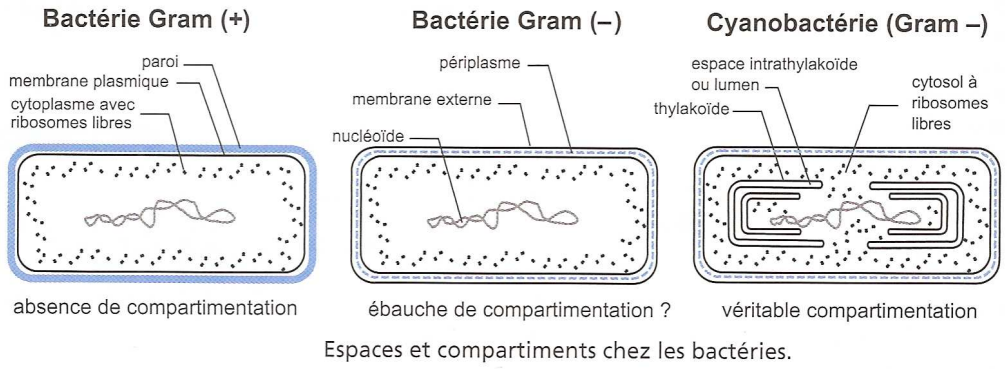


FIGURE 2. De la compartimentation chez les Eubactéries ? D'après PEYCRU *et al.* (2010a).

2. La présence de thylakoïdes chez les Cyanobactéries

- Les **Cyanobactéries** présentent, dans la ***partie périphérique de leur cytoplasme*** (**chromoplasme**) des ***compartiments allongés de section constante*** qui sont des **thylakoïdes** (figure 2). Ceux-ci peuvent réaliser la **photosynthèse oxygénique**, la **respiration** ou (parfois) la **fixation de diazote atmosphérique**. On trouve dans la membrane des thylakoïdes des **photosystèmes** avec de la **chlorophylle** mais aussi d'autres pigments (phycoérythrine, phycocyanine…) souvent organisés en **phycobilisomes** (***complexes de pigments variés que l'on trouve chez les Cyanobactéries ou les Algues rouges***). On y trouve aussi des **ATP synthases**.

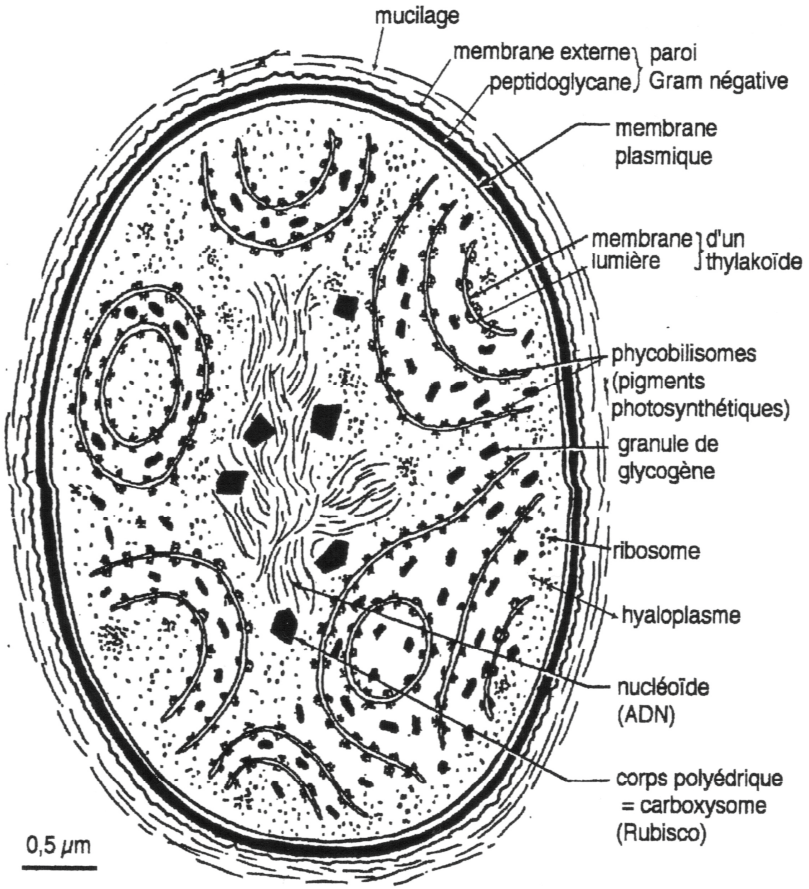


FIGURE 3. Organisation cyanobactérienne.
Document F. SAURETY (LEGTA Clermont-Ferrand Marmilhat).

Remarque : les **carboxysomes** sont des ***« microcompartiments » (très petits compartiments limités, non pas par une membrane, mais par une coque protéique) renfermant des enzymes participant à la fixation du CO_2 (RuBisCO)***.

- Les thylakoïdes semblent être parfois des **invaginations de la membrane plasmique** et d'autres fois des **compartiments séparés** de la membrane **plasmique**, sans point de contact. Cela pourrait varier en fonction des **espèces** mais aussi des **méthodes d'observation**.

C. Un cytoplasme comprenant du cytosol, des ribosomes, des inclusions et l'information génétique

- Au sein du cytoplasme (figure 4), on trouve :
  - Des **ribosomes** (qui réalisent la **synthèse protéique**) ; ceux-ci sont un peu différents de ceux des Eucaryotes (cf. encadré A).
  - Des **inclusions de nature variée** (glucidique, lipidique…) (ex. présence de **glycogène** chez les **Cyanobactéries** + parfois **vacuoles gazeuses** ayant un rôle dans la flottaison de l'organisme)
  - L'**information génétique** présente principalement sous deux formes :
    - Le **chromosome bactérien** : ***long ADN souvent circulaire comprenant l'essentiel du génome de la bactérie associé à des protéines***. Il est localisé dans une région du cytoplasme nommée **nucléoïde**. *Les ARNm ne sont pas finis d'être formés que les ribosomes commencent déjà à les traduire*.

Chez les Cyanobactéries, la ***région centrale du cytoplasme*** (où se trouve entre autres le nucléoïde) s'appelle **centroplasme**. La ***partie périphérique*** de la cellule (où l'on trouve notamment les **thylakoïdes**) s'appelle **chromoplasme** (du gr. *khrôma*, couleur, en lien avec la présence de **pigments photosynthétiques**).

    - Les **plasmides** : ***petites unités génétiques de petite taille (quelques centaines de pb),*** parfois absentes mais souvent présentes.

Voir chapitre 4 sur l'ADN

D. Une absence de cytosquelette ?

- On a longtemps affirmé que les organismes procaryotes ne possèdent **pas de cytosquelette** mais plusieurs familles de **protéines** semblant **jouer ce rôle** ont été **mises en évidence** lors des dernières décennies, notamment des protéines participant aux **divisions cellulaires**.

E. La présence possible d'expansions

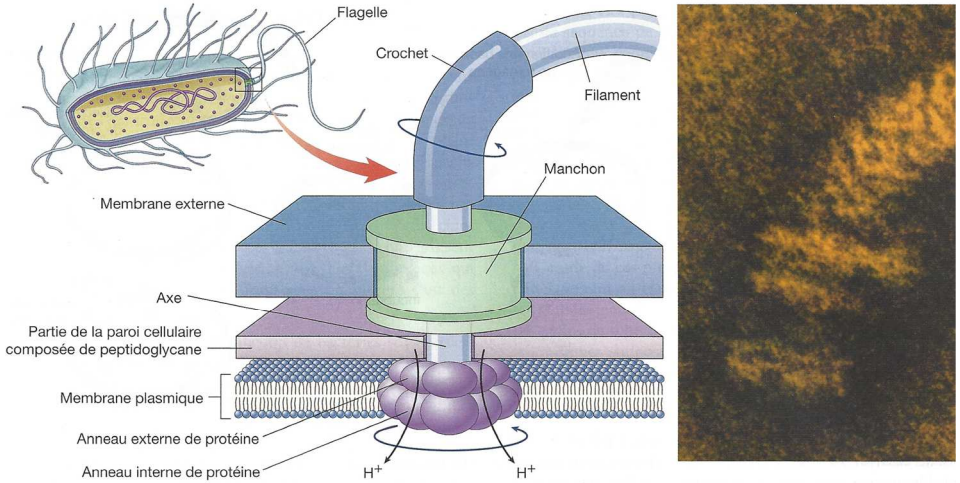
- On peut citer (par exemple chez *E. coli*) :
  - Les **pili** (singulier pilus) (typique des Gram –) : ***minces tubes protéiques qui permettent l'adhésion entre partenaires lors de transferts génétiques par conjugaison*** (**pili sexuels**) ou peuvent ***participer à l'accrochage sur un substrat***.
  - **flagelles** (encadré C) : ils ne sont ***pas recouverts d'une membrane comme chez les Eucaryotes mais sont seulement constitués d'une protéine qui se polymérise, la flagelline***. Ils s'insèrent dans la membrane interne et présentent un ***système protéique complexe de mise en mouvement à leur base***.

Encadré G Le flagelle bactérien et sa mise en mouvement

Pour information *– hors programme selon moi (mais je peux me tromper)*

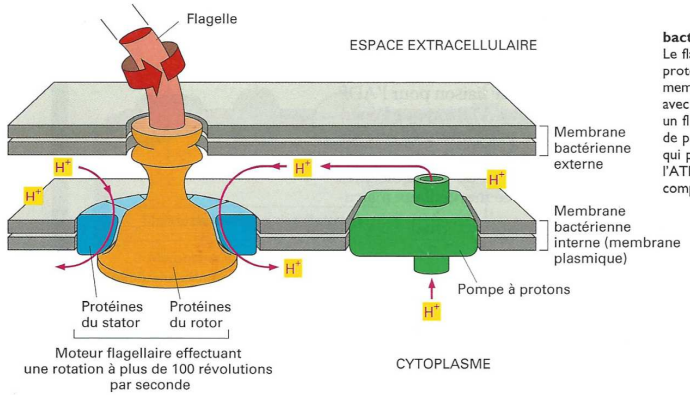
➢ *Le **flagelle des Bactéries** est **entièrement protéique** (composé sur sa longueur d'un **filament** de **flagelline**, et de **complexes protéiques plus élaborés** à sa base) et **mû par la force proton-motrice**.*

➢ ***Ne le confondez pas*** *avec le **flagelle eucaryote** qui est une **expansion cytoplasmique** avec une **armature cytosquelettique (axonème)** en son sein. En outre, **le mouvement du flagelle eucaryote est ATP-dépendant**, dû à la mobilité de **moteurs moléculaires** sur le **cytosquelette**.*



Moteur flagellaire d'une bactérie gram-négative. Un filament protéique, composé de flagelline, est attaché à un axe protéique qui traverse un manchon dans la membrane externe et un orifice dans l'assise de peptidoglycane jusqu'à des anneaux protéiques fixés à la paroi cellulaire et à la membrane plasmique, comme des anneaux de roulements à billes. L'axe tourne quand l'anneau protéique interne attaché à l'axe se déplace par rapport à l'anneau externe fixé à la paroi cellulaire. L'anneau interne est un canal ionique H^+, une pompe à protons qui se sert du passage des protons dans la cellule pour alimenter le mouvement de l'anneau interne par rapport à l'externe.

D'après RAVEN et al. (2007a)



Rotation du flagelle bactérien actionnée par le flux de H^+. Le flagelle est fixé sur une série d'anneaux protéiques (*orange*), qui sont inclus dans les membranes externe et interne et tournent avec le flagelle. La rotation est actionnée par un flux de protons à travers un anneau externe de protéines (le stator) selon des mécanismes qui pourraient ressembler à ceux utilisés par l'ATP synthase, même s'ils ne sont pas encore compris.

D'après ALBERTS et al. (2004)

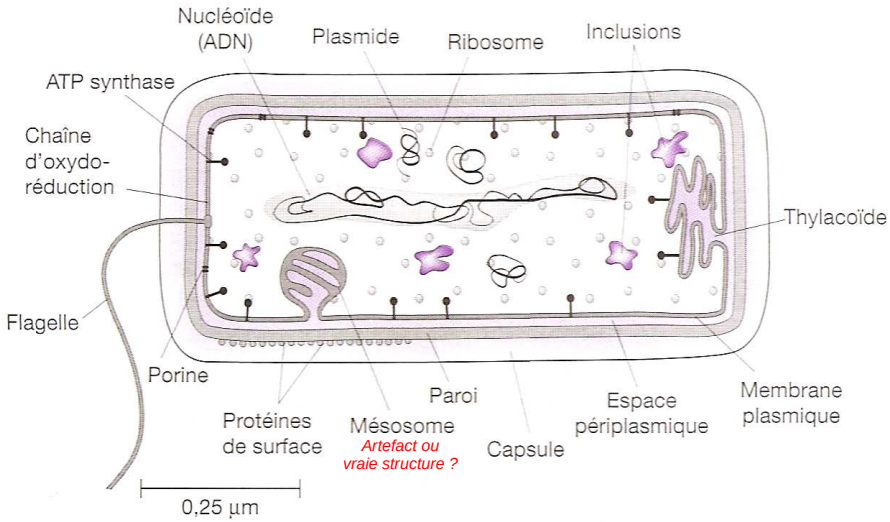
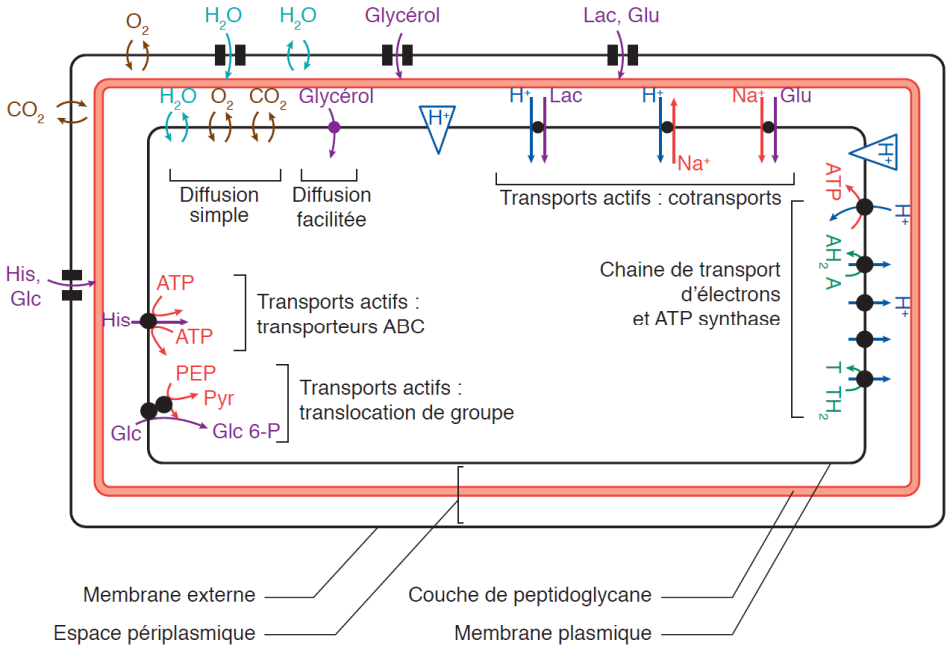


FIGURE 4. Organisation théorique d'une Eubactérie (toutes les structures n'étant pas présentes simultanément). D'après BREUIL (2007).
*Les **porines** sont dans la membrane externe (Gram –), c'est une erreur du schéma !*
Rappelons que l'existence du mésosomes est débattue.

II. Des cellules capables d'interagir avec leur environnement

A. Des cellules qui échangent de la matière avec leur environnement

- Les **cellules eubactériennes**, comme les cellules eucaryotes, présentent des **fonctions de nutrition**, c'est-à-dire qu'elles ***échangent de la matière et de l'énergie avec leur environnement***.
- Ces échanges supposent des **transports passifs** ou **actifs** de molécules ou d'ions au travers de la **membrane plasmique** ou des **deux membranes** ; des **transporteurs protéiques** sont **souvent impliqués** (figure 5).



Les modalités de traversée de la membrane plasmique sont très diverses et illustrées sur la figure.
Seuls quelques exemples ont été donnés par catégorie de biomolécules.
Abréviations des glucides :
Gal : galactose ; Glc : glucose ; Glc-6P : glucose 6 phosphate ; Lac : lactose
Abréviations des acides aminés :
Glu : glutamate ; His : histidine
Abréviation d'autres constituants :
T/TH2 : transporteur d'électrons oxydé/réduit ; A/AH2 : accepteur d'électrons oxydé/réduit
ATP : adénosine tri-phosphate ; PEP : phospho-énol-pyruvate ; Pyr : pyruvate

*NB La traversée de la **membrane externe** sollicite surtout les **porines**, peu sélectives.*

FIGURE 5. Principaux transferts de matières chez *E. coli* [pour information].
D'après SEGARRA *et al.* (2015).

B. Des cellules rarement regroupées en structures pluricellulaires

1. Exemple de *E. coli* : pas vraiment de pluricellularité à l'instar de nombre d'Eubactéries

- Les Eubactéries se reproduisent par ***division cellulaire*** qu'on nomme **scissiparité** et peuvent former des ***ensembles de cellules dérivant par divisions d'une même cellule initiale*** qu'on nomme des **clones** (où les cellules sont ***génétiquement identiques***, à quelques rares mutations près). Mais chaque cellule possède généralement un **fonctionnement propre**.

2. Exemple des Cyanobactéries : vie coloniale voire pluricellularité

- Les Cyanobactéries (figure 6) vivent **souvent en colonies de cellules** regroupées dans un **même mucilage** et peuvent présenter, chez certaines espèces :
  - Une ***coopération nutritionnelle entre cellules***.
  - Une ***différenciation de cellules au sein des colonies***.
- Il s'agit là de **marqueurs de pluricellularité** (encadré B).
- Chez bien des taxons, par exemple *Nostoc* sp., on trouve (voir TP A1) des **hétérocystes**, ***cellules spécialisées qui réalisent la fixation de diazote atmosphérique et fournissent des acides aminés à la colonie***, et des **cellules végétatives** qui ***réalisent la photosynthèse et fournissent des composés carbonés aux hétérocystes*** (figure 6-4) Les Cyanobactéries sont ainsi **autotrophes au C et à l'N**. Il y a donc ***coopération*** et ***spécialisation fonctionnelles*** (**différenciation**) des cellules.
- Nombre de Cyanobactéries sont en outre ***capables de produire des cellules spécialisées dans la dispersion de l'organisme ou sa résistance aux conditions défavorables***.
- Enfin, sans posséder de flagelles, la **colonie** de certaines espèces peut **coopérer** dans la réalisation d'un ***mouvement oscillant*** sans que tous les mécanismes soient parfaitement compris (mais un rôle de l'osmose semble probable).

Encadré B La pluricellularité, l'impossible définition ?

(Au-delà du programme : pour information)

Une notion surtout conceptualisée chez les Eucaryotes

➢ Pour le scientifique D. KAISER (2001), la **pluricellularité** ou **multicellularité** se définit comme ***l'état d'un organisme composé de cellules multiples dont l'activité est coordonnée, qui sont en contact physique, ou dont la proximité spatiale leur permet d'interagir étroitement***. On peut ajouter qu'un individu pluricellulaire est généralement constitué de cellules ***dérivant d'une cellule initiale (zygote) par divisions successives***.

➢ Ainsi, une **colonie cellulaire** (***ensemble de cellules accolées ou regroupées, dérivant d'un individu initial par divisions ou plus souvent constitué de l'agglomération de plusieurs individus unicellulaires, mais demeurant largement autonomes dans leur fonctionnement***) ne peut être considéré comme un organisme multicellulaire dans la mesure où les cellules ne sont pas ou peu **coordonnées** entre elles.

Il est néanmoins **difficile de délimiter la frontière** entre des **cellules « peu coordonnées entre elles »** et des **cellules « dont l'activité est coordonnée »** : les cellules en colonies présentent en effet toujours des **interactions interindividuelles** et la frontière avec une interaction plus importante est purement subjective et appréciative.

➢ La pluricellularité n'est **pas objectivable** rigoureusement et unanimement tant qu'un consensus conceptuel (avec des critères précis) n'a pas été proposé par la communauté scientifique.

Quelques marqueurs de la pluricellularité

➢ La **pluricellularité** peut supposer tout ou partie des **adaptations suivantes** (sans que la liste ne soit exhaustive) :

- Il y a toujours ***regroupement de cellules par des liens structuraux*** entre les cellules. Les cellules peuvent :
  ° être ***attachées ensemble par des jonctions intercellulaires*** (cas notamment des Métazoaires).
  ° être ***liées par des matrices extracellulaires comme des parois*** (cas chez les 'algues' pluricellulaires, les Embryophytes ou encore les 'champignons' pluricellulaires).
  ° être ***agglomérées au sein d'un mucilage (cas de certaines 'algues' ou de certaines Cyanobactéries)***.
  ° présenter un ***état coenocytique où de nombreux noyaux partageant un même cytoplasme*** (cas des thalles siphonés de certains 'champignons' et certaines 'algues' ou encore du plasmode des Myxomycètes).
- Il peut y avoir ***présence d'un continuum des cytoplasmes de cellules adjacentes ou proches*** : cela est permis par les **jonctions gap** chez les Animaux ou encore les **plasmodesmes** d'une partie des Chlorobiontes (dont les Embryophytes) et des Algues brunes, l'acquisition des plasmodesmes étant **convergente** chez ces deux lignées.
- Il y a ***mise en place d'une communication entre cellules*** qui peut faire appel à des **facteurs diffusibles** (phytohormones, facteurs paracrines animaux…), une **reconnaissance par contact** entre cellules adjacentes (cas de la juxtacrinie animale), une **dispersion de molécules informatives** par des liquides circulants (hormones animales, certaines phytohormones…) voire une capacité de **propagation d'une dépolarisation cellulaire** (cas de la communication électrique chez les Métazoaires par exemple).
- Les ***cellules coopèrent fonctionnellement***, pouvant constituer ou non des **tissus** voire des **organes** différenciés : l'organisme pluricellulaire est alors une **mosaïque de cellules spécialisées** dont l'activité individuelle et **coordonnée** permet le **fonctionnement global** de l'être vivant.
- L'état pluricellulaire peut être dû à une ***simple agrégation de cellules (colonies de cellules) mais, la plupart du temps, une pluricellularité différenciée implique que toutes les cellules proviennent par divisions successives d'une cellule initiale (zygote)***. Dans ces organismes, les cellules connaissent généralement une **prolifération par mitoses**, un accroissement de leur taille (**croissance**) et souvent une **différenciation** ; ces trois processus permettent ***l'édification de l'organisme pluricellulaire***, phénomène que l'on nomme **développement**.

C. Des métabolismes variés en lien avec l'environnement

1. L'hétérotrophie d'*E. coli* : respiration ou fermentation

- *E. coli* est capable de vivre en **conditions aérobies** (réalisant la **respiration cellulaire**) ou **anaérobies** (réalisant la **fermentation**). En conditions de vie typique, *E. coli* utilise comme **source de matière organique** les **matières fécales** du colon où elle vit.

2. L'autotrophie des Cyanobactéries

- Comme nous l'avons vu, les **Cyanobactéries** sont **autotrophes au carbone**, grâce à la **photosynthèse**, et aussi **à l'azote**, y compris parfois à partir de **diazote atmosphérique**.

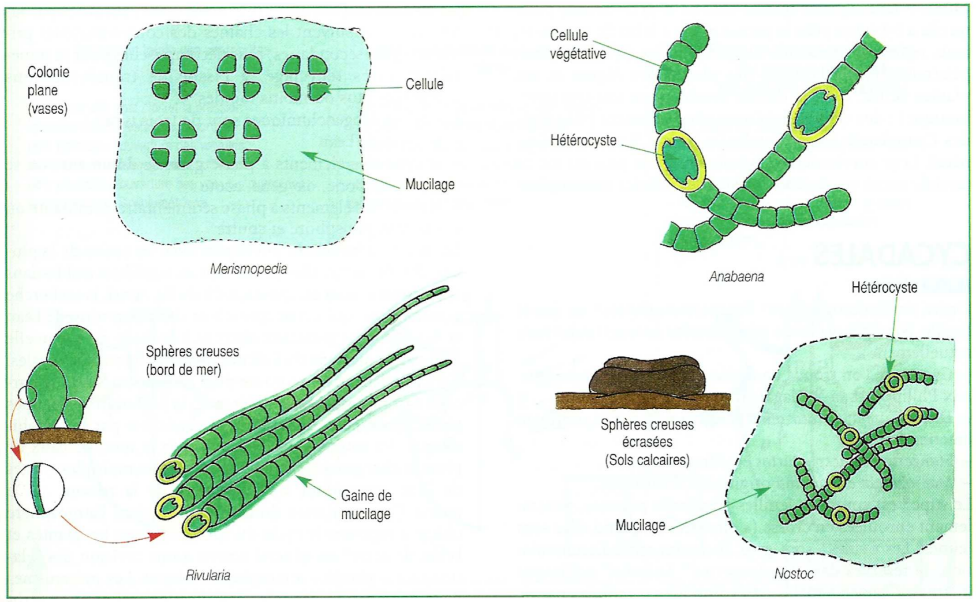


Fig. 1 : Différents types de Cyanobactéries.

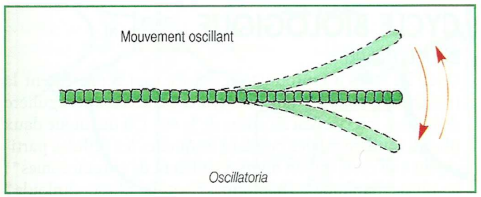


Fig. 2 : Mouvement oscillant.

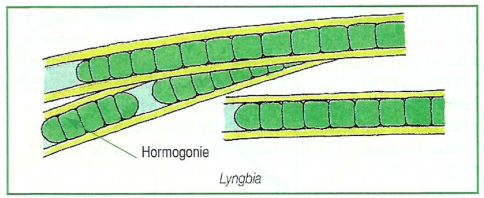


Fig. 3 : Hormogonie.

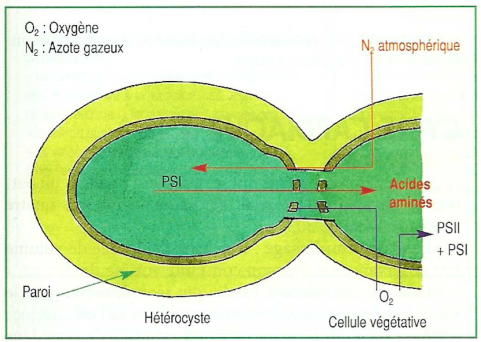


Fig. 4 : Fonctionnement des hétérocystes.

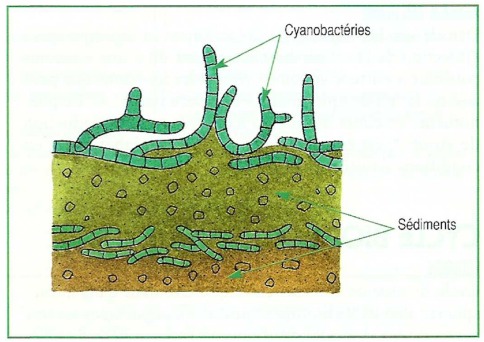


Fig. 5 : Structure d'une lamine de stromatolithe.

FIGURE 6. Les Cyanobactéries. D'après MORÈRE, PUJOL *et al.* (2007).

Historiquement, les Cyanobactéries ont largement ***contribué à enrichir l'atmosphère primitive de la Terre en dioxygène*** il y a des milliards d'années. Les Cyanobactéries ont alors produit en masse des roches particulières, les **stromatolithes**, qui continuent d'être produites aujourd'hui.

3. La diversité métabolique des organismes procaryotes (*pour information*)

- Les **organismes procaryotes**, y compris et surtout **eubactériens**, présentent une ***grande diversité de métabolismes*** ; une classification est proposée au tableau I.

TABLEAU I. Types trophiques rencontrés chez les Eubactéries. D'après PEYCRU *et al.* (2010b).

		1 Source d'énergie			
		Lumière : « Photo »	**Réactions chimiques : « Chimio »**		
2 Donneur d'électrons	**Minéral : « litho »**	Photolitho-autotrophes	Chimiolitho-autotrophes	**Minérale : CO_2 « auto »**	**3 Source de carbone**
		Photolitho-hétérotrophes	Chimiolitho-hétérotrophes	**Organique : « hétéro »**	
	Organique : « organo »	Photoorgano-autotrophes	0 ou ?	**Minérale : CO_2 «auto »**	
		Photoorgano-hétérotrophes	Chimioorgano-hétérotrophes	**Organique : « hétéro »**	

1, 2 et 3 désignent l'ordre à envisager dans la caractérisation d'un type trophique ;
? désigne l'absence de données.

D. Des organismes impliqués dans des interactions interspécifiques

- On appelle interaction interspécifique une ***interaction qui implique des individus appartenant à deux espèces différentes***.

Voir chapitre 10 (relations interspécifiques)

1. *E. coli* : un commensal mammalien… qui peut se révéler pathogène

- La plupart du temps, *E. coli* est un commensal (***il exploite les « restes » de repas de son hôte***, en l'occurrence les Mammifères) mais des souches se révèlent **virulentes** et peuvent **produire des toxines**, voire **infecter l'organisme**, produisant des gastro-entérites, infections urinaires, méningites...

2. Les lichens, un exemple de symbiose pouvant impliquer des Cyanobactéries

- Les lichens constituent l'association symbiotique (***association durable + réciproquement profitable***) de deux organismes, l'un **photosynthétique** ('algue' eucaryote ou cyanobactérie) et l'autre **hétérotrophe de type absorbotrophe** (« champignon »). Il arrive fréquemment que l'organisme photosynthétique soit une ***Cyanobactérie qui apporte des photoassimilats*** au champignon dont le ***mycélium fournit les éléments minéraux*** aux Cyanobactéries (figure 6).

Pour information : **certaines Cyanobactéries produisent des toxines dangereuses** pour le **bétail** ou les **humains** et il existe des services qui surveillent les **efflorescences de Cyanobactéries**, notamment en **milieu aquatique**.

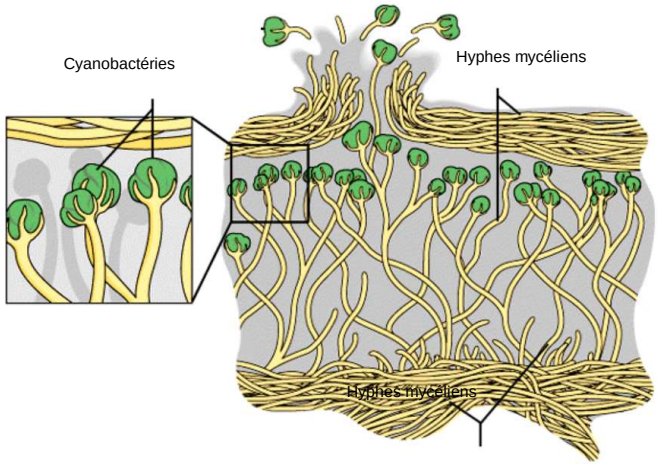


FIGURE 6. Structure simplifiée d'un lichen. http://svtmarcq.e-monsite.com/pages/diversification-genetique-diversification-des-etres-vivants-et-biodiversite-1-ts.html (septembre 2015).

Références

ALBERTS, B., A. JOHNSON, J. LEWIS, M. RAFF, K. ROBERTS & P. WALTER (2004). *Biologie moléculaire de la cellule. Quatrième édition.* Traduction de la quatrième édition américaine (2002) par F. LE SUEUR-ALMOSNI. Flammarion, Paris. Première édition américaine 1983 (1986 1e édition française).

BERTHET, J. (2006). *Dictionnaire de Biologie*. De Boeck Université, Bruxelles (Belgique).

BREUIL, M. (2007). *Biologie 1re année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

BREUIL, M. (2009). *Biologie 2e année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

CALLEN, J.-C. (2005). *Biologie cellulaire. Des molécules aux organismes.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 1999).

CAMPBELL, N. A. & J. B. REECE (2004). *Biologie*. De Boeck Université, Bruxelles, 2e édition (1e édition 1995).

[CAMPBELL, N. A.], J. B. REECE, L. A. URY, M. L. CAIN, S. A. WASSERAMN, P. V. MINORSKY, R. B. JACKSON (2012). *Campbell Biologie.* Adaptation française J. FAUCHER & R. LACHAÎNE. Pearson, Paris (4e edition).

DENŒUD, J., T. FERROIR, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2011). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2013). *Biologie-Géologie BCPST-véto 1e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2014). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DUPUY, Y. & P. NOUGIER (2005). *Les Micro-organismes. Du Gène à la biosphère.* Ellipses, Paris.

GODINOT, C., H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2010). *Biologie-Géologie 1re année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

LAFON, C. (2003). *La biologie autrement. 100 questions de synthèse.* Ellipses, Paris.

MADIGAN, M. & J. MARTINKO (2007). *Brock. Biologie des micro-organismes.* Pearson Education France, Paris, 11e édition américaine (2006) traduite sous la dir. de D. PRIEUR.

MEYER, S., C. REEB & R. BOSDEVEIX (2008). *Botanique. Biologie et physiologie végétales.* Maloine, Paris, 2e édition (1e édition 2004).

MORÈRE, J.-L., R. PUJOL (coord.), J.-C. CALLEN, L. CHESNOY, J.-P. DUPONT, A.-M. GIBERT-TANGAPREGASSOM, G. RICOU, N. TOUZET (dir.) et colloborateurs (2003). *Dictionnaire raisonné de Biologie.* Frison-Roche, Paris.

PEYCRU, P. (dir.), J.-F. FOGELGESANG, D. GRANDPERRIN, B. AUGÈRE, J.-C. BAEHR, C. PERRIER, J.-M. DUPIN & C. VAN DER REST (2010*a*). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année.* Dunod, Paris, 2e édition (2009), réimpression corrigée (2010) (1e édition 2006).

PEYCRU, P. (dir.), J.-C. BAEHR, F. CARIOU, D. GRANDPERRIN, C. PERRIER, J.-F. FOGELGESANG & J.-M. DUPIN (2010*b*). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2007).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER J.-F. FOGELGESANG, & C. VAN DER REST (2013). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année*. Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2006).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, J.-F. BEAUX, F. CARIOU, P. CARRÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER, J.-F. FOGELGESANG, S. MAURY, É. QUÉINNEC, E. SALGUEIRO & C. VAN DER REST (2014). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2007).

RAVEN, P. H., G. B. JOHNSON, J. B. LOSOS, S. S. SINGER (2007). *Biologie*. De Boeck, Bruxelles.

RICHARD, D. (dir.), P. CHEVALET, S. FOURNEL, N. GIRAUD, F. GROS, P. LAURENTI, F. PRADÈRE & T. SOUBAYA (2012). *Biologie. Tout le cours en fiches. Licence. CAPES. Prépas*. Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2010).

SEGARRA, J. (dir.), É. CHAUVET, C. COLSON-PROCH, M. HUILLE, M. LABROUSSE, F. LOUET, F. METZ & E. PIÈTRE (2014). *Biologie BCPST 1re année.* Ellipses, Paris.

SEGARRA, J., E. PIÈTRE (dir.), G. BAILLY, O. CHASSAING, D. FAVRE, T. JEAN, F. METZ & C. MEUNIER (2015). *Biologie BCPST 2e année.* Ellipses, Paris.

.

Plan du chapitre

Objectifs : extraits du programme **1**
Introduction **1**

I. Des cellules peu ou pas compartimentées avec une information génétique libre dans le cytosol : l'organisation eubactérienne **3**
A. Des cellules limitées par une membrane et une paroi (+ parfois capsule, mucilage) **3**
1. Une membrane plasmique semblable à celle des Eucaryotes 3
2. Deux types de paroi : Gram + et Gram – 3
3. Les parois, des structures à rôle squelettique 4
4. L'existence possible d'une capsule ou de mucilages 4
B. Des cellules peu ou pas compartimentées **4**
1. L'absence fréquente de système endomembranaire chez les Eubactéries 4
2. La présence de thylakoïdes chez les Cyanobactéries 4
C. Un cytoplasme comprenant du cytosol, des ribosomes, des inclusions et l'information génétique **5**
D. Une absence de cytosquelette ? **5**
E. La présence possible d'expansions **5**

II. Des cellules capables d'interagir avec leur environnement **6**
A. Des cellules qui échangent de la matière avec leur environnement **6**
B. Des cellules rarement regroupées en structures pluricellulaires **7**
1. Exemple de E. coli : pas vraiment de pluricellularité à l'instar de nombre d'Eubactéries 7
2. Exemple des Cyanobactéries : vie coloniale voire pluricellularité 7
C. Des métabolismes variés en lien avec l'environnement **7**
1. L'hétérotrophie d'E. coli : respiration ou fermentation 7
2. L'autotrophie des Cyanobactéries 7
3. La diversité métabolique des organismes procaryotes (pour information) 8
D. Des organismes impliqués dans des interactions interspécifiques **8**
1. E. coli : un commensal mammalien… qui peut se révéler pathogène 8
2. Les lichens, un exemple de symbiose pouvant impliquer des Cyanobactéries 8

Références **9**
Plan du chapitre **10**

© Tanguy JEAN. Les textes et les figures originales sont la propriété de l'auteur. Les figures extraites d'autres sources restent évidemment la propriété des auteurs ou éditeurs originaux.
Document produit en septembre 2015 • Dernière actualisation : août 2017.
Contact : Tanguy.Jean4@gmail.com
Adresse de téléchargement : http://tanguyjean.businesscatalyst.com/

Ces données sont placées sous licence *Creative Commons Attribution – Pas d'Utilisation commerciale 4.0 CC BY NC* qui autorise la reproduction et la diffusion du document, à condition d'en citer explicitement la source et de ne pas en faire d'utilisation commerciale.